

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**PIEDRA CALIZA TRITURADA PARA MEJORAR LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR:

Bach. NAVARRO ÑAHUIS ANTHONY RUBEN ALBERTO

Bach. NAVARRO VIGURIA WILMAR ALFREDO

ASESOR:

Mg. Ing. CHAVARRÍA REYES, LILIANA JANET

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedicó esta tesis a mis padres que fueron los que me guiaron y dieron todo su esfuerzo para que pueda lograr mis objetivos y metas, a mi hermana por ser una pieza fundamental en mi vida, a toda mi familia por los constantes consejos que me brindaron durante mi época universitaria, este logro se lo dedico a toda la familia Navarro Ñahuis.

Navarro Ñahuis Anthony Ruben Alberto

Dedico esta tesis a mi madre por ser mi principal motivo y apoyo para salir adelante y lograr mis objetivos; por enseñarme, con el ejemplo, a ser una persona correcta, a toda mi familia por siempre acompañarme en los buenos y malos momentos que me tocó vivir y también a mis asesores que con su amplio conocimiento me inspiraron a salir adelante y me guiaron para hacer posible la presente investigación.

Este gran logro se los debo a ustedes.

Navarro Viguria Wilmar Alfredo

AGRADECIMIENTO

En primero lugar dar gracias a Dios por permitirnos gozar de buena salud y guiarnos en nuestro camino, a nuestra familia por el apoyo incondicional y por confiar en nosotros y nuestro sincero agradecimiento a nuestros asesores Liliana Janet Chavarría Reyes y Carlos Magno Chavarry Vallejos, por dedicarnos su tiempo, sus sabios consejos y guiarnos en el desarrollo de la presente investigación.

INDICE GENERAL

RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Descripción de la realidad problemática	3
1.2 Formulación del problema.....	4
1.2.1 Problema general	4
1.2.2 Problemas específicos.....	4
1.2.3 Objetivo general	4
1.2.4 Objetivos específicos	4
1.3 Justificación de la investigación.....	5
1.3.1 Geográfica	5
1.3.2 Temática	5
1.3.3 Temporal.....	5
1.3.4 Muestral	5
1.4 Justificación del estudio	5
1.4.1 Conveniencia	6
1.4.2 Relevancia social	6
1.4.3 Aplicaciones practicas	6
1.4.4 Utilidad metodológica	6
1.4.5 Valor teórico	6
1.5 Importancia del estudio	7
1.5.1 Nuevos conocimientos.....	7
1.5.2 Aportes	7
1.6 Limitaciones del estudio.....	7
1.6.1 Falta de estudios previos de investigación	7
1.6.2 Metodológicos o prácticos.....	7
1.6.3 Medidas y obstáculos en la investigación.....	7
1.7 Alcance.....	8
1.8 Viabilidad del estudio.....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9

2.1	Marco histórico.....	9
2.2	Investigaciones relacionadas con el tema.....	11
2.2.1	Antecedentes internacionales	11
2.2.2	Investigaciones nacionales	13
2.2.3	Artículos relacionados con el tema.....	13
2.3	Estructuras teóricas y científicas que sustenta el estudio	17
2.3.1	Naturaleza patológica de los agregados pétreos	17
2.3.2	Piedra caliza.....	18
2.3.3	Concreto	19
2.3.4	Propiedades físicas del concreto.....	19
2.3.5	Propiedades mecánicas del concreto	20
2.3.6	Componentes del concreto.....	24
2.3.7	Cemento portland	25
2.3.8	Agregados.....	31
2.3.9	Clasificación	32
2.4	American Society for Testing and Materials (ASTM).....	36
2.5	American Concrete Institute (ACI).....	37
2.6	Definición de términos básicos	38
2.7	Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis	39
	CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	40
3.1	Hipótesis.....	40
3.1.1	Hipótesis general	40
3.1.2	Hipótesis específicas.....	40
3.2	Variables.....	40
3.2.1	Variables independientes	40
3.2.2	Variables dependientes	40
3.2.3	Variables intervinientes	40
3.3	Sistema de variables	40
3.3.1	Definición conceptual.....	40
3.3.2	Definición operacional	41
3.3.3	Operacionalización de la variable.....	42
	CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	44
4.1	Método de investigación	44

4.2	Tipo de investigación	44
4.3	Nivel de investigación	45
4.4	Diseño de investigación.....	45
4.5	Población y muestra	45
4.5.1	Población	45
4.5.2	Muestra	45
4.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	46
4.7	Instrumento de recolección de datos	46
4.8	Métodos y técnicas	46
4.9	Descripción de procedimientos de análisis	46
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN		48
5.1	Análisis e interpretación de los resultados	48
5.1.1	Determinar la óptima dosificación para mejorar la resistencia de la piedra caliza triturada	48
5.1.2	Determinar la óptima dosificación para mejorar la resistencia a la flexión de la piedra caliza triturada.....	58
5.1.3	Determinar la óptima dosificación de acuerdo a la relación agua/cemento para mejorar la resistencia a la compresión de la piedra caliza triturada ..	63
5.1.4	Determinar la óptima dosificación de absorción para mejorar la resistencia a la flexión del concreto estructural.....	71
5.2	Contrastación de resultados	77
5.2.1	Contrastación de la primera hipótesis al determinar la óptima dosificación de piedra caliza triturada para mejorar la resistencia	77
5.2.2	Contrastación de la segunda hipótesis al determinar la óptima dosificación de la piedra caliza para mejorar la resistencia a la flexión.	80
5.2.3	Contrastación de la tercera hipótesis al determinar la óptima dosificación de piedra caliza de acuerdo con la relación agua/cemento mejorar la resistencia	81
5.2.4	Contrastación de la cuarta hipótesis al determinar el óptimo porcentaje de absorción de piedra caliza para mejorar la resistencia a las propiedades físicas mecánicas	83
DISCUSIÓN		86

CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES.....	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
ANEXO	95
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	94
Anexo 2: Tema asignado para la elaboración de la tesis	98
Anexo 3: Revisión bibliográfica	99
Anexo 4: Selección documental	109
Anexo 5: Delimitación temporal	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Fuentes usadas para el cemento portland	25
Tabla 2: Componentes de la fabricación del cemento portland.....	26
Tabla 3: Componentes químicos del cemento portland.....	26
Tabla 4: Porcentaje de óxidos que componen el cemento portland.....	27
Tabla 5: Abreviatura de los óxidos del cemento.....	31
Tabla 6: Clasificación de los agregados pétreos según su tamaño	33
Tabla 7: Clasificación de los agregados	35
Tabla 8: Operacionalización de las variables	41
Tabla 9: Operacionalización de la variable.....	42
Tabla 10: Resistencia de piedra caliza triturada	49
Tabla 11: Resistencia a la compresión (kg/cm ²) vs Óptima dosificación de piedra caliza (kg/m ³).....	49
Tabla 12: Ensayos realizados y cantidad Óptima de piedra caliza(kg/m ³).....	50
Tabla 13: Ensayo de resistencia a la compresión (kg/m ²)	51
Tabla 14: Resistencia a la compresión vs Óptima dosificación de piedra caliza	51
Tabla 15: Resistencia a la compresión(kg/m ³) vs Óptima dosificación de piedra caliza	53
Tabla 16: Resistencia a la compresión (kg/m ³) vs Óptima dosificación de piedra caliza (kg/m ²)	55
Tabla 17: Cantidad Óptima de piedra caliza triturada (kg/m ³).....	56
Tabla 18: Ensayo y resistencia a la compresión (kg/m ²)	56
Tabla 19: Resistencia a la compresión (kg/m ²) vs Óptima dosificación de piedra caliza (kg/m ³).....	57
Tabla 20: Resistencia a la flexión (kg/cm ²) vs Óptima dosificación de piedra caliza triturada (kg/m ³)	59
Tabla 21: Ensayos y cantidad de piedra caliza (kg/m ³)	60
Tabla 22: Resistencia a la flexión (kg/cm ²)	60
Tabla 23: Óptima dosificación de piedra caliza (kg/m ³) vs Resistencia a la compresión (kg/cm ²).....	61
Tabla 24: Resistencia a la compresión (kg/m ³) vs Óptima dosificación de piedra caliza (kg/cm ²).....	63
Tabla 25: Óptima dosificación de la piedra caliza de acuerdo a la relación agua/cemento vs Ensayo resistencia a la compresión	64

Tabla 26 : Ensayos realizados y cantidad de piedra caliza triturada (kg/m ³)	65
Tabla 27: Resistencia a la flexión (kg/cm ²)	65
Tabla 28: Óptima dosificación de la piedra caliza de acuerdo a la relación agua/cemento vs ensayo resistencia a la compresión.....	66
Tabla 29: Óptima dosificación de la piedra caliza de acuerdo a la relación agua/cemento (kg/m ³) vs Ensayo resistencia a la compresión (kg/cm ²)	67
Tabla 30: Óptima dosificación de la piedra caliza de acuerdo a la relación agua/cemento vs Ensayo resistencia a la compresión	69
Tabla 31: Cantidad de piedra caliza triturada	70
Tabla 32: Resistencia a la compresión (kg/cm ²).....	70
Tabla 33: Óptima dosificación de la piedra caliza de acuerdo a la relación agua/cemento vs Ensayo resistencia a la compresión	71
Tabla 34: Óptima dosificación de la piedra caliza vs Porcentaje de absorción (%).....	72
Tabla 35: Ensayo realizado y cantidad de piedra caliza triturada(kg/m ³).....	73
Tabla 36: Óptima dosificación de la piedra caliza vs Porcentaje de absorción.....	74
Tabla 37: Óptima dosificación de la piedra caliza vs Porcentaje de absorción.....	75
Tabla 38: Óptima dosificación de la piedra caliza vs Porcentaje de absorción.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cilindros de hormigón en el tranque de curado del ensayo	21
Figura 2: Ensayo a compresión axial de un cilindro de hormigón.	21
Figura 3: Diagrama tensión – deformación del hormigón a compresión	22
Figura 4: Secuencia de la preparación del cilindro para el ensayo a tracción y forma... ..	22
Figura 5: Ensayo a la flexión del hormigón simple	23
Figura 6: Módulo de ruptura del hormigón	23
Figura 7: Estado de tensión cortante pura.....	24
Figura 8: Proporciones típicas de volúmenes absolutos de los componentes del concreto	24
Figura 9: Contenido de cemento en la resistencia del concreto.....	28
Figura 10: Composición del concreto	39
Figura 11: Molde para ensayar a compresión	46
Figura 12: Resistencia a la compresión (kg/cm ²) vs Óptima dosificación de piedra caliza (kg/m ³)	50
Figura 13: Resistencia a la compresión vs Óptima dosificación de piedra caliza triturada	52
Figura 14: Resistencia a la compresión (kg/m ³) vs Óptima dosificación de piedra caliza (kg/m ³)	54
Figura 15: Resistencia a la compresión (kg/m ³) vs Óptima dosificación de piedra caliza (kg/m ²)	55
Figura 16: Resistencia a la compresión (kg/m ²) vs Óptima dosificación de piedra caliza (kg/m ³)	57
Figura 17: Resistencia a la flexión (kg/cm ²) vs Óptima dosificación de piedra caliza triturada (kg/m ³)	59
Figura 18: Resistencia a la compresión (kg/cm ²) vs Óptima dosificación de piedra caliza (kg/m ³)	61
Figura 19: Resistencia a la flexión (kg/cm ²) vs Óptima dosificación de piedra caliza triturada (%)	63
Figura 20: Óptima dosificación de la piedra caliza de acuerdo a la relación agua/cemento vs Ensayo resistencia a la compresión (kg/cm ²)	64
Figura 21: Óptima dosificación de la piedra caliza de acuerdo a la relación agua/cemento vs Ensayo resistencia a la compresión (kg/cm ²)	67

Figura 22: Óptima dosificación de la piedra caliza de acuerdo a la relación agua/cemento (kg/m^3) vs Ensayo resistencia a la compresión (kg/cm^2)	68
Figura 23: Óptima dosificación de la piedra caliza de acuerdo a la relación agua/cemento vs Ensayo resistencia a la compresión (kg/cm^2)	69
Figura 24: Óptima dosificación de la piedra caliza de acuerdo a la relación agua/cemento vs Ensayo resistencia a la compresión (kg/cm^2)	71
Figura 25: Óptima dosificación de la piedra caliza (kg/m^3) vs Porcentaje de absorción	73
Figura 26: Óptima dosificación de la piedra caliza (kg/m^3)vs Porcentaje de absorción (%)	74
Figura 27: Óptima dosificación de la piedra caliza (kg/m^3) vs Porcentaje de absorción (kg/cm^2)	76
Figura 28: Óptima dosificación de la piedra caliza vs Porcentaje de absorción.....	77
Figura 29: Contrastación hipótesis 1 según los autores	78
Figura 30: Contrastación hipótesis 2 según los autores	80
Figura 31: Contrastación hipótesis 3 según los autores	82
Figura 32: Contrastación hipótesis 4 según los autores	84

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la mejora de las propiedades mecánicas enfocándose en la resistencia a la compresión y flexión del concreto estructural con la incorporación de piedra caliza triturada en reemplazo gradual o total del agregado grueso natural. Esta tesis hizo referencia a ensayos de resistencia del concreto tomados de diversas investigaciones nacionales e internacionales que aportaron información teórica y experimental sobre la influencia del tipo de agregado grueso, de la pérdida de agua en relación a/c, mejora de las propiedades mecánicas e incremento en la resistencia. La investigación fue documental bibliográfico en donde los estudios revisados utilizan el método deductivo, enfoque cuantitativo y orientación aplicada, nivel descriptivo, correlacional y explicativo, el diseño experimental, longitudinal, retrospectivo y estudio de cohorte (causa-efecto). Los resultados mostraron una mejora. Para esta investigación de los resultados obtenidos se concluye que las propiedades mecánicas tuvo como óptima dosificación 1106 kg/m³ de piedra caliza triturada, con una resistencia a la compresión de 571 kg/cm², asimismo una óptima dosificación de piedra caliza para resistencia a la flexión fue de 1106 kg/m³ con una resistencia a la flexión 65 kg/cm³, de acuerdo a la relación agua/cemento 0.5 que conduce el diseño de mezcla demuestra que mientras mayor sea la relación agua/cemento la resistencia del concreto estructural disminuye, así mismo con un porcentaje de 5,74% de absorción se concluye que con una mayor absorción del agua se incrementa en sus resistencias tanto para compresión y flexión.

Palabras claves: Concreto estructural, agregados gruesos, piedra caliza, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión.

ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the improvement of the mechanical properties focusing on the compressive and flexural strength of structural concrete with the incorporation of crushed limestone in gradual or total replacement of the natural coarse aggregate. This thesis made reference to concrete resistance tests taken from various national and international investigations that provided theoretical and experimental information on the influence of the type of coarse aggregate, water loss in relation to w / c , improvement of mechanical properties and increase in resistance. The research was bibliographic documentary where the reviewed studies use the deductive method, quantitative approach and applied orientation, descriptive, correlational and explanatory level, experimental, longitudinal, retrospective design and cohort study (cause-effect). The results showed an improvement. For this investigation of the results obtained, it is concluded that the mechanical properties had as Óptimal dosage 1106 kg / m³ of crushed limestone, with a compressive strength of 571 kg / cm², also an Óptimal dosage of limestone for flexural strength it was 1106 kg / m³ with a flexural strength 65 kg / cm³, according to the water / cement ratio 0.5 that leads the mix design shows that the higher the water / cement ratio the resistance of the Structural concrete decreases, likewise with a percentage of 5.74% of absorption it is concluded that with a greater absorption of water its resistance increases both for compression and bending.

Keywords: Structural concrete, coarse aggregates, limestone, compressive strength, flexural strength.

INTRODUCCIÓN

El concreto es un material constituido por la mezcla -en ciertas proporciones- de cemento, agua, agregados y, de manera opcional, aditivos; el concreto en primera instancia denota una estructura moldeable en estado fresco, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con una gran resistencia lo que lo hace uno de los materiales más importantes e indispensables en el rubro de la construcción. El estudio de las propiedades del concreto se encuentra en continuo avance tecnológico; ya que, debido a la gran demanda de este se requiere una mayor investigación y especialización para alcanzar los estándares como el principal material usado en obras de infraestructura, edificación, entre otros. El uso de piedra caliza en hormigón podría utilizarse debido a su gran potencial como recurso natural, ya que el Perú posee grandes canteras ubicadas en el norte, centro y sur del país con un gran potencial considerable para explotarse. Hoy en día no sólo hablamos de mezclas de concreto convencional, sino también en los diferentes diseños de mezcla que incluyen desde aditivos hasta diferentes tipos de agregado; diversos autores han recalcado la gran influencia que tiene el tipo de agregado -en este caso piedra caliza- en la mezcla del concreto con la finalidad de modificar las propiedades del concreto en estado endurecido y permite mejorar el rendimiento con la aplicación de menos recursos.

La presente tesis permite ampliar el conocimiento de la piedra caliza triturada usada como agregado grueso en mezclas de concreto, logrando así conocer la utilización de este agregado pétreo en proyectos de construcción, de esta manera proponer una opción diferente a la convencional, optimizando la mano de obra, el rendimiento y el costo del proyecto, para así poder aportar a la continua mejora e innovación en la industria de la construcción. El tipo de agregado es un factor a considerar dentro del diseño de mezcla del concreto ya que influye en las propiedades mecánicas; por lo tanto, mejorar las propiedades mecánicas del concreto es indispensable para lograr un concreto de calidad; es por ello que esta investigación analiza la mejora de las propiedades del concreto mediante la incorporación de piedra caliza triturada como agregado grueso, en el diseño de mezcla, en diferentes dosis y relación a/c para llegar a una dosificación óptima.

Esta investigación consta de seis capítulos:

Capítulo I: Presenta el problema de la investigación, objetivos, la justificación, viabilidad y las limitaciones de la investigación. Capítulo II: Describe el marco teórico el cual está

basado en amplia información bibliográfica recopilada, en donde se profundiza -con la ayuda de antecedentes- definiciones con las cuales se pretende dar a conocer los conceptos relacionados al tema de investigación. Capítulo III: Consta del planteamiento de las hipótesis, asimismo, el diseño del sistema de variables. Capítulo IV: Precisa la metodología empleada durante el desarrollo de la tesis. Capítulo V: Describe la presentación de resultados y contrastación de las hipótesis de la investigación. Finalmente, el capítulo 6 presenta la discusión de resultados, conclusiones y recomendaciones logradas con esta investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

El concreto y el agua son unos de los elementos más usados en la construcción a nivel mundial, ya que son utilizados en diferentes tipos de proyectos como son casas, edificios, hospitales, etc. el concreto es un material compuesto por mezcla de cemento, agua, agregados y aditivos que se denota, en primera instancia, como una estructura moldeable en estado fresco y que con el tiempo adquiere una consistencia rígida con una gran resistencia; la trabajabilidad, la resistencia y durabilidad del concreto hacen que estas se vuelvan sus características más representativas e imprescindibles en cualquier tipo de construcción.

El estudio de las propiedades del concreto se encuentra en continuo avance tecnológico; ya que, debido a la gran demanda del mismo, se requiere una mayor investigación y especialización para alcanzar los estándares como el principal material usado en obras de infraestructura, edificación, entre otros.

El uso de piedra caliza en hormigón podría utilizarse debido a su gran potencial como recurso natural, ya que se encuentra comúnmente en varias provincias de Perú como son Arequipa, Puno, Cusco y Apurímac por el sur; Cajamarca, San Martín, Ancash La Libertad y Huánuco por el norte y centro del país; el Perú posee grandes canteras de piedra caliza en varias regiones con un gran potencial considerable para explotarse.

La piedra caliza es una roca sedimentaria compuesta principalmente de minerales de carbonato de calcio (CaCO_3) en forma de minerales de calcita. Puede formarse de varias formas, como orgánica, mecánica o químicamente. La piedra caliza es una roca con una gran diversidad de usos; la mayor parte de la piedra caliza se convierte en piedras partidas que se pueden utilizar como materiales de construcción como, por ejemplo: cimientos, carreteras y vías férreas, así como agregados en el hormigón. La piedra caliza es un material muy recomendado para la elaboración del concreto estructural, en comparación con otros tipos de agregados naturales, debido a su porosidad, naturaleza fuerte y densa; estas propiedades físicas permiten que la piedra caliza sea una opción viable usada como agregado grueso, ya que, permiten obtener un incremento en las propiedades del concreto.

Hoy en día no solo hablamos de mezclas de concreto convencional, sino también en los diferentes diseños de mezcla que incluyen desde aditivos hasta diferentes tipos de agregado; diversos autores han recalcado la gran influencia que tiene el tipo de agregado -en este caso piedra caliza- en la mezcla del concreto con la finalidad de modificar las propiedades del concreto en estado endurecido y permite mejorar el rendimiento con la aplicación de menos recursos para su elaboración.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo la óptima dosificación de piedra caliza triturada mejora las propiedades mecánicas del concreto estructural?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿En qué medida la óptima dosificación de piedra caliza triturada mejora la resistencia a la compresión del concreto estructural?
- b) ¿En qué medida la óptima dosificación de piedra caliza triturada mejora la resistencia a la flexión del concreto estructural?
- c) ¿En qué medida la óptima dosificación de piedra caliza triturada de acuerdo a la relación agua/cemento mejora la resistencia de las propiedades mecánicas del concreto estructural?
- d) ¿En qué medida el óptimo porcentaje de absorción de la piedra caliza triturada de acuerdo a la relación agua/cemento mejora la resistencia de las propiedades mecánicas del concreto estructural?

1.2.3 Objetivo general

Analizar la Óptima dosificación de piedra caliza triturada para mejorar las propiedades mecánicas del concreto estructural.

1.2.4 Objetivos específicos

- a) Determinar la óptima dosificación de piedra caliza triturada para mejorar la resistencia a la compresión del concreto estructural.
- b) Determinar la óptima dosificación de piedra caliza triturada para mejorar la resistencia a la flexión del concreto estructural.

- c) Determinar la óptima dosificación de piedra caliza triturada de acuerdo a la relación agua/cemento para mejorar la resistencia de las propiedades mecánicas del concreto estructural.
- d) Determinar el óptimo porcentaje de absorción de piedra caliza triturada de acuerdo a la relación agua/cemento para mejora la resistencia de las propiedades mecánicas del concreto estructural.

1.3 Justificación de la investigación

1.3.1 Geográfica

La presente investigación se ha realizado en la ciudad de Lima, Perú.

1.3.2 Temática

La temática principal que se plantea es el estudio de la variable independiente que es la piedra caliza triturada para mejorar las propiedades físico mecánicas del concreto estructural.

Campo: Concreto armado.

Área académica: Ingeniería Civil.

Línea de investigación: Tecnología del concreto.

Sub línea de investigación: Construcción.

1.3.3 Temporal

La investigación se realiza en los meses de mayo a diciembre del año 2021.

1.3.4 Muestral

La unidad de muestra de la presente investigación son los ensayos de asentamiento, contenido de aire, resistencia a la compresión y absorción del concreto, realizados en los artículos en referencia.

1.4 Justificación del estudio

La investigación permite ampliar nuestros conocimientos sobre la piedra caliza triturada usada como agregado grueso y en qué medida esta afecta en las propiedades físico-mecánicas del concreto. Con el desarrollo de la investigación se espera introducir nuevas tecnologías aplicadas a las mezclas de concreto y así, como profesionales, no encasillarnos en el uso del concreto convencional logrando proponer alternativas que puedan optimizar el uso de recursos naturales y

económicos; así mismo, poder aportar al área de tecnología del concreto y a la carrera de Ingeniería Civil.

1.4.1 Conveniencia

Esta investigación es conveniente para el sector de la construcción, puesto que busca mejorar las propiedades del concreto, material que indispensable para este sector; actualmente es menester incentivar la constante investigación y avance tecnológico en referencia a este material debido a la alta demanda que se vive producto del constante crecimiento de la infraestructura de las ciudades alrededor del mundo.

1.4.2 Relevancia social

Con la investigación se busca mejorar las propiedades mecánicas del concreto estructural; por lo tanto, en un eventual proyecto de edificación obtener obras de calidad, con una adecuada resistencia y durabilidad; así mismo, se reducirá la cantidad de cemento por m³. Al ahorrar cemento se disminuye la explotación de la materia prima; lo cual, incentiva a las personas a realizar construcciones con un menor impacto en cuanto a los recursos naturales.

1.4.3 Aplicaciones practicas

El desarrollo de esta investigación trae consigo una serie de análisis, discusión de resultados, conclusiones y recomendaciones que pueden servir como referencia para posteriores investigaciones acerca de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

1.4.4 Utilidad metodológica

Esta investigación se llevará a cabo teniendo como referencias revistas científicas, papers, tesis, documentos técnicos de distintos autores dedicados a la investigación de estos tipos de materiales; ergo puede servir en un futuro como referencia y fuente de apoyo para próximas investigaciones que deseen profundizar la relación de la piedra caliza usada como agregado grueso y las propiedades físico mecánicas en el concreto estructural.

1.4.5 Valor teórico

Con el desarrollo de la investigación se pretende aportar conocimiento acerca de las propiedades del concreto en estado endurecido, destacar la

importancia del uso de la piedra caliza triturada como agregado grueso, dando continuidad a tesis realizadas anteriormente, servir como fuente y apoyo para futuras tesis direccionadas en un enfoque similar.

1.5 Importancia del estudio

1.5.1 Nuevos conocimientos

La presente investigación es de gran interés en la sociedad ya que busca ampliar el conocimiento acerca de los materiales pétreos -como la piedra caliza- y su aplicación en la mezcla como agregado grueso.

1.5.2 Aportes

El aporte de la presente investigación es la aplicación de la piedra caliza triturada como agregado grueso para así obtener un concreto de gran calidad y reducir los costos de su producción, mantenimiento y la contaminación generada durante la producción del cemento que es fundamental para la mezcla.

Para tal fin se ha reunido información de manera sistemática de diversas fuentes las cuales fueron analizadas y contratadas con el objetivo de generar conocimiento que aporte en esta línea de investigación.

1.6 Limitaciones del estudio

1.6.1 Falta de estudios previos de investigación

Gracias al avance tecnológico se encontró con la data suficiente para sustentar la presente investigación, información nacional como internacional.

1.6.2 Metodológicos o prácticos

No se pudo encontrar alguna normativa en específico que regule y estandarice la piedra caliza como agregado grueso

1.6.3 Medidas y obstáculos en la investigación

La mayor limitación que se tiene en esta investigación es que no se podrán realizar ensayos de laboratorio o visitas a plantas concreteras, porque se ha optado por elaborar una investigación de carácter documental debido a la coyuntura actual que atravesamos por motivos de crisis sanitaria; por lo tanto, el desarrollo de dicha investigación está limitado a fuentes

bibliográficas, tanto nacionales como internacionales, normas y especificaciones técnicas; y todo tipo de información que guarde relación con la investigación llevada a cabo.

1.7 Alcance

La presente investigación llega hasta obtener suficiente información acerca de la piedra caliza triturada en referencia a las propiedades físico-mecánicas del concreto, además de hacer comentarios y recomendaciones acerca de los porcentajes ideales a emplear en el diseño de la mezcla.

1.8 Viabilidad del estudio

Gracias al avance tecnológico contamos con bibliotecas virtuales y motores de búsqueda como son ProQuest, Scopus, entre otros; los cuales facilitan poder direccionar correctamente la investigación, contar con fuentes confiables y datos recopilados de investigaciones relacionadas al tema; por lo tanto, al contar con basta información nacional e internacional la investigación es viable y es posible realizar una tesis documental que aporte al conocimiento de nuestro país y el mundo.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco histórico

El empleo de materiales cementantes ha sido, durante décadas, el material más usado para la construcción de toda variedad de infraestructuras debido a las propiedades que posee. Neville (2015) informa sobre la historia lo siguiente:

El empleo de los materiales cementantes es de tiempos antiguos. Los egipcios ya usaban agregados gruesos como yeso calcinado sin tratar. Los griegos y romanos utilizaban caliza calcinada y, posteriormente, aprendiendo a mezclar cal con agua, arena y piedra triturada o ladrillo y tejas quebradas. Este fue el primer concreto de la historia. Un mortero de cal no endurece bajo acción del agua; por lo tanto, para construcciones sujetas a la acción del comportamiento del agua, los romanos mezclaban cal con cenizas volcánicas o con tejas de arcillas quemada, finamente trituradas. La sílice activa la alúmina que se encuentra en las cenizas y en las tejas que se combinan con los diferentes porcentajes de cal para mejorar su concreto lo que se conoce como cemento puzolánico, proveniente del nombre del pueblo Pozzuoli, cerca de Vesubio, donde se encontró por primera vez ceniza volcánica. (p. 15)

Posteriormente a lo mencionado hubo una civilización que se especializó en el manejo de este material. Cordero et al (2012).

Durante el apogeo del Imperio Romano, el uso del hormigón como elemento constructivo se fue popularizando, posiblemente esto se debió a la gran habilidad constructiva que desarrollaron y, sobre todo, por que contaban con grandes yacimientos de arenas volcánicas con propiedades cementicos con las que preparaban un mortero mezclando dichas arenas con piedras naturales (habitualmente cal y guijarros).

Este mortero poseía unas propiedades prácticamente idénticas a las que presenta el hormigón utilizado en construcciones en la actualidad, los romanos utilizaron este material en grandes monumentos estructurales que han probado perdurar a través de los años. (p. 4)

Desde la época de los egipcios, griegos y romanos se empleaban cementos naturales rudimentarios, pero el uso de los materiales coalescentes o cementantes en el Perú se remonta a las colonias del siglo XVI, en España, debido a la ocupación de la Península Ibérica durante nueve siglos, los españoles implantaron los conocimientos técnicos de la época que tenían una evidente influencia árabe. En el momento, con el ascenso del Gobernador del Perú y el aumento de la riqueza, la construcción y decoración de la ciudad también ha crecido, lo que ha impulsado el uso de materiales y técnicas más sofisticadas. Carbajal (1998).

El hormigón es un material compuesto por una mezcla de cierta proporción de cemento, agua, agregados y aditivos opcionales. Originalmente se expresó como una estructura plástica formadora, y posteriormente se obtuvo la rigidez y consistencia del aislamiento y la durabilidad lo convierten en un material ideal para la construcción. De acuerdo con esta definición, se puede derivar un producto mixto, donde combina más o menos las características de los componentes, estos componentes tienen proporciones adecuadas, pueden aportar una o más de sus propiedades individuales, constituyendo así un material que presenta un determinado comportamiento especial y original; por tanto, para poder captar el uso de este material, es necesario no solo comprender la expresión del producto final, sino también la expresión de los ingredientes y sus interrelaciones, pues son ante todo los que les dan su particularidad. Carbajal (1998).

Norma E.060. El agregado grueso es el conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la Norma NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto.

Ellos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre el 62% y en 78% de la unidad cúbica del concreto; las tres funciones principales de estos son:

Proporcionar un relleno adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de esta unidad y volumen y, por lo tanto, reducir el costo de la unidad cúbica del concreto.

Proporcionar una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas, desgaste, o interperismo, que puedan actuar sobre el concreto.

Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado; o de calentamiento de la pasta.

Aunque de manera simplista pudiera pensarse que el agregado grueso actúa principalmente como un relleno para reducir el contenido de la pasta de cemento y moderar el esfuerzo en la matriz, sus contribuciones parecen ser más que eso. Un porcentaje máximo en volumen de agregados, sobre todo gruesos, tiene un efecto positivo tanto en su resistencia, como en sus características de flujo plástico, contracción por secado y permeabilidad, hecho que se presenta debido a que la pasta de cemento endurecido constituye el elemento más débil en lo que se refiere a las propiedades antes citadas. Yam et al (2003).

Yam et al (2003). Estudiaron a los agregados pétreos, sobre todo, a la piedra caliza y su comportamiento en el concreto en la Península de Yucatán; provienen de la trituración de roca caliza cuyo origen geológico son las formaciones sedimentarias del Cenozoico. En el planeta, la piedra caliza es la más abundante de las rocas de carbonato; va del rango de la roca caliza pura, que consiste en la mineral calcita (carbonato cálcico), a la dolomita pura, que consiste en la mineral dolomita (carbonato cálcico magnésico). Generalmente todas contienen, además, en diferentes proporciones y cantidades, impurezas no carbonatadas, como son la arcilla y la arena.

Con el transcurrir de los años, se ha ido avanzando en la tecnología del concreto, el diseño de la mezcla es cada vez más innovador por lo que es muy atractivo proponer nuevos materiales como agregado para la mezcla como es el caso de la caliza que; puesto que los agregados de piedra caliza proporcionan buena adherencia con la pasta de cemento, las resistencias obtenidas pueden aumentarse usando en la producción de los concretos piedra caliza más densa.

2.2 Investigaciones relacionadas con el tema

2.2.1 Antecedentes internacionales

Yam, et al (2003). Presentan los avances en cuanto al tema de los agregados para concreto e indican lo siguiente respecto a los agregados pétreos:

En el concreto existe una gran variabilidad en las características de sus componentes, especialmente en los agregados pétreos; siendo estas

causantes de diferentes efectos en la trabajabilidad y en su comportamiento en estado endurecido el cual determinará su vida de servicio.

Los agregados de piedra caliza presentan una amplia variabilidad en sus características de acuerdo a las condiciones geológicas en las que se sedimentaron; por lo tanto, tienen características que lo hacen versátil en cuanto a su uso como agregado para el concreto, para obtener un concreto óptimo se debe buscar una estructura de agregados con la forma y secuencia de tamaños adecuados para que se acomoden y logrando así una alta compacidad, las características tales como: la absorción, la forma de las partículas, la textura superficial, el tamaño y la granulometría afectan la trabajabilidad del concreto; los agregados también influyen en las características del concreto endurecido.

La investigación se centra en optimizar la mezcla granular, buscando las cantidades máximas que se pueden introducir sin comprometer la calidad del concreto, resaltando el potencial de este material para emplear concreto de alta calidad.

Chiheb et al (2017). La resistencia a la compresión del concreto adicionando agregado de piedra caliza entre las edades de 7 y 28 días y concluyeron lo siguiente: con un hormigón que obtuvo la mayor dosis de aglutinante (610 kg/m^3) se obtuvo una mayor resistencia a la compresión que con otros hormigones; la contracción a temprana edad del concreto con agregado de piedra caliza y el concreto convencional fue relativamente similar en términos de intensidad y tasa de deformaciones. En base a los resultados de la investigación, afirmaron que la caliza triturada puede servir para hacer hormigones de alta calidad, con propiedades físico mecánicas muy aceptables.

Ashkan et al (2020). El agregado de concreto es similar a la piedra triturada. Sin embargo, el hormigón triturado tiene varias propiedades físicas que son diferentes de los agregados naturales. Los agregados de concreto triturado cuentan con una mejor forma y ángulo lo cual proporciona una superficie menos lisa que los agregados naturales

Nakarai et al (2017). En los últimos años, en Japón, los agregados de piedra caliza se utilizan comúnmente para reducir la contracción del hormigón. Según los informes, debido a la alta contracción por secado del agregado grueso en sí, se han observado daños severos inducidos por contracción en el puente de hormigón y ha aumentado el consumo de agregado de piedra caliza

2.2.2 Investigaciones nacionales

Llatas (2015). Da a conocer en su investigación los resultados del concreto con piedra caliza como agregado grueso al ser sometido a fuerza axial y concluyó lo siguiente, la resistencia a compresión axial del concreto elaborado con agregado de piedra caliza triturada lavada de la cantera Otuzco Mirador incrementa la resistencia de diseño, el esfuerzo máximo 5.29%, la resistencia a compresión axial del concreto elaborado con agregado de piedra caliza triturada sin lavar de la cantera Otuzco Mirador disminuye la resistencia de diseño, el esfuerzo máximo 13.86%.

Gonzales y Ticona (2016). La presente investigación surge de la necesidad de mejorar el rendimiento en la obtención de óxido de calcio (cal viva) a partir de la piedra caliza en la etapa de calcinación. Es importante conocer el proceso para la obtención de cal viva y así analizar que variables pueden influir en la calcinación de la piedra caliza, las variables que se consideraron para el estudio fueron: Granulometría de piedra caliza, concentración de carbonato de calcio, tiempo de residencia y temperatura de calcinación que requieren de un control exhaustivo.

2.2.3 Artículos relacionados con el tema

El hormigón es conocido como el material de construcción más utilizado en el mundo. El rendimiento del hormigón depende del diseño y la proporción de la mezcla de hormigón, así como de la calidad de los componentes del hormigón. La piedra caliza se usa ampliamente como agregado fino y agregado grueso en el concreto debido a sus altas reservas. Algunos investigadores han estudiado el efecto del agregado de piedra caliza gruesa en el desempeño del hormigón y han demostrado los beneficios de usar

piedra caliza como agregado grueso en el hormigón (Trong, Hwang, & Ngo, 2018)

La piedra caliza es la roca más utilizada en Irak, especialmente en la gobernación de Mosul, y puede usarse ampliamente en actividades de construcción. Está compuesto principalmente por carbonato de calcio y generalmente contiene algo de carbonato de magnesio y sustancias silíceas, como partículas de cuarzo. La introducción de agregado de piedra caliza en la mezcla de concreto puede reducir la contaminación ambiental. La producción de rellenos de piedra caliza requiere una gran cantidad y en comparación con la producción de cemento, el consumo de energía es menor, lo que también significa que el dióxido de carbono en la producción de piedra caliza es mucho menor que el dióxido de carbono en la producción de cemento. et al (2021).

Ahmad et al (2018). El cemento es el componente principal del hormigón. La producción de cemento requiere la quema de una gran cantidad de combustible y la descomposición de la piedra caliza, lo que conduce a la emisión de dióxido de carbono (CO₂) en el aire, debido a que cada tonelada de producción de clínker de cemento portland está asociada con 1 a 1,25 toneladas de dióxido de carbono. El polvo de piedra caliza se puede utilizar como sustituto del cemento porque puede aumentar la densidad, resistencia y cohesión de las mezclas de hormigón. Este artículo presenta la investigación de SCLFC sobre el estado fresco y endurecido del polvo de piedra caliza. El objetivo principal de este estudio es evaluar la influencia del polvo de piedra caliza en la trabajabilidad y resistencia a la compresión de SCLFC

Huaquisto y Belizario (2018). La Central Térmica Ilo 21 genera electricidad a base de carbón y cuyo residuo es la ceniza volante, material contaminante del medio ambiente, el cual es utilizada como adición al cemento para la fabricación del concreto de las diferentes obras civiles, en tal sentido el objetivo del presente estudio fue la dosificación de mezclas de concreto adicionando ceniza volante de tal manera que no disminuya la resistencia y

ayude a mitigar el medio ambiente. El material y método empleado es el concreto normal con adiciones de ceniza volante en proporciones de 2.5%, 5.0%, 10.0% y 15.0% para roturas a los 7, 14, 28 y 90 días. Los resultados indican que a los 28 días se tienen resistencias en promedio de 221kg/cm² para concreto normal, para concreto con 2.5% de ceniza volante 223kg/cm², para el 5.0% 231kg/cm², para el 10.0% 200 y 192kg/cm² para el 15% de ceniza volante respectivamente. En conclusión la ceniza volante se debe utilizar como sustitución al cemento en un rango menor al 10%, más allá de este valor disminuye la resistencia del concreto, por lo que puede resultar perjudicial a la hora de realizar los controles de calidad.

En esta investigación, los agregados naturales en SCC son reemplazados, total o parcialmente, por agregados gruesos de escoria de acero (SSA) que fueron producidos triturando subproductos de cantos rodados obtenidos de la industria del acero. Las propiedades frescas (trabajabilidad, estabilidad y sangrado) se pueden lograr cuando se usa la cantidad adecuada de SSA. El hormigón SSA aumentó el contenido de aire. Los valores más altos se informan en condiciones de calor. El estudio muestra que la resistencia a la compresión de 28 días de SCC aumentó en aproximadamente un 10% cuando el agregado natural es reemplazado por SSA. Sin embargo, se informan efectos adversos cuando la proporción de SSA es superior al 50%. En climas cálidos, la resistencia fue menor y la proporción de reemplazo óptima es del 25%. La resistencia a la tracción de SCC aumentó aproximadamente un 20% cuando el agregado natural es reemplazado por SSA. Los efectos adversos se informan cuando la proporción de SSA es superior al 75%. En climas cálidos, se observa lo mismo pero el valor de la fuerza de 28 días fue menor. Se obtienen y discuten relaciones matemáticas de desarrollo de fuerza especial. El módulo de elasticidad aumentó por el aumento de la escoria. El valor óptimo fue del 50% para ambas condiciones. Se observa un efecto adverso cuando la proporción de escoria supera el 75%. La contracción por secado del hormigón fue menor para el hormigón que contenía SSA. Qasrawi (2021)

Muhsin et al (2021). Este artículo presenta un trabajo experimental realizado para estudiar las propiedades del concreto que incorpora (0-100)% de caliza triturada (CLS) local (en Irak) como reemplazo parcial del agregado grueso. Se agregaron materiales cementosos suplementarios (SCM) como metacaolina de alta reactividad (HRM) y ceniza de cáscara de arroz (RHA) a las mezclas para mejorar las propiedades del concreto fresco y endurecido. Las mezclas selectivas en este estudio se organizaron en tres grupos, el primero sin (SCM), el segundo con (RHA) y el tercero con (HRM). Cada uno de ellos (con diferentes proporciones de (CLS) como agregado grueso) se probó para compararlos con las mezclas de referencia. El asentamiento y el contenido de aire se evaluaron para el hormigón fresco. La absorción, así como la resistencia a la compresión (CS) y la resistencia a la flexión (FS) se evaluaron para las muestras endurecidas después de 7 y 28 días. De acuerdo con los resultados, el concreto con CLS como agregado grueso obtuvo un desempeño menor que el concreto ordinario pero el (SCM) mejoró las propiedades de las mezclas de concreto. Los resultados muestran que el HRM fue más efectivo que el RHA con respecto a las propiedades mecánicas.

Karntonga et al (2018). Influencia de la ceniza de bagazo, piedra caliza triturada y los aridos de hormigon reciclado en las propiedades de endurecimiento de hormigones de alta resistencia. En esta investigación se utilizó ceniza de bagazo como sustituto del cemento en hormigón de alta resistencia con áridos reciclados (HS-RAC). La piedra caliza fue sustituida por un árido 100% reciclado de hormigón y la ceniza de bagazo molida (GBA) en diferentes porcentajes (20, 35 y 50% en peso del material cementante) tipo HS-RAC. Los resultados indican que la sustitución de la piedra caliza molida por áridos de hormigón reciclado tiene un efecto negativo en las propiedades del hormigón. Aumentar la cantidad de GBA en el HS-RAC redujo la densidad e incrementó el volumen del espacio de los poros permeables. Las mezclas de hormigón preparadas reemplazando 20% en peso del cemento portland por ceniza de bagazo molida presentan mayor resistencia a la compresión que el hormigón convencional a los 90

días o más. El HS-RAC con GBA (hasta 50%) tuvo una durabilidad mayor que el hormigón convencional en términos de resistencia.

Bradú et al. (2016). El hormigón autocompactante y la piedra caliza (SCC) puede promoverse en la industria de la construcción solo después de realizar una amplia gama de estudios sobre sus propiedades. Las características mecánicas de este material han sido menos analizadas, los resultados actualizados de la literatura científica a menudo están en contradicción. El estudio del comportamiento del SCC en el rango postelástico, que es una característica importante en el diseño estructural de las construcciones ubicadas en áreas sísmicas, brinda la posibilidad de evaluar la capacidad real de disipación de energía. Dentro de este trabajo, se ha realizado un estudio comparativo entre las propiedades esenciales y las curvas completas de deformación tensional del (SCC) y el hormigón vibrado (VC) cargado en compresión. El programa experimental se ha llevado a cabo utilizando un sistema de prueba innovador concebido y patentado en la facultad de ingeniería civil y servicios de Edificación de la Universidad Técnica "Gheorghe Asachi" de Iasi. Las mezclas de hormigón analizadas se prepararon en tres lotes manteniendo constante la cantidad de cemento, y la fluidez del hormigón se logró mediante la variación de las cantidades de relleno de piedra caliza y aditivos de hormigón. Las características mecánicas de ambos autocompactantes El hormigón y el hormigón vibrado son diferentes. Esta diferencia se vuelve más obvia una vez que se modifican las fracciones volumétricas de agregados gruesos y finos. También se puede afirmar que las curvas completas de tensión-deformación de SCC y VC son diferentes, lo que revela la conveniente capacidad de SCC para absorber energía de deformación. Aurelia Bradú,

2.3 Estructuras teóricas y científicas que sustentan el estudio

2.3.1 Naturaleza patológica de los agregados pétreos

El hormigón es una especie de pétreo artificial obtenido de la mezcla de pasta y agregado mineral. Esta pasta está compuesta de cemento y agua, cuando endurezca los agregados conectados para formar un debido conglomerado rocoso, se produce una reacción química entre estos

componentes con el fin de obtener las mejores propiedades mecánicas; el hormigón debe tener un esqueleto de piedra lo más denso posible y la cantidad de pasta de cemento necesaria para llenar los huecos que deja. Palbol (1996).

Los agregados actúan como un ente dinámico dentro de la mezcla, ergo la variación de sus características también puede ocurrir durante el proceso de explotación, procesamiento y transporte. Porque constituyen la mayor parte del volumen del material, considerados una parte importante del hormigón, tienen un impacto significativo en el desempeño de la estructura. Chan (1993).

El 100% del hormigón está en México usa sus agregados Pueden obtenerse de dos fuentes: depósitos minerales naturales (río, playa, etc.) y productos de fragmentación de rocas. Se sabe que son: rocas ígneas, rocas sedimentarias y deformación. Uribe (1991).

Algunas otras propiedades físicas importantes de los agregados son: forma y textura de las partículas, porosidad, tasa de absorción, densidad, adhesión, resistencia, etc. El tamaño de partícula del agregado y el tamaño máximo del agregado (para grava) también son importantes en el desempeño del hormigón en estado plástico y en estado endurecido. Cerón (1996).

2.3.2 Piedra caliza

Candra et al (2021). Históricamente, la piedra caliza y el mármol relativamente metamórfico se han utilizado como materiales de construcción a escala mundial por razones estéticas y prácticas, con ejemplos que van desde la pirámide de Giza, la piedra caliza Nummulita con vaina de piedra caliza Tura, el Palacio de Diocleciano en Split construido a partir de piedra caliza.

La piedra caliza triturada se utiliza mucho como agregado de hormigón y, recientemente, su consumo ha ido en aumento. Se ha informado que el agregado de piedra caliza puede mejorar las propiedades del material del concreto, por ejemplo, aumentar la fuerza de unión entre el agregado y la pasta de cemento. Nakarai et al (2017).

2.3.3 Concreto

“Ese término se refiere a la mezcla de mortero y agregado grueso (grava). Algunos países de habla hispana lo denominan también hormigón”. Hernández (2010).

El concreto es un material de construcción, no homogéneo, constituido por la mezcla de cemento, arena, cascajo y agua. El cemento es el material ligante; la arena y el cascajo son materiales de relleno, llamados también agregados; el agua es el elemento catalizador que reacciona con el cemento y hace que éste desarrolle sus propiedades ligantes. Awad (2007)

“Las propiedades del concreto están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas de sus materiales componentes, pudiendo ser mejor comprendidas si se analiza la naturaleza del concreto” Rivva (2000).

2.3.4 Propiedades físicas del concreto

Manejabilidad

Es la propiedad del concreto que determina el trabajo utilizado en vencer la fricción entre los materiales que componen la mezcla de concreto y el encofrado. Romero y Hernández (2014).

Compacidad

Esta propiedad describe la facilidad con la que la mezcla fresca es compactada. Romero y Hernández (2014).

Contenido de aire

Permite un requerimiento menor de agua en la mezcla de concreto. Romero y Hernández (2014).

Contenido de agua y cemento

Sirve para determinar el desempeño del concreto endurecido; es decir, la resistencia y la durabilidad. Romero y Hernández (2014).

Cohesión

Esta propiedad describe la capacidad que tiene la mezcla de concreto fresco para mantenerse como una masa estable y sin segregación. Romero y Hernández (2014).

Segregación

Determina el grado de descomposición mecánica del concreto fresco en sus partes constituyentes, cuando el agregado grueso tiende a separarse de la pasta. Romero y Hernández (2014).

2.3.5 Propiedades mecánicas del concreto

Resistencia a la compresión axial

“Esta Norma Técnica Peruana establece la determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas y extracciones diamantinas de concreto” NTP 339.034 (2008).

El método implica aplicar una carga de compresión axial a un cilindro moldeado o extraiga diamantes a una tasa estandarizada dentro del rango especificado, y error. La resistencia a la compresión de la muestra se calcula dividiendo por la carga el valor máximo alcanzado durante la prueba, entre las áreas de la parte recta de la muestra NTP 339.034 (2008).

Aunque otras propiedades (como la durabilidad o la permeabilidad) pueden ser importantes en muchas situaciones prácticas, la propiedad más valiosa del hormigón es la resistencia. Neville (2017).

Según la definición de Awad (2016): “La característica que mide la calidad del hormigón es su resistencia a la compresión, se representa como $f'c$ e indica la resistencia de probetas cilíndricas de 15 cm. de diámetro por 30 cm. de altura, ensayadas a los 28 días.” Detalles del ensayo deben consultarse en las normas NTC 673. ASTM C39

Para el ensayo de resistencia las muestras deben tomarse de acuerdo a la norma NTC 454 (ASTM C172). Awad (2007).

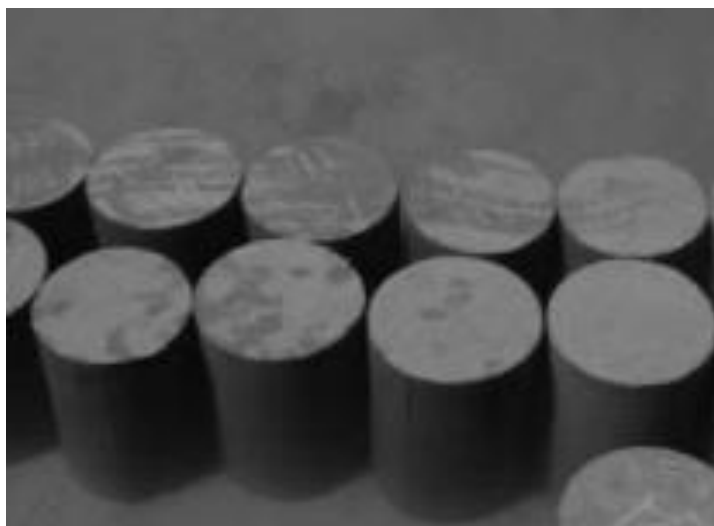


Figura 1: Cilindros de hormigón en el tranque de curado del ensayo
Fuente. Hormigón Reforzado. Awad (2017)

En la Figura 2 se ilustra un ensayo a compresión axial de un cilindro de hormigón simple. En cilindros con relación longitud / diámetro igual a 2, la falla suele presentarse a través de planos inclinados, respecto a la dirección de la carga; esta inclinación se debe a las restricciones que ofrecen las placas de apoyo de la máquina a los movimientos laterales. Awad (2007).



Figura 2: Ensayo a compresión axial de un cilindro de hormigón.

Fuente. Hormigón Reforzado, por Awad (2007)

Según Awad (2007). La curva tensión-deformación se obtiene de los resultados de este ensayo. Los valores de las tensiones resultan de dividir la carga axial total aplicada, P , por el área inicial de la sección transversal del cilindro, A , y representa los valores promedios bajo la hipótesis de

distribución uniforme de deformaciones y de características de la curva tensión - deformación constantes.

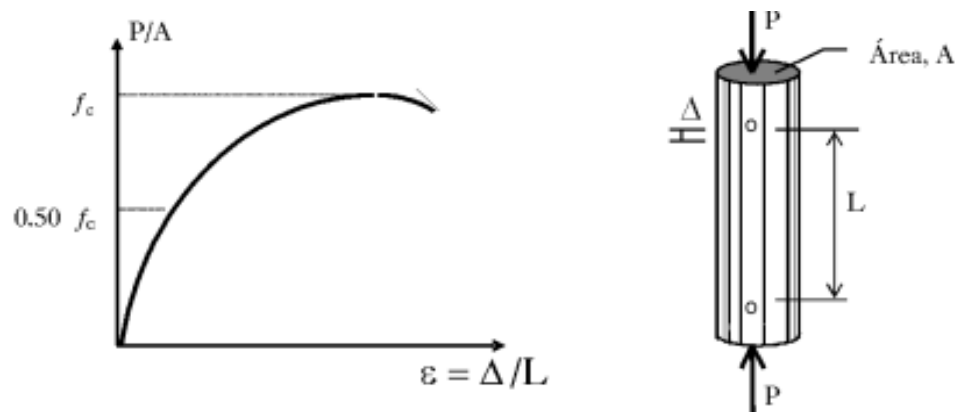


Figura 3: Diagrama tensión – deformación del hormigón a compresión
Fuente. Hormigón Reforzado. Awad (2007)

Resistencia a la tracción

Awad (2007). La curva tensión-deformación se obtiene de los resultados de este ensayo. Los valores de las tensiones resultan de dividir la carga axial total aplicada, P , por el área inicial de la sección transversal del cilindro, A , y representa los valores promedios bajo la hipótesis de distribución uniforme de deformaciones y de características de la curva tensión - deformación constantes; ensayos de tracción directa no son aplicables para deducir la resistencia a la tracción del hormigón.

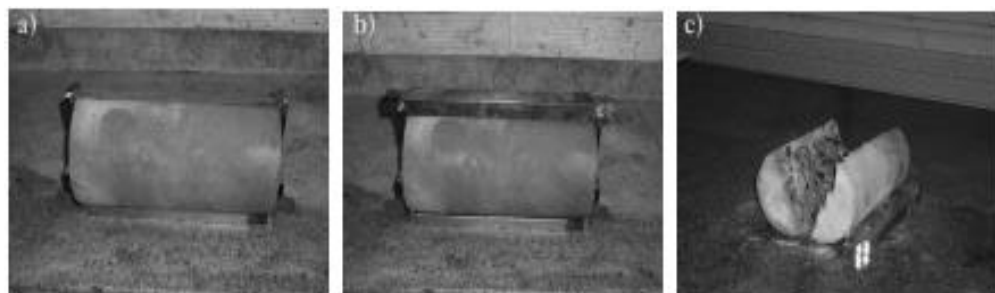


Figura 4: Secuencia de la preparación del cilindro para el ensayo a tracción y forma

Fuente. Hormigón Reforzado. Awad (2007)

Resistencia a la flexión

Las aplicaciones “El estudio de flechas o el diseño de pavimentos rígidos, es necesario conocer, en forma aproximada, la resistencia del hormigón a la flexión simple, la cual es conocida como Módulo de Ruptura y se representa como f_y . Awad (2007)

Awad (2007). Afirma, que este módulo se determina ensayando una viga prismática de hormigón simple (15 * 15 * 60 cm), simplemente apoyada, sujeta a dos cargas concentradas aplicadas en los tercios de la luz. La falla que se presenta es brusca y va acompañada de la presencia de una fisura única. (ASTM C-78).”

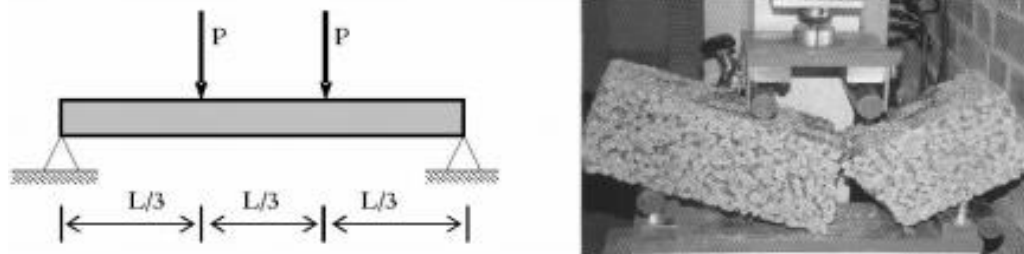


Figura 5: Ensayo a la flexión del hormigón simple

Fuente: Hormigón Reforzado. Awad (2007)

Resistencia a la flexión

“La resistencia del hormigón a tensión cortante pura no tiene importancia práctica, puesto que dicho estado implica la presencia de tensiones principales de la misma magnitud de la tensión cortante”. Awad (2007).

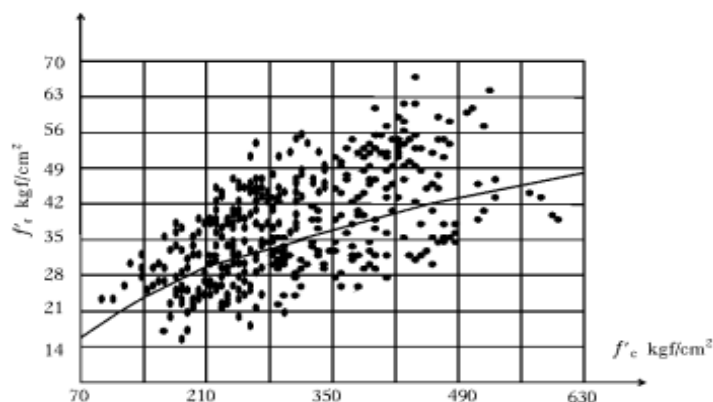


Figura 6: Módulo de ruptura del hormigón

Fuente: Hormigón Reforzado Awad (2007)

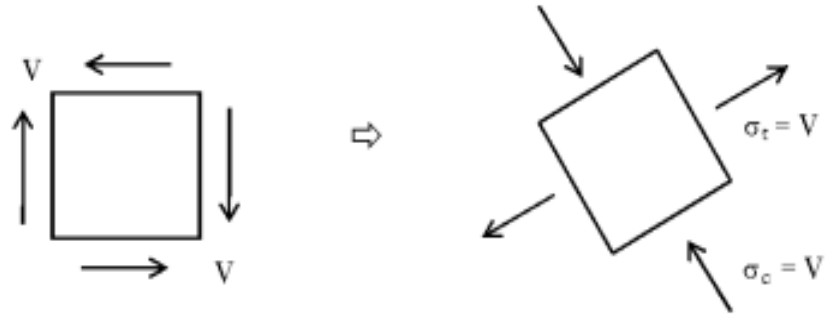


Figura 7: Estado de tensión cortante pura

Fuente: Hormigón reforzado awad (2007).

La resistencia a tensión cortante del hormigón, medida por métodos indirectos, puede considerarse que es un 20 o 30% mayor que su resistencia a la tracción y cerca de un 12% de su resistencia a la compresión. Awad (2007).

2.3.6 Componentes del concreto

La tecnología moderna del hormigón define cuatro componentes para este material: cemento, agua, áridos y aditivos son los elementos activos y el aire es el elemento pasivo. Si bien la definición tradicional considera a los aditivos como elementos opcionales, en la práctica moderna se han convertido en ingredientes convencionales, porque la ciencia ha demostrado su aplicabilidad para mejorar la procesabilidad y la durabilidad. Carbajal (1993).

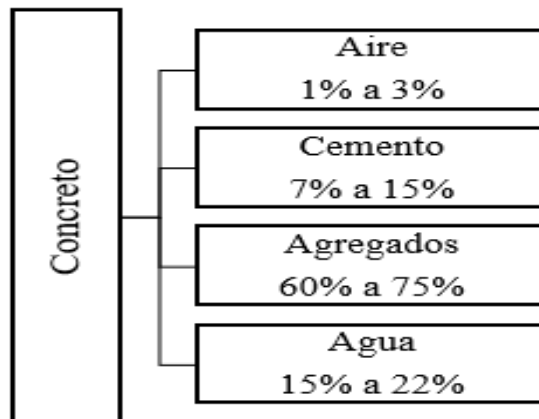


Figura 8: Proporciones típicas de volúmenes absolutos de los componentes del concreto

Fuente. Tópicos de tecnología del concreto en el Perú. Carbajal (1993)

2.3.7 Cemento portland

Awad (2009). El término cemento se utiliza para designar cualquier sustancia con propiedades adhesivas, independientemente de su origen. Dada la alta producción de cemento portland (en comparación con otros cementos), su uso se ha generalizado. En de obra el significado del término cemento se restringe a materiales aglutinantes utilizados con piedras, arenas, ladrillos, bloques de arquitectura, etc. Los principales componentes de este tipo de cemento son compuestos de cal, de forma que en construcción se trabaja con cementos calcáreos

Rivva (2000). El cemento es el elemento más activo del hormigón y de mayor costo, por lo tanto, y teniendo que las propiedades del hormigón dependen tanto de la cantidad como también de la calidad de sus características, el uso del cemento es esencial para obtener económicamente las propiedades para una mezcla dada.

Tabla 1: Fuentes usadas para el cemento portland

Hierro	Yeso	Magnesia
Fe ₂ O ₃	CaSO ₄ ·2H ₂ O	MgO
Arcilla		
Ceniza de altos hornos		
Escoria de pirita	Anhidrita	Escorias
Laminaciones de hierro	Sulfato de calcio	Piedra caliza
Mineral de hierro	Yeso natural	Roca calcárea
Pizarras		
Residuos de lavado de mineral de hierro		

Fuente: Tópicos de tecnología del concreto en el Perú. Carbajal (1993).

El punto de partida del proceso de fabricación es la selección y desarrollo de materias primas para su posterior procesamiento. Los principales componentes químicos de las materias primas de la producción de cemento y sus proporciones generales son (Frederik, 1988).

Tabla 2: Componentes de la fabricación del cemento portland

Cal	Silice	Alumina
Cao	SiO ₂	Al ₂ O ₃
Aragonita	Arcilla	Arcilla
Arcilla	Arcilla calcárea	Arcilla calcárea (Marga)
Arcilla calcárea (Marga)	Arena	Bauxita
Calcita	Areniscas	Cenizas volátiles
Conchas marinas	Basaltos	Deshechos de mineral
Deshechos alcalinos	Cenizas Volátiles	de aluminio.
Deshechos alcalinos	Cenizas de cáscara de arroz	Escoria de cobre
Mármol	Cuarcita	Escorias
Piedra Caliza	Escorias	Estaurolita
Pizarras	Piedras calizas	Granodioritas
Polvo residuo de clinker	Roca calcárea	Piedra caliza
Roca calcárea	Silicato de calcio	Pizarras
Tiza		Residuos de lavado de mineral de aluminio Roca calcárea

Fuente: Tópicos de tecnología del concreto en el Perú. Carbajal (1993)

Tabla 3: Componentes químicos del cemento portland

%	Componente Químico	Procedencia Usual
	Oxido de Calcio (CaO)	Rocas Calizas
95	Oxido de Sílice (SiO ₂)	Areniscas
	Oxido de Aluminio(Al ₂ O ₃)	Arcillas
	Oxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas, Mineral de Hierro,Pirita
	Óxidos de Magnesio,Sodio,	
5	Potasio, Titanio, Azufre, Fósforo y Manganeso	Minerales Varios

Fuente: Tópicos de tecnología del concreto en el Perú. Carbajal (1993)

Tabla 4: Porcentaje de óxidos que componen el cemento portland

Oxido Componente	Porcentaje Típico (%)	Abreviatura
CaO	61 - 67	C
SiO ₂	20 - 27	S
Al ₂ O ₃	4 - 7	A
Fe ₂ O ₃	2 - 4	F
SO ₃	1 - 3	
MgO	1- 5	
K ₂ O y Na ₂ O	0.25 - 1.5	

Fuente: Tópicos de tecnología del concreto en el Perú, Carbajal (1993).

Niño (2010). Generalmente, el cemento portland está hecho de materiales minerales calcáreos, como materiales de piedra caliza y arcilla, donde la alúmina y la sílice tienen un alto contenido, y otros productos, como el óxido de hierro, generalmente se agregan para mejorar la química de las principales materias primas. La proporción de piedra caliza que debe mezclarse con arcilla depende de la composición del cemento. Dado que la cantidad de piedra caliza suele ser 4 veces mayor que la de arcilla, el primer paso para elegir la ubicación de una planta de cemento es estudiar el depósito de piedra caliza y luego continuar buscando fuentes de arcilla cercanas.

Sarmiento (2010). Existen diferentes tipos de caliza que varían en apariencia y dureza, pero prácticamente todas pueden utilizarse en la manufactura de cemento. El único caso en que no pueden ser empleadas, es cuando tienen cantidades grandes de magnesio, pues si el cemento contiene más del límite permitido, se presentarán cambios volumétricos en la pasta de cemento endurecida, que ocasionarán fisuramiento y desmejoramiento de las propiedades mecánicas. Las materias primas se deben moler finamente, mezclar minuciosamente en una cierta proporción y calcinar en un horno rotatorio a una temperatura de aproximadamente 1400°C allí el material se sintetiza y se funde parcialmente, formando el Clinker. Este se enfría y se tritura hasta obtener un polvo fino el cual es mezclado con yeso para obtener como producto final el cemento Pórtland.

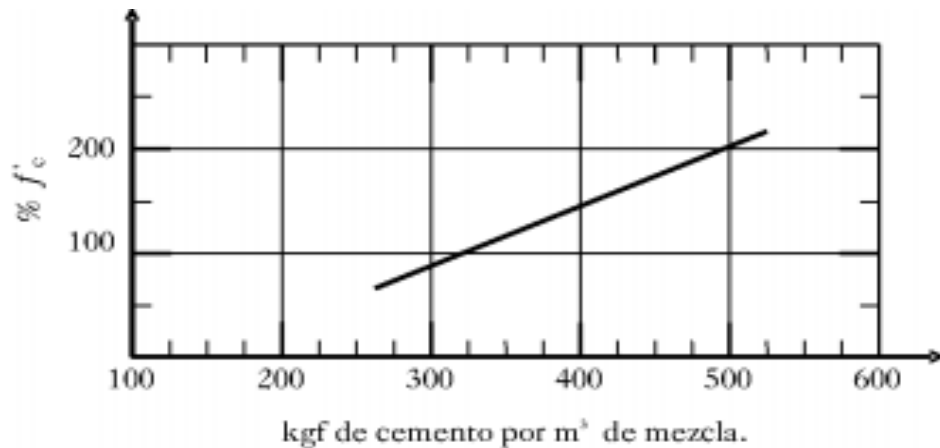


Figura 9: Contenido de cemento en la resistencia del concreto

Fuente. Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezclas, Nino (2010).

Composición del cemento portland. Luego del proceso de formación del Clinker y molienda final, se obtienen los siguientes compuestos establecidos por primera vez por Le Chatelier en 1852, y que son los que definen el comportamiento del cemento hidratado. Carbajal (1993).

Silicato Tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{S} \rightarrow$ Alita). Define la resistencia inicial (en la primera semana) y tiene mucha importancia en el calor de hidratación. Carbajal (1993).

Silicato Dicálcico ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{S} \rightarrow$ Belita). Define la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación. Carbajal (1993).

Aluminato Tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_3\text{A}$). Aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia, pero con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso (3% - 6%) para controlarlo. Es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce Sulfoaluminatos con propiedades expansivas, por lo que hay que limitar su contenido. Carbajal (1993).

Alumino-Ferrito Tetracálcico ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_4\text{AF}$ -- Celita). Tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación. Carbajal (1993).

Oxido de Magnesio (MgO). Tienen importancia para casos especiales de reacciones químicas con ciertos agregados, y los solubles en agua contribuyen a producir eflorescencias con agregados calcáreos. Carbajal (1993).

Óxidos de Potasio y Sodio (K_2O , $\text{Na}_2\text{O} \rightarrow$ Alcalis). Tienen importancia para casos especiales de reacciones químicas con ciertos agregados, y los solubles en agua contribuyen a producir eflorescencias con agregados calcáreos. Carbajal (1993).

Óxidos de Potasio y Sodio (K_2O , $\text{Na}_2\text{O} \rightarrow$ Alcalis). El primero no tiene significación especial en las propiedades del cemento, salvo en su coloración, que tiende a ser marrón si se tienen contenidos mayores del 3%. Se ha observado que en casos donde los contenidos superan el 5% se obtiene disminución de resistencia a largo plazo. El segundo influye en la resistencia, reduciéndola para contenidos superiores a 5%. Para contenidos menores, no tiene mayor trascendencia. De los compuestos mencionados, los silicatos y aluminatos constituyen los componentes mayores, pero no necesariamente los más trascendentes, pues como veremos posteriormente algunos de los componentes menores tienen mucha importancia para ciertas condiciones de uso de los cementos. Carbajal (1993)

Clases de cemento

Tipo 1: “Para hacer hormigones de uso general en la construcción, tiene una amplia aplicación en la elaboración de pastas y lechadas de inyección, morteros de albañilería, morteros de mampostería, hormigones simples y reforzados, y obras de hormigón en general” Awad (2007).

Tipo 2: “Para empleo cuando se desea un bajo calor de hidratación, como es el caso de masas de hormigón, estribos de puentes y grandes muros de contención” Awad (2007).

Tipo 3: “Es un cemento de uso estructural a temprana edad, su aplicación es especialmente recomendada en la producción de hormigones de alta resistencia inicial, sin el uso de aditivos acelerantes. Sin embargo, también es ampliamente recomendado en la elaboración de hormigones de alto desempeño, como aquellos de más de 420 kgf / cm² de resistencia final a la compresión” Awad (2007).

Tipo 4: “Para obras donde se requiera el empleo de hormigón en masa y en donde se requiera un bajo calor de hidratación” Awad (2007).

Tipo 5: Para obras donde se requiera alta resistencia al ataque químico, bajo calor de hidratación y en donde no se requieran altas resistencias iniciales. Es el cemento especial para obras marítimas, hormigones en contacto con suelos que contengan sulfatos y en la construcción de grandes masas de hormigón. En Colombia se fabrican los cementos tipo 1 y tipo 3, los otros se producen bajo pedido especial. Awad (2007).

Propiedades del cemento

Al estudiar las propiedades del cemento, se puede comprender algunos aspectos de sus ventajas como material cementante; estas características son químicas, físicas y mecánicas y dependen del estado en el que se encuentren. Niño (2010).

Tabla 5: Composición química de los cementos

Tipo	1	2	3	4	5
Silicato tricálcico	50	42	60	26	40
Silicato dicálcico	24	33	13	50	40
Aluminato tricálcico	11	5	9	5	4
Aluminoferrita tetracálcica	8	13	8	12	9
Finura (Wagner) - gr/cm ³	1,800	1,800	2,600	1,900	1,900

Fuente: Hormigón armado. Awad (2007)

Propiedades químicas

Niño (2010). Afirma: “El proceso de clinkerización del cemento involucra la transformación de las materias primas a productos más complejos, por medio de reacciones en estado sólido. Razón por la cual, la química del cemento frecuentemente emplea un modelo basado en abreviaturas para las fórmulas

químicas de los óxidos más frecuentes, tal como se ilustra en la tabla 8. Los cuatro compuestos principales del cemento se forman a partir de estos óxidos, son los que se enumeran en la tabla 9”.

Tabla 5: Abreviatura de los óxidos del cemento

Fórmula	Nombre	Abreviatura
CaO	Óxido de Calcio "Cal"	A
SiO	Dióxido de Sílice "Silicato"	S
Al ₂ O ₃	Óxido de Aluminio "Aluminato"	A
Fe ₂ O ₃	Óxido de Hierro "Hierro"	F

Fuente. Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezclas, por Niño (2010).

Tabla 7: Compuestos principales del cemento

Nombre	Abreviatura
Silicato tricálcico	C3S
Silicato didálcico	C2S
Aluminato tricálcico	C3A
Ferroaluminato tetracálcico	C4Af

Fuente. Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezclas Niño (2010).

Estas composiciones, llamadas potenciales, no se presentan aisladas. Se puede hablar de que las “fases” que las contienen en una gran proporción junto con algunas impurezas, por lo cual no son verdaderos compuestos en el sentido químico, pero las proporciones calculadas de ellos revelan valiosa información, en cuanto a las propiedades del cemento. Niño (2010).

2.3.8 Agregados

“Sabemos que el concreto está conformado por una pasta de cemento y agua en la cual se encuentra embebidas partículas de un material conocido como agregado, el cuál ocupa aproximadamente el 65% al 80% del volumen de la unidad cúbica de concreto” Rivva (2000).

Carbajal (1998). “Se definen los agregados como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente”.

El agregado es el componente más abundante del concreto, por lo general representa más del 70% del material en un metro cúbico, lo que hace que el concreto sea un material de construcción económico. Niño (2010).

2.3.9 Clasificación

Rivva (2000). Clasifica a las partículas de agregado carentes de estabilidad de volumen comprendidas en dos categorías:

Aquellas en las que la desintegración del concreto resulta de fallas de las partículas de agregado para mantener su integridad, lo que da lugar a que las partículas se rompan en numerosas piezas menores. El deterioro se evidencia principalmente por el descascaramiento superficial. Es el caso de las areniscas blandas.

Aquellas que se expanden en forma destructiva en el concreto. Estas, cuando congelan en condición saturada, incrementan en volumen con suficiente presión como para causar desintegración del concreto. Es el caso de las calizas que contienen arcillas expansivas.

Agregados Naturales

“Están formados por procesos geológicos naturales que han tenido lugar en la tierra durante miles de años, y han sido extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su uso en la producción de hormigón”

“Estos agregados son los de uso más frecuente a nivel mundial y particularmente en nuestro país por su amplia disponibilidad tanto en calidad como en cantidad, lo que los hace ideales para producir concreto” (p.70).

Agregados artificiales

Proviene del proceso de conversión de materiales naturales y proporcionan productos secundarios con tratamiento adicional; puede utilizarse para la producción de concreto; el potencial de uso de estos materiales es muy amplio, en la medida que se van investigando y desarrollando otros materiales y sus aplicaciones en concreto, por lo que a nivel mundial hay una tendencia muy marcada hacia progresar en este sentido.

Tabla 6: Clasificación de los agregados pétreos según su tamaño

Tamaño de las partículas en mm (Tamiz)	Denominación corriente	Clasificación como agregado para concreto
<0.002	Arcilla	
0.002 - 0.074 (N°200)	Limo	Fracción muy alta
0.075 - 4.76 (N°200) - (N°4)	Arena	Agregado fino
4.76 - 19.1 (N°.4) - (3/4")	Gravilla	
19.1 - 50.8 (3/4") - (2")	Grava	
50.8 - 152.4 (2") - (6")	Piedra	Agregado grueso
> 152.4 (6")	Rajón Piedra bola	

Fuente. Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezclas. Niño (2010).

Propiedades físicas

Las propiedades físicas son más importantes en el comportamiento mecánico de las mezclas de concreto, porque de ellas dependen la resistencia y la durabilidad de la mezcla en estado endurecido; estas características son: tamaño de partícula, la densidad, porosidad, unidad de masa, forma y textura de las partículas. Romero y Hernández (2014)

Carbajal (1998). “En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad, y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra denominar granulometría o gradación”

Propiedades químicas

El uso de piedra en la construcción requiere evaluación de parámetros químicos para evitar reacciones en la calidad del hormigón. Por ejemplo, evitar sustancias corrosivas y componentes geológicos o minerales reactivos, como sílice amorfa. Romero y Hernández (2014).

Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas permiten diferenciar los materiales que componen la mezcla; ya sea por su composición, estructura o comportamiento, cuando estos reaccionan a efectos físicos y químicos. Las propiedades mecánicas describen los comportamientos de dureza, resistencia, tenacidad y adherencia de los materiales pétreos. Romero y Hernández (2014)

Propiedades térmicas

Regulan el comportamiento de los agregados antes de que afecte cambio de temperatura. Estos atributos son importantes en el concreto, debido al calor de hidratación generado por el cemento, Además de los cambios térmicos ambientales, también actúan sobre los agregados provocando dilatación, expansión, retención o pérdida térmica, dependiendo de las circunstancias. Carbajal (1998).

Análisis granulométrico

Tomando en cuenta que se ha mencionado la forma irregular mente geométrica de las partículas de los agregados.

Carbajal (1998). Como sería sumamente difícil medir el volumen de los diferentes tamaños de partículas, se usa una manera indirecta, cual es tamizarlas por una serie de mallas de aberturas conocidas y pesar los materiales retenidos refiriéndolos en % con respecto al peso total; a esto es lo que se denomina análisis granulométrico o granulometría, que es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños.

Tabla 7: Clasificación de los agregados

Clasificación del agregado	Masa unitaria aproximada (kg/m ³)		Variedades más comunes de agregados	Ejemplos de uso
	Agregado	Concreto		
LIVIANO	480 - 1300	13 - 100 500 - 1350	Pizarras expandidas, escoria, arcilla Arena, grava, piedra	Concretos livianos estructurales
NORMAL	1300 - 2000	2000 - 2500	triturada, clinker, escoria de fundición Barrita, limonita, magnetita, limadura de acero, hematita	Obras en concreto en general, arena, grava, piedra Concreto para macizos de anclaje, para protección contraradiaciones, etc.
PESADO	2000 - 5600	> 2500		

Fuente. Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezclas.

Niño (2010)

Relación agua-cemento

El factor más importante que afecta la resistencia del hormigón es la relación agua/cemento. Produce la hidratación completa de todo el cemento es necesario emplear una relación agua/cemento de 0.25 (por peso), una relación adicional y mayor de 0.1 el hormigón necesita tener una trabajabilidad adecuada, lo cual se obtiene para relaciones a/c superiores a 0.50. Awad (2007).

En la práctica de la ingeniería, se supone que la resistencia del hormigón a una cierta edad y la resistencia a la solidificación en agua a una temperatura específica dependen principalmente de dos factores: la relación agua/cemento y el grado de compactación. Neville (1977).

2.4 American Society for Testing and Materials (ASTM)

La organización fue fundada el 29 de febrero de 1898, como la sección Estadounidense de la Asociación Internacional para el Ensayo y Materiales (ASTM) por iniciativa de Charles Dudley, entonces responsable del control de calidad de Pennsylvania Railroad, quien tuvo la iniciativa de hacer que los hasta entonces ferrocarriles rivales y las fundiciones de acero coordinaran sus controles de calidad, ya que el problema que enfrentaba la creciente industria del ferrocarril era la frecuente rotura de los rieles utilizados.

Es una organización creadora de normas internacionales que investiga y publica acuerdos de normas técnicas para la mejora de materiales, productos y servicios.

ASTM C33 – 03

En esta norma se define los requerimientos de granulometría y la calidad de los agregados, ya sean finos o gruesos para ser usados en la elaboración del concreto. Esta especificación es para ser usada en la especialización de proyectos para definir la calidad de los agregados, tamaño nominal máximo y otros requerimientos de granulometría; los valores establecidos son en unidades SI, esta especificación es

adecuada para asegurar satisfactoriamente los materiales para la mayoría de concretos. Norma ASTM C33 (2003)

ASTM C50/C50M – 13

En esta especificación se cubren los procedimientos para la recolección de muestras de productos de piedra caliza para su uso en pruebas físicas y químicas; así mismo cubre la inspección, el rechazo, reevaluación, de dicho producto. Los valores están en unidades SI o en unidades pulgada - libra. Norma ASTM C50 (2013)

ASTM C136/C136M – 19

La norma ASTM C136 es un método de prueba que estudia a la partícula, distribución de los tamaños de los agregados finos y gruesos por tamizado; este método que se utiliza principalmente por los constructores y por los que trabajan en la industria de la construcción como una forma de determinar la clasificación de los materiales antes de que se utilicen en los agregados industriales. Los datos recogidos por este método también son útiles para el desarrollo de relaciones con respecto a la porosidad y el embalaje. La norma ASTM C136 sólo puede determinar con precisión el material hasta una finura de 75 micras (núm. 200). Algo más allá de este nivel tamiz sólo puede determinarse por una mezcla de la norma ASTM C136 y el método ASTM 117, que utiliza el lavado. Norma ASTM C136 (2019)

ASTM C568/C568M - 10

En esta especificación se cubre las características del material, requisitos físicos y muestreo apropiado para la selección de piedra caliza para propósitos generales de construcción y estructurales; los valores están indicados en unidades SI o en unidades de pulgada – libra. La piedra caliza suministrada bajo esta especificación se analizará en sus requisitos físicos como son: absorción por peso, densidad, resistencia a la compresión módulo de ruptura mínimo, resistencia a la abrasión; la piedra caliza debe ser sólida, duradera y libre de astillas, grietas, uniones abiertas, hoyos u otros efectos que puedan afectar su integridad estructural en el uso previsto. Norma ASTM C568 (2008)

2.5 American Concrete Institute (ACI)

Es una organización sin ánimo de lucro de los Estados Unidos de América que desarrolla estándares, normas y recomendaciones técnicas con referencia al hormigón reforzado. Se fundó en 1904 y su sede central se halla en Farmington Hills, Michigan, USA.

ACI 318

El código de requisitos de edificación para hormigón de estructura (ACI 318) proporciona: “Unos requisitos mínimos para el diseño y construcción de estructuras de partes de hormigón de cualquier estructura levantada bajo los requisitos de un código de edificación general que lo incorpore. Esto fue emitido por el Instituto Americano del Concreto.”

2.6 Definición de términos básicos

Piedra caliza triturada lavada

Es un agregado pétreo compuesto por sulfato cálcico que al ser triturado se forma su textura prismática, lo cual se tiene una mejor adherencia debido a su forma, al lavarlo el agregado se eliminara las partículas finas. (Monteiro (1998).

Propiedades físicas

Las propiedades físicas tienen una mayor importancia en el comportamiento mecánico de las mezclas de diseño tales como la granulometría o gradación, densidad, porosidad, masa unitaria, forma y textura de las partículas. Hernández (2010).

Propiedades mecánicas

Es un agregado pétreo compuesto por sulfato cálcico que al ser triturado se forma su textura prismática, lo cual se tiene una mejor adherencia debido a su forma, al lavarlo el agregado se eliminara las partículas finas. Hernández (2010).

Mortero

Es la mezcla de pasta y agregado fino cuya la función principal es dar soporte y adherencia a la unidad de mampostería, si actúa como elemento integral en el montaje, puede lograr este propósito con características conductuales deseadas. Además de afectar las propiedades estructurales de la mampostería, el mortero también está diseñado para reducir la permeabilidad. Hernández (2010).

Cemento

El término cemento se utiliza para designar cualquier sustancia con propiedades adhesivas; estas propiedades dependen de su composición química, el grado de hidratación, la finura de las partículas, la velocidad del fraguado, el calor de hidratación y la resistencia mecánica que es capaz de desarrollar. Awad (2007).

Concreto

El término se refiere: “A una mezcla de mortero y agregado grueso (grava). Algunos países de habla hispana también lo llaman hormigón”. Hernández (2010).

Agregados

Los agregados granulares, artificiales o naturales, se clasifican en agregado fino y grueso. Proviene de rocas, pero también se utilizan rocas artificiales; el agregado se considera una especie de relleno mixto, que puede controlar el cambio de volumen en la pasta y afectar muchas propiedades del hormigón. El agregado debe cumplir con los requisitos de la norma NTP 400.037 y complementará las especificaciones de trabajo. Rivva (2007).

2.7 Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis

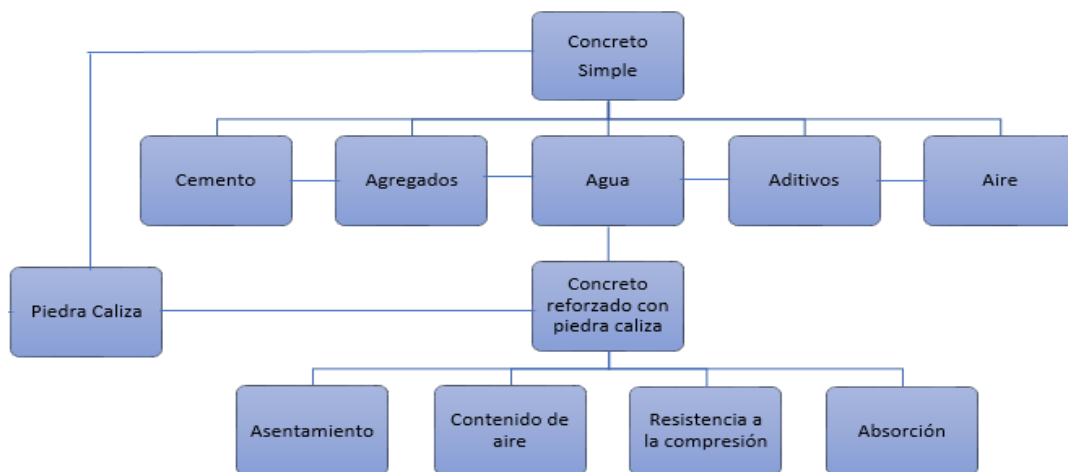


Figura 10: Composición del concreto

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

Al determinar Óptima dosificación de piedra caliza triturada se mejora las propiedades mecánicas del concreto estructural.

3.1.2 Hipótesis específicas

- a) Al determinar la óptima dosificación de piedra caliza triturada se mejora la resistencia a la compresión del concreto estructural.
- b) Al determinar la óptima dosificación de piedra caliza triturada se mejora la resistencia a la flexión del concreto estructural.
- c) Al determinar la óptima dosificación de piedra caliza triturada de acuerdo a la relación agua/cemento se mejora la resistencia de las propiedades mecánicas del concreto estructural.
- d) Al determinar el óptimo porcentaje de absorción de piedra caliza triturada de acuerdo a la relación agua/cemento se mejora la resistencia de las propiedades mecánicas del concreto estructural.

3.2 Variables

3.2.1 Variables independientes

Piedra caliza triturada

3.2.2 Variables dependientes

Para mejorar las propiedades mecánicas del concreto estructural

3.2.3 Variables intervinientes

Mezcla y tipo de estructura.

3.3 Sistema de variables

3.3.1 Definición conceptual

Piedra Caliza

Es un agregado pétreo compuesto por sulfato cálcico que al ser triturado se forma su textura prismática, lo cual se tiene una mejor adherencia debido a su forma, al lavarlo el agregado se eliminara las partículas finas. Monteiro (1998)

Propiedades mecánicas

Es un agregado pétreo compuesto por sulfato cálcico que al ser triturado se forma su textura prismática, lo cual se tiene una mejor adherencia debido a su forma, al lavarlo el agregado se eliminara las partículas finas. Hernández (2010).

3.3.2 Definición operacional

Tabla 8: Operacionalización de las variables

Variables independientes		Variables dependientes	
Piedra caliza triturada		Propiedades físico-mecánicas del concreto	
Indicadores	Índices	Indicadores	Índices
Porcentaje de piedra caliza triturada	Granulometría	Tamaño máximo del agregado	Manejabilidad
		Contenido de aire del agregado	Transportabilidad
			Colocación
		Fuerza axial	Plasticidad
			Viscosidad
			Segregación
		Porosidad	Compresión
			Tracción
			Flexión
		Acción de químicos	
		Desgastes	

Fuente. Elaboración propia

3.3.3 Operacionalización de la variable

Tabla 9: Operacionalización de la variable

VARIABLES	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Índices	Unidad de medida	Escala	Instrumento
"Piedra caliza triturada"	Piedra sedimentaria no clástica, compuesta por componentes mineralógicos de calcita de textura cristalina con estructura de estratificación masiva. Los agregados de piedra caliza presentan una amplia variabilidad en sus características de acuerdo a las condiciones geológicas en las que se sedimentaron. Hernández (2010).	La interacción química entre esta roca y la pasta de cemento puede conducir en un incremento en la fuerza de adherencia (Tasong 1999). Las resistencias obtenidas pueden incrementarse usando en la producción de los concretos piedra caliza más densa con bajos coeficientes de desgaste (Alaejos y Fernández 1996).	Agregado formados bajo altas presiones	Porcentaje de piedra caliza triturada	Granulometría	%	Cuantitativo continuo	Formato de laboratorio

"Propiedades mecánicas del concreto"	Están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas del cemento, agua y agregados, es por ello la importancia de usar un cemento adecuado, agua y agregados de calidad. Hernández (2010).	Es una "masa" blanda y puede ser trabajado y moldeado en diferentes formas. Y así conservarse durante la colocación y compactación.	Fresco (físicas)	Asentamiento	Manejarse	a/c	Adm.	
					Transportarse	Tiempo (h)	Cuantitativo continuo	
					Colocarse	Slump (")		
					Plasticidad	a/c		
				Absorción	Viscosidad	Módulo de Fineza	Adim.	Formato de laboratorio
					Segregación	Peso específico		
					Compresión	kg/cm ²		
				Resistencia	Tracción	kg/cm ²	Cuantitativo continuo	
					Flexión	kg/cm ²		
					Interperismo	ppm		
	Contenido de aire	Acción de químicos	ppm					
		Desgastes	carga (ton)					

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es un estudio documental, bibliográfica y descriptiva. Es documental/bibliográfica porque se apoya en un marco teórico-técnico a partir de artículos científicos, investigaciones que involucran las variables en estudio, especificaciones técnicas, entre otros; basados en distintas normas utilizadas por los especialistas e investigadores acerca del comportamiento del hormigón con aditivos y/o adiciones en el estado fresco y/o endurecido, obteniendo información relevante y fidedigna. En el estudio efectuado por Chavarry, Chavarría, Valencia, Pereyra, Arieta y Rengifo (2020), reforzaron un hormigón mediante la incorporación de vidrio molido para controlar la contracción plástica. “El método empleado fue el deductivo, orientación aplicada, enfoque cuantitativo y como instrumento de recolección de datos retroactivo, de tipo de investigación descriptivo, correlacional y explicativo. Utilizaron un diseño experimental, longitudinal, prospectivo y es una investigación causal dado que estudia la relación entre la variable independiente incorporación de vidrio molido (causa) y variable la variable dependiente la contracción plástica (efecto). Su objetivo es conocer el efecto positivo o negativo que puede producir un cambio inesperado entre las variables”. Chavarry et al (2020).

4.1 Método de investigación

El método de la investigación es de tipo cuantitativo debido a que se analizó cuadros estadísticos, cálculos y gráficos para analizar los resultados y poder contrastar las hipótesis planteadas; así mismo el método es deductivo ya que debido a la información recopilada se tiene la orientación aplicada a demostrar que mejoran las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural de acuerdo a la variable independiente.

4.2 Tipo de investigación

La investigación es descriptiva porque a partir de una problemática se explica y se plantea una solución basada en las fuentes en referencia, fuentes documentales que además correlaciona las variables ya que las propiedades físico-mecánicas dependen de la incorporación de la piedra caliza triturada como agregado grueso.

4.3 Nivel de investigación

La investigación tiene como nivel descriptivo ya que permite estudiar las variables, describiendo y posteriormente cuantificando cada una de ellas, mediante el estudio de las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural.

4.4 Diseño de investigación

El propósito de estudio la investigación se clasifica como experimental porque se hace uso de datos; es decir, se va a cuestionar la proporción de agregado de piedra caliza en investigaciones precedentes.

Según la cronología de las observaciones, son de carácter retrospectivo porque se cuenta con los datos ya recogidos anteriormente, es estudio de diseño es de causa – efecto.

4.5 Población y muestra

4.5.1 Población

La población del estudio de investigación fue la cantidad de resultados de ensayos de laboratorios obtenidos en los artículos y tesis tanto nacionales como internacionales.

Eroshkina y Korovkin (2020) menciona que la población del presente proyecto será el conjunto de 4 testigos como se muestra en la Tabla 12, utilizando un diseño de mezcla para realizar de la piedra caliza triturada, el cual será la población adoptada. Anticipadamente serán procesados, tal como lo refiere las normas vigentes.

Qasrawi et al (2020) menciona que la población del presente proyecto será el conjunto de 4 ensayos, utiliza un diseño de mezcla para realizar la unión de la piedra caliza triturada

4.5.2 Muestra

El tipo de muestreo es no probabilístico, siendo la muestra seleccionada por conveniencia aleatoriamente y bajo criterio del investigador.

La muestra seleccionada por este método intenta ser representativas bajo los criterios dictados por el Instituto Americano de Concreto (ACI), establece en el apartado 318- 08, sobre los requisitos para concreto estructural que

solo es necesario 2 probetas de concreto de 15cm x 30 cm o 3 probetas de 10cm x 20cm.

Es por ello que se conformarán 3 probetas por nivel de estudio y por variable



Figura 11: Molde para ensayar a compresión

Fuente: Elaboración Propia

4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la información consultada se recopiló la información respectiva de acuerdo a los ensayos que se realizó en cada laboratorio, así como también se hizo el uso de instrumentos como normas, artículos científicos, especificaciones técnicas y libros para obtener resultados idóneos los cuales serán utilizados para la presente investigación.

Actualmente las mejores herramientas accesibles son los motores de búsqueda académicos y repositorios universitarios nacionales como internacionales.

4.7 Instrumento de recolección de datos

Para la recolección de datos se ha usado artículos, libros e investigaciones pasadas que permiten recopilar datos para el desarrollo de la presente investigación.

4.8 Métodos y técnicas

Para el desarrollo de la presente investigación se analizó los datos obtenidos en las bibliografías consultadas, dichos datos permiten evaluar y comparar diseños de mezcla para poder refutar las hipótesis.

4.9 Descripción de procedimientos de análisis

Según las investigaciones consultadas se hicieron uso de los resultados y comentarios para posteriormente conocer los beneficios que pueda proporcionar la

piedra caliza triturada como agregado grueso para una mejora en las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural.

Para el procesamiento de datos recolectados se utilizó como herramienta el software Microsoft Excel 2018, con el cuál se desarrollaron cuadros comparativos para posteriormente analizar los resultados en relación con las propiedades analizadas.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Análisis e interpretación de los resultados

5.1.1 Determinar la óptima dosificación para mejorar la resistencia de la piedra caliza triturada

Determinar la óptima dosificación de piedra caliza triturada para mejorar la resistencia a la compresión del concreto estructural

Eroshkina y Korovkin (2020)

- Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del hormigón sustentan el uso de piedra caliza triturada y chatarra de hormigón como agregado grueso de hormigón geopolímero.
- Ensayos realizados y cantidad Óptima de piedra caliza triturada: ver en la Tabla 12.

Tabla 12: Cantidad de piedra caliza triturada

Muestra	Cantidad Piedra caliza triturada (kg/m ³)
Ensayo 1	1106
Ensayo 2	1080
Ensayo 3	1055
Ensayo 4	1032

Fuente: Eroshkina y Korovkin (2020)

- El diseño de mezcla se realizado con los agregados cemento, agua, agregados finos, con una relacion agua/cemento 0.5 y con una absorcion de agua de 3.4% para la piedra caliza triturada.
- Resistencia a la compresion: ver en la Tabla 13.

Tabla 10: Resistencia de piedra caliza triturada

Muestra	Resistencia a la compresión piedra caliza (kg/cm ²)
Ensayo 1	571
Ensayo 2	540
Ensayo 3	530
Ensayo 4	520

Fuente: Eroshkina y Korovkin (2020)

- Las razones para aumentar la resistencia son una mayor rugosidad de la piedra caliza y la adherencia del cemento y geopolímero a la superficie de la piedra caliza
- La mayor resistencia del hormigón hecho con agregado de piedra caliza o desechos de hormigón se puede explicar por una mayor fluencia de estos
- Resultado de ensayo experimental: ver en la Tabla 14 y Figura 12.

Tabla 11: Resistencia a la compresión (kg/cm²) vs Óptima dosificación de piedra caliza (kg/m³)

Ensayos	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Piedra caliza (kg/m ³)
Ensayo 1	571	1106
Ensayo 2	540	1080
Ensayo 3	530	1055
Ensayo 4	520	1032

Fuente: Elaboración Propia

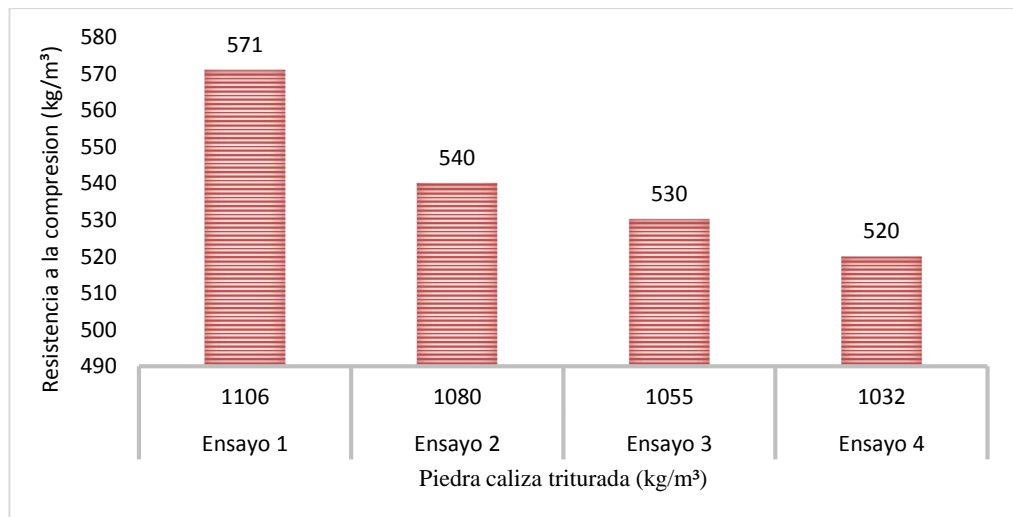


Figura 12: Resistencia a la compresión (kg/cm²) vs Óptima dosificación de piedra caliza (kg/m³)

Fuente: Elaboración Propia

Qasrawi et al (2020)

- En la investigación se utilizan agregados triturados de piedra caliza natural, Los agregados se dividieron primero en agregados de un solo tamaño de acuerdo con ASTM C136.
- Ensayos realizados y cantidad Óptima de piedra caliza triturada: ver en la Tabla 15.

Tabla 12: Ensayos realizados y cantidad Óptima de piedra caliza(kg/m³)

Ensayo 1 = 710.44	Ensayo 1A = 535.44
Ensayo 2 = 735.46	Ensayo 2A= 550.46
Ensayo 3 = 755.49	Ensayo 3A= 565.49
Ensayo 1B = 355.44	Ensayo 1C=180.44
Ensayo 2B = 370.46	Ensayo 2C= 185.46
Ensayo 3B = 380.49	Ensayo 3C=190.49

Fuente: Elaboración Propia

- El diseño de mezcla se realizó con los agregados cemento, agua, agregados finos y agregados grueso, con una relación diferente de agua/cemento para cada ensayo, 0.40, 0.38, 0.34, 0.40,

0.38, 0.34, 0.40, 0.38, 0.34, 0.40, 0.38, 0.34, 0.34, 0.40, 0.38, 0.34, con un porcentaje de absorcion 1.67%

- Resistencia a la compresion: ver en la Tabla 16.

Tabla 13: Ensayo de resistencia a la compresión (kg/m²)

Ensayo 1 = 525	Ensayo 1A = 546
Ensayo 2 = 547	Ensayo 2A= 572
Ensayo 3 = 593	Ensayo 3A= 610
Ensayo 1B= 571	Ensayo 1C=560
Ensayo 2B= 604	Ensayo 2C= 582
Ensayo 3B= 624	Ensayo 3C=607

Fuente: Elaboración Propia

- Los agregados se dividieron primero en agregados de un solo tamaño de acuerdo con ASTM C136. La clasificación final de todos los agregados se obtuvo combinando varios tamaños para llegar a una clasificación aceptada por las normas ASTM y BS.
- La mayor resistencia del hormigón hecho con agregado de piedra caliza o desechos de hormigón se puede explicar por una mayor fluencia de estos, ver en la tabla 17 y Figura 13.

Tabla 14: Resistencia a la compresión vs Óptima dosificación de piedra caliza

Diseño de Mezcla	Piedra caliza (kg/m ³)	Resistencia a la compresión (kg/m ²)
Mezcla 1 (100%)	710.44	525
Mezcla 2(100%)	735.46	547
Mezcla 3(75%)	755.49	592
Mezcla 1A (75%)	535.44	546
Mezcla 2A (75%)	550.46	572
Mezcla 3A (75%)	565.49	611
Mezcla 1B (50%)	355.44	571
Mezcla 2B (50%)	370.46	604
Mezcla 3B (50%)	380.49	624
Mezcla 1C (25%)	180.44	561
Mezcla 2C (25%)	185.46	582
Mezcla 3C (25%)	190.49	607

Fuente: Elaboración Propia

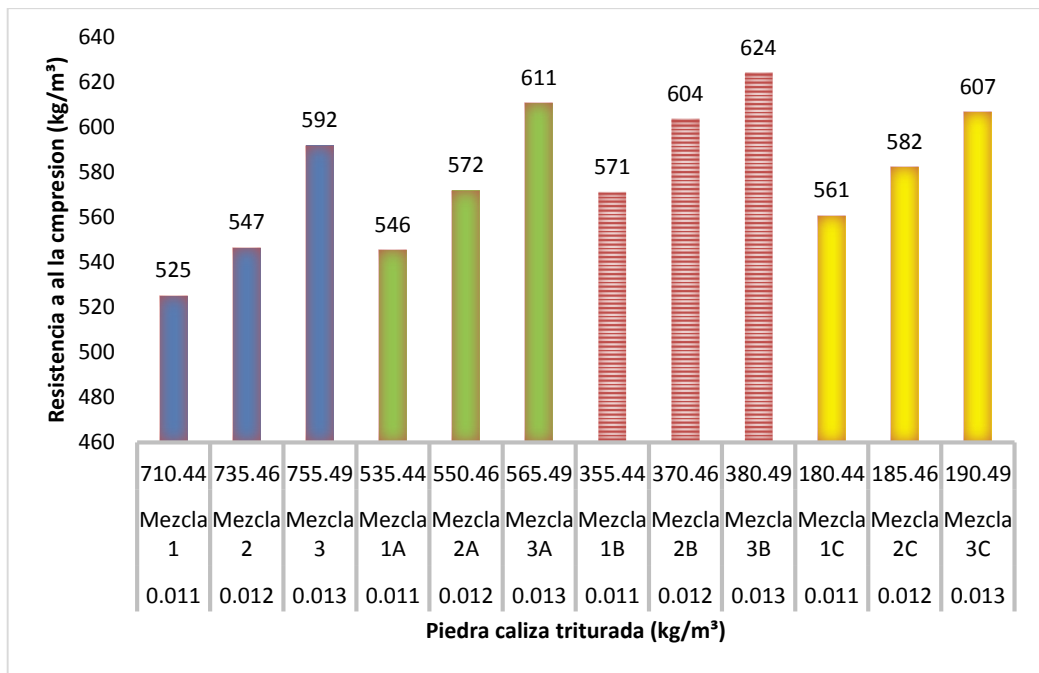


Figura 13: Resistencia a la compresión vs Óptima dosificación de piedra caliza triturada

Fuente: Elaboración Propia

Adnan. (2018)

- Este artículo presenta un trabajo experimental realizado para estudiar las propiedades del concreto que incorpora (0-100)% de caliza triturada (CLS) como reemplazo parcial del agregado grueso.
- La resistencia a la compresión (CS) y la resistencia a la flexión (FS) se evaluaron para las muestras endurecidas después de de 28 días
- Ensayos realizados y cantidad Óptima de piedra caliza triturada:
 - RF1= 0. kg/m²
 - CLS25= 256 kg/m²
 - CLS50= 512 kg/m²
 - CLS75= 768 kg/m²
 - CLS100= 1025 kg/m²
- El diseño de mezcla se realizado con los agregados cemento, agua, agregados finos y agregados grueso, con una relacion

agua/cemento 0.46, 0,47, 0.47, 0.50, 0.52, y con una absorcion de agua de 3.70%,5.39%, 5.74%, 5.62%, 6.44%

- Resistencia a la compresion:
 - RF1= 200 kg/m²
 - CLS25= 220 kg/m²
 - CLS50= 238 kg/m²
 - CLS75= 279 kg/m²
 - CLS100-8HRM= 342 kg/m²
- De acuerdo con los resultados de este estudio, se puede concluir que la piedra caliza triturada gruesa provocó reducir tanto la resistencia a la compresión como la resistencia a la flexión en el hormigón. Esa reducción en la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión fue de hasta un 30%, ver en la Tabla 18 y Figura 14.
- El rendimiento de las mezclas que incorporan piedra caliza triturada, también hizo que se mejoraran la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión hasta en un 21%.

Tabla 15: Resistencia a la compresión(kg/m³) vs Óptima dosificación de piedra caliza

Diseño de Mezcla	Resistencia a la compresión (kg/m ³)	Piedra caliza (kg/m ²)
RF1	200	0
CLS25	220	256
CLS50	239	512
CLS75	279	768
CLS100	342	1025

Fuente: Elaboración Propia

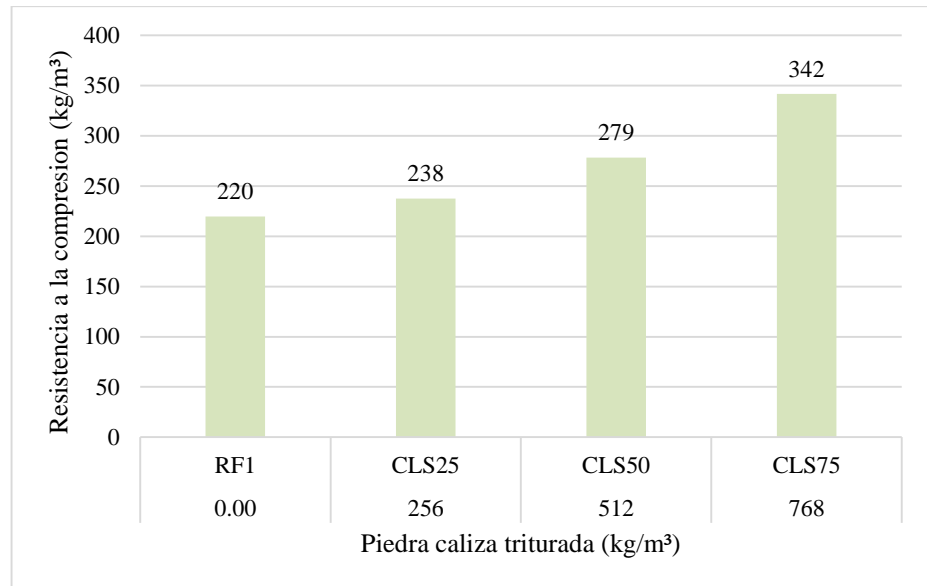


Figura 14: Resistencia a la compresión (kg/m³) vs Óptima dosificación de piedra caliza (kg/m³)

Fuente: Elaboración Propia

P. Rattanachua et al (2018)

- La piedra caliza triturada se reemplazó con agregado de concreto 100% reciclado (RCA) y la ceniza de bagazo molido (GBA) se usó para reemplazar parcialmente.
- Ensayos realizados y cantidad Óptima de piedra caliza triturada:
 - Ensayo 1 = 990 kg/m³
 - Ensayo 2 = 990 kg/m³
 - Ensayo 3 = 990 kg/m³
- El diseño de mezcla se realizó con los agregados cemento, agua, agregados finos y agregados grueso, con una relación agua/cemento 0.3 y con una absorción de agua de 0.57% para la piedra caliza triturada.
- Resistencia a la compresión:
 - Ensayo 1 = 591 kg/cm²
 - Ensayo 2 = 642 kg/cm²

- Ensayo 3 = 704 kg/cm²

- El uso de reemplazo total de la piedra caliza triturada en el concreto resultó en un mayor volumen de espacio poroso permeable, menor densidad y menor resistencia a la penetración. Ver en la Tabla 19 y Figura 15.

Tabla 16: Resistencia a la compresión (kg/m³) vs Óptima dosificación de piedra caliza (kg/m²)

Diseño de Mezcla	Resistencia a la compresión (kg/m ³)	Piedra caliza (kg/m ²)
Ensayo 1	591	990
Ensayo 2	642	990
Ensayo 3	704	990

Fuente: Elaboración Propia

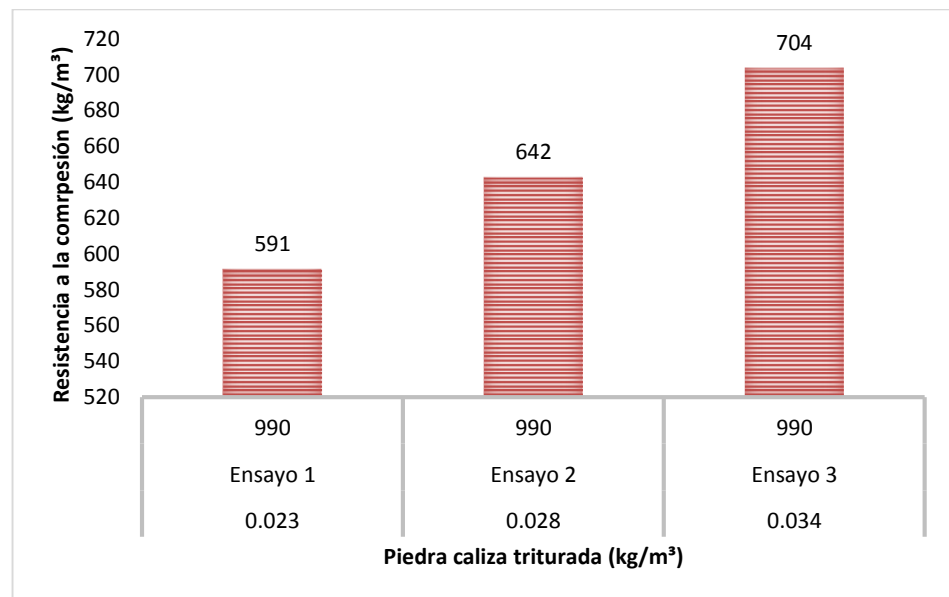


Figura 15: Resistencia a la compresión (kg/m³) vs Óptima dosificación de piedra caliza (kg/m²)

Fuente: Elaboración Propia

Brady et al. (2015)

- Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del hormigón sustentan el uso de

piedra caliza triturada y chatarra de hormigón como agregado grueso de hormigón geopolímero.

- El diseño de mezclas de hormigón se ha regido por los siguientes aspectos: La cantidad de cemento se ha mantenido constante para las tres mezclas correspondientes a un lote. Ver en la Tabla 20 y Figura 16.

Tabla 17: Cantidad Óptima de piedra caliza triturada (kg/m³)

Cantidad Óptima de la piedra caliza triturada (kg/m ³)		
SCC1= 160	SCC2= 150	SCC3= 130
SCC1-A= 150	SCC2-A= 140	SCC3-A= 120

Fuente: Elaboración Propia

- El diseño de mezcla se realizado con los agregados cemento, agua, agregados finos y agregados grueso, con una relacion agua/cemento 0.5 para todas las mezclas, Ver en la Tabla 21, 22 y Figura 16.
- Resistencia a la compresion:

Tabla 18: Ensayo y resistencia a la compresión (kg/m²)

Ensayos y resistencia a la compresión (kg/m ²)		
SCC1= 317	SCC2= 346	SCC3= 370
SCC1-A= 409	SCC2-A= 393	SCC3-A= 413

Fuente: Elaboración Propia

- La resistencia a la compresión del hormigón determinada experimentalmente está influenciada por los siguientes factores: la composición y propiedades de los materiales constituyentes, sus condiciones de almacenamiento y las condiciones de prueba. El mecanismo de rotura de las probetas de hormigón cargadas a compresión depende de las características estructurales y de la forma progresiva de rotura bajo tensiones máximas. Las grietas ocurridas se desarrollan alrededor de los agregados o alrededor de los huecos del cemento endurecido que actúan como algunos

obstáculos para la propagación de las grietas. En el caso del hormigón de alta resistencia, debido a la mayor resistencia del hormigón.

Tabla 19: Resistencia a la compresión (kg/m²) vs Óptima dosificación de piedra caliza (kg/m³)

Diseño de Mezcla	Piedra caliza (kg/m ³)	Resistencia a la compresión (kg/m ²)
SCC1	317.03	160
SCC1-A	409.21	150
SCC2	346.09	150
SCC2-A	393.81	140
SCC3	369.85	130
SCC3-A	413.39	120

Fuente: Elaboración Propia

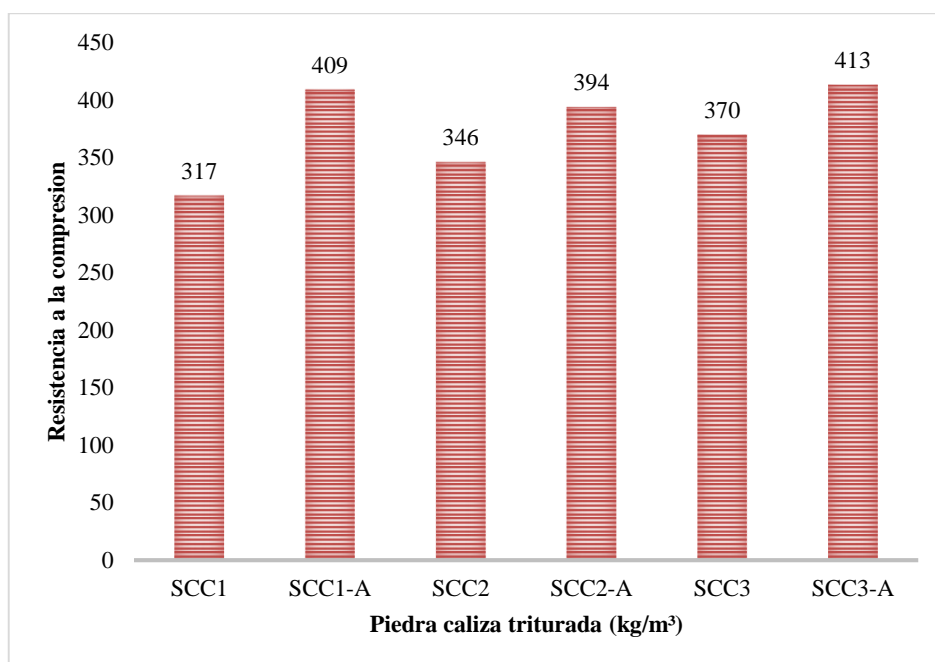


Figura 16: Resistencia a la compresión (kg/m²) vs Óptima dosificación de piedra caliza (kg/m³)

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2 Determinar la óptima dosificación para mejorar la resistencia a la flexión de la piedra caliza triturada

Eroshkina y Korovkin (2020)

- Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del hormigón sustentan el uso de piedra caliza triturada y chatarra de hormigón como agregado grueso de hormigón geopolímero.
- Ensayos realizados y cantidad Óptima de piedra caliza triturada:
 - Ensayo 1 = 1106 kg/m³
 - Ensayo 2 = 1080 kg/m³
 - Ensayo 3 = 1055 kg/m³
 - Ensayo 4 = 1032 kg/m³
- El diseño de mezcla se realizado con los agregados cemento, agua, agregados finos y agregados grueso, con una relacion agua/cemento 0.5 y con una absorcion de agua de 3.4% para la piedra caliza triturada.
- Resistencia a la flexion:
 - Ensayo 1 = 65 kg/cm²
 - Ensayo 2 = 72 kg/cm²
 - Ensayo 3 = 68 kg/cm²
 - Ensayo 4 = 69 kg/cm²
- Las razones para aumentar la resistencia son una mayor rugosidad de la piedra caliza y la adherencia del cemento y geopolímero a la superficie de la piedra caliza
- La mayor resistencia del hormigón hecho con agregado de piedra caliza o desechos de hormigón se puede explicar por una mayor fluencia de estos. Ver en la Tabla 23 y Figura 17.

Tabla 20: Resistencia a la flexión (kg/cm²) vs Óptima dosificación de piedra caliza triturada (kg/m³)

Diseño de Mezcla	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)	Piedra caliza (kg/m ³)
Ensayo 1	65	1106
Ensayo 2	72	1080
Ensayo 3	68	1055
Ensayo 4	69	1032

Fuente: Elaboración Propia

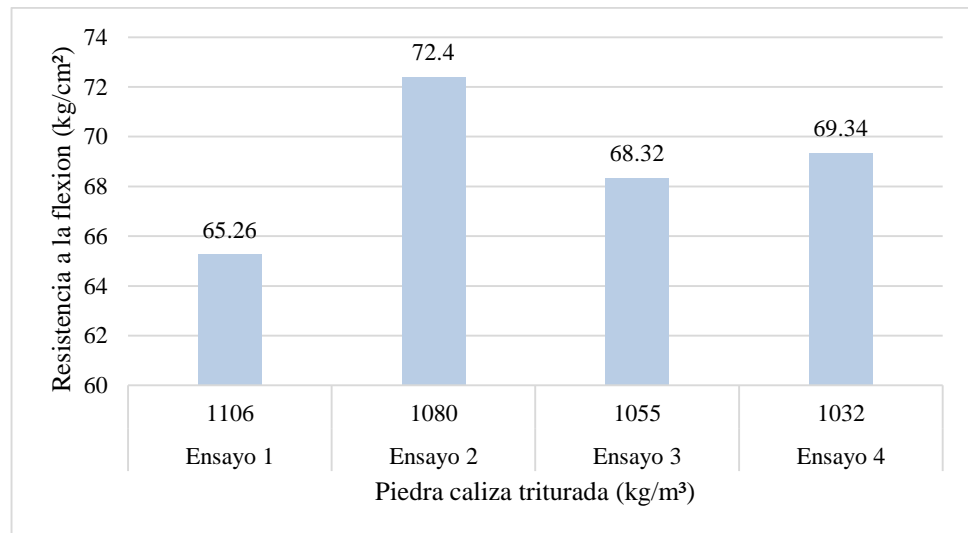


Figura 17: Resistencia a la flexión (kg/cm²) vs Óptima dosificación de piedra caliza triturada (kg/m³)

Fuente: Elaboración Propia

. Qasrawi et al. (2020)

- En la investigación se utilizan agregados triturados de piedra caliza natural, Los agregados se dividieron primero en agregados de un solo tamaño de acuerdo con ASTM C136.
- Ensayos realizados y cantidad Óptima de piedra caliza triturada: ver Tabla 24.

Tabla 21: Ensayos y cantidad de piedra caliza (kg/m³)

Ensayos y cantidad Óptima de piedra caliza triturada (Kg/m ³)		
Ensayo 1 = 710.44	Ensayo 1A = 535.44	Ensayo 1B = 355.44
Ensayo 2 = 735.46	Ensayo 2A= 550.46	Ensayo 2B = 370.46
Ensayo 3 = 755.49	Ensayo 3A= 565.49	Ensayo 3B = 380.49
Ensayo 1C=180.44	Ensayo 1D= 0.44	
Ensayo 2C= 185.46	Ensayo 2D= 0.46	
Ensayo 3C=190.49	Ensayo 3D= 0.49	

Fuente: Elaboración Propia

- El diseño de mezcla se realizado con los agregados cemento, agua, agregados finos y agregados grueso, con una relacion difrente de agua/cemento para cada ensayo, 0.40, 0.38, 0.34, 0.40, 0.38, 0.34, 0.40, 0.38, 0.34, 0.40, 0.38, 0.34, 0.34, 0.40, 0.38, 0.34, con un porcentaje de absorcion 1.67%
- Resistencia a la flexion, ver Tabla 25

Tabla 22: Resistencia a la flexión (kg/cm²)

Ensayos de mezcla y resistencia a la flexión (kg/cm ²)		
Ensayo 1 = 56	Ensayo 1A = 63	Ensayo 1B= 65
Ensayo 2 = 58	Ensayo 2A= 60	Ensayo 2B= 65
Ensayo 3 = 62	Ensayo 3A= 70	Ensayo 3B= 78
Ensayo 1C= 69	Ensayo 1D= 61	
Ensayo 2C= 65	Ensayo 2D= 59	
Ensayo 3C= 78	Ensayo 3D= 66	

Fuente: Elaboración Propia

- Los agregados se dividieron primero en agregados de un solo tamaño de acuerdo con ASTM C136. La clasificación final de todos los agregados se obtuvo combinando varios tamaños para llegar a una clasificación aceptada por las normas ASTM y BS.
- La mayor resistencia del hormigón hecho con agregado de piedra caliza o desechos de hormigón se puede explicar por una mayor fluencia de estos, ver Tabla 26 y Figura 18.

Tabla 23: Óptima dosificación de piedra caliza (kg/m³) vs Resistencia a la compresión (kg/cm²)

Ensayos	Piedra caliza (kg/m ³)	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)
Mezcla 1	710.44	56
Mezcla 2	735.46	58
Mezcla 3	755.49	62
Mezcla 1A	535.44	63
Mezcla 2A	550.46	60
Mezcla 3A	565.49	70
Mezcla 1B	355.44	65
Mezcla 2B	370.46	65
Mezcla 3B	380.49	78
Mezcla 1C	180.44	69
Mezcla 2C	185.46	65
Mezcla 3C	190.49	78

Fuente: Elaboración Propia

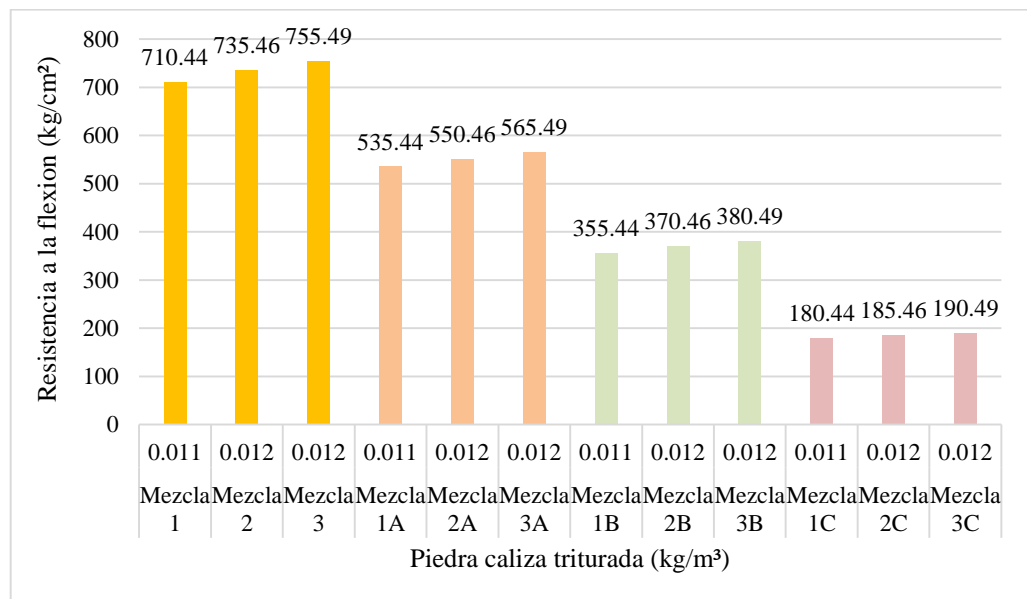


Figura 18: Resistencia a la compresión (kg/cm²) vs Óptima dosificación de piedra caliza (kg/m³)

Fuente: Elaboración Propia

Adnan A et al. (2018)

- Este artículo presenta un trabajo experimental realizado para estudiar las propiedades del concreto que incorpora (0-100)% de

caliza triturada (CLS) como reemplazo parcial del agregado grueso.

- La resistencia a la compresión (CS) y la resistencia a la flexión (FS) se evaluaron para las muestras endurecidas después de 28 días
- Ensayos realizados y cantidad Óptima de piedra caliza triturada:
 - RF1= 0.00 kg/m³
 - CLS25= 256 kg/m³
 - CLS50= 512 kg/m³
 - CLS75= 768 kg/m³
 - CLS100= 1025 kg/m³
- El diseño de mezcla se realizó con los agregados cemento, agua, agregados finos y agregados grueso, con una relación agua/cemento 0.46, 0.47, 0.47, 0.50, 0.52, y con una absorción de agua de 3.70%, 5.39%, 5.74%, 5.62%, 6.44%
- Resistencia a la flexión kg/cm²: ver Tabla 27
 - RF1= 76 kg/cm²
 - CLS25= 69 kg/cm²
 - CLS50= 64 kg/cm²
 - CLS75= 58 kg/cm²
 - CLS100= 59 kg/cm²
- De acuerdo con los resultados de este estudio, se puede concluir que la piedra caliza triturada gruesa provocó reducir tanto la resistencia a la compresión como la resistencia a la flexión en el hormigón. Esa reducción en la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión fue de hasta un 30%.
- La el rendimiento de las mezclas que incorporan piedra caliza triturada, también hizo que se mejoraran la resistencia a la

compresión y la resistencia a la flexión hasta en un 21%., ver Figura 19.

Tabla 24: Resistencia a la compresión (kg/m³) vs Óptima dosificación de piedra caliza (kg/cm²)

Diseño de Mezcla	Piedra caliza (kg/m ³)	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)
RF	368.32	76
CLS25	322.84	69
CLS50	286.84	64
CLS75	245.85	58
CLS100	290.01	59

Fuente: Elaboración Propia

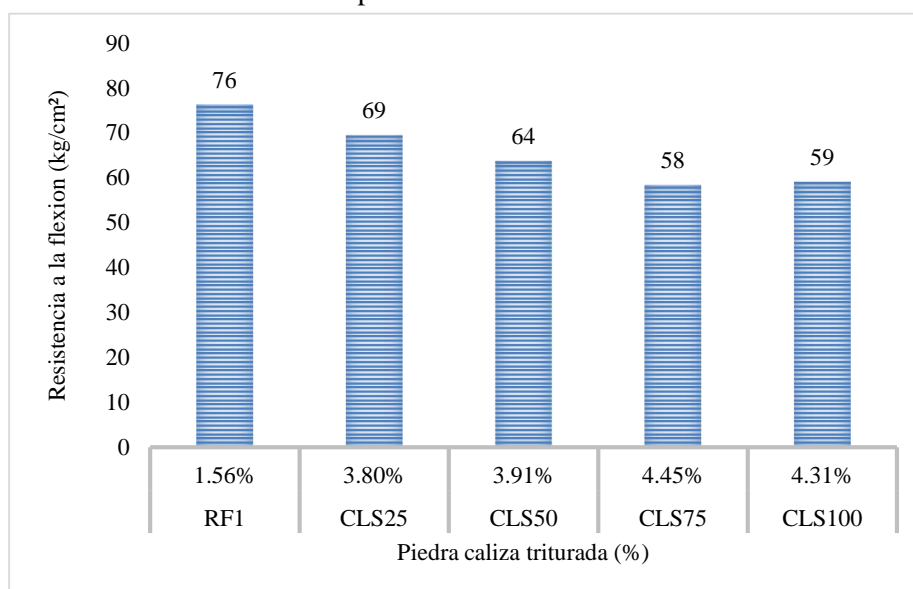


Figura 19: Resistencia a la flexión (kg/cm²) vs Óptima dosificación de piedra caliza triturada (%)

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3 Determinar la óptima dosificación de acuerdo a la relación agua/cemento para mejorar la resistencia a la compresión de la piedra caliza triturada

Eroshkina et al. (2020)

- Ensayos realizados y cantidad Óptima de piedra caliza triturada:
 - Ensayo 1 = 1106 kg/m³
 - Ensayo 2 = 1080 kg/m³

- Ensayo 3 = 1055 kg/m³
- Ensayo 4 = 1032 kg/m³
- Resistencia a la compresion:
 - Ensayo 1 = 571 kg/cm²
 - Ensayo 2 = 540 kg/cm²
 - Ensayo 3 = 530 kg/cm²
 - Ensayo 4 = 520 kg/cm²
- Relacion agua/cemento y porcentaje de absorcion
 - 0.5 y 3.40%

La mayor resistencia del hormigón hecho con agregado de piedra caliza o desechos de hormigón se puede explicar por una mayor fluencia de estos ver Tabla 28 y Figura 20.

Tabla 25: Óptima dosificación de la piedra caliza de acuerdo a la relación agua/cemento vs Ensayo resistencia a la compresión

Piedra Caliza triturada	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Relación a/c 0.5
1106	571	0.5
1080	540	0.5
1055	530	0.5
1032	520	0.5

Fuente: Elaboración Propia

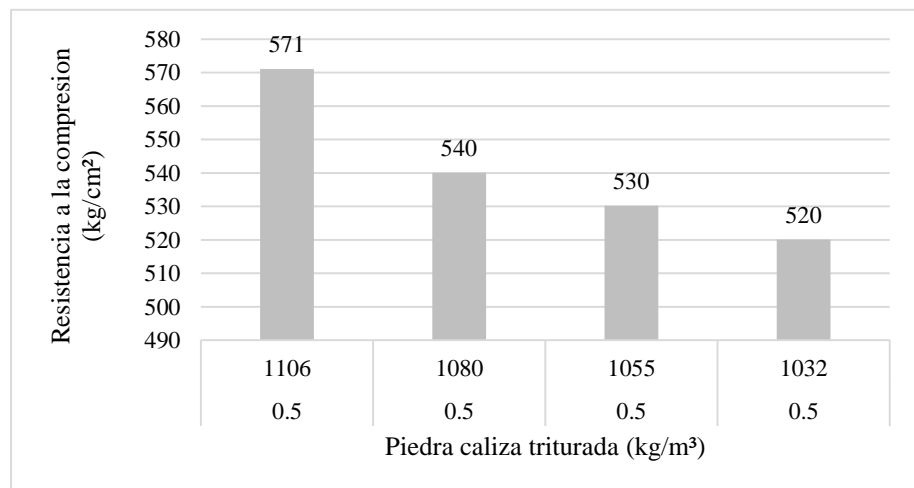


Figura 20: Óptima dosificación de la piedra caliza de acuerdo a la relación agua/cemento vs Ensayo resistencia a la compresión (kg/cm²)

Fuente: Elaboración Propia

Qasrawi et al. (2020)

- El diseño de mezcla se realizado con los agregados cemento, agua, agregados finos y agregados grueso, con una relacion difrente de agua/cemento para cada ensayo, 0.40, 0.38, 0.34, 0.40, 0.38, 0.34, 0.40, 0.38, 0.34, 0.40, 0.38, 0.34, 0.34, 0.40, 0.38, 0.34, con un porcentaje de absorcion 1.67%
- Ensayos realizados y cantidad Óptima de piedra caliza triturada, ver Tabla 29, 30,31 y Figura 21.

Tabla 26 : Ensayos realizados y cantidad de piedra caliza triturada (kg/m³)

Ensayo 1 = 710.44	Ensayo 1A = 535.44	Ensayo 1B = 355.44
Ensayo 2 = 735.46	Ensayo 2A= 550.46	Ensayo 2B = 370.46
Ensayo 3 = 755.49	Ensayo 3A= 565.49	Ensayo 3B = 380.49
Ensayo 1C=180.44	Ensayo 1D= 0.44 k	
Ensayo 2C= 185.46	Ensayo 2D= 0.46	
Ensayo 3C=190.49	Ensayo 3D= 0.49	

Fuente: Elaboración Propia

- Resistencia a la flexion:

Tabla 27: Resistencia a la flexión (kg/cm²)

Ensayos de mezcla y resistencia a la flexión (kg/cm ²)		
Ensayo 1 = 56	Ensayo 1A = 63	Ensayo 1B= 65
Ensayo 2 = 58	Ensayo 2A= 60	Ensayo 2B= 65
Ensayo 3 = 62	Ensayo 3A= 70	Ensayo 3B= 77
Ensayo 1C= 69	Ensayo 1D= 61	
Ensayo 2C= 65	Ensayo 2D= 59	

Fuente: Elaboración Propia

- La mayor resistencia del hormigón hecho con agregado de piedra caliza o desechos de hormigón se puede explicar por una mayor fluencia de estos

Tabla 28: Óptima dosificación de la piedra caliza de acuerdo a la relación agua/cemento vs ensayo resistencia a la compresión

Cantidad	a/c	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
710.44	0.4	525
735.46	0.38	547
755.49	0.34	593
535.44	0.4	546
550.46	0.38	572
565.49	0.34	611
355.44	0.4	571
370.46	0.38	604
380.49	0.34	624
180.44	0.4	561
185.46	0.38	582
190.49	0.34	607

Fuente: Elaboración Propia

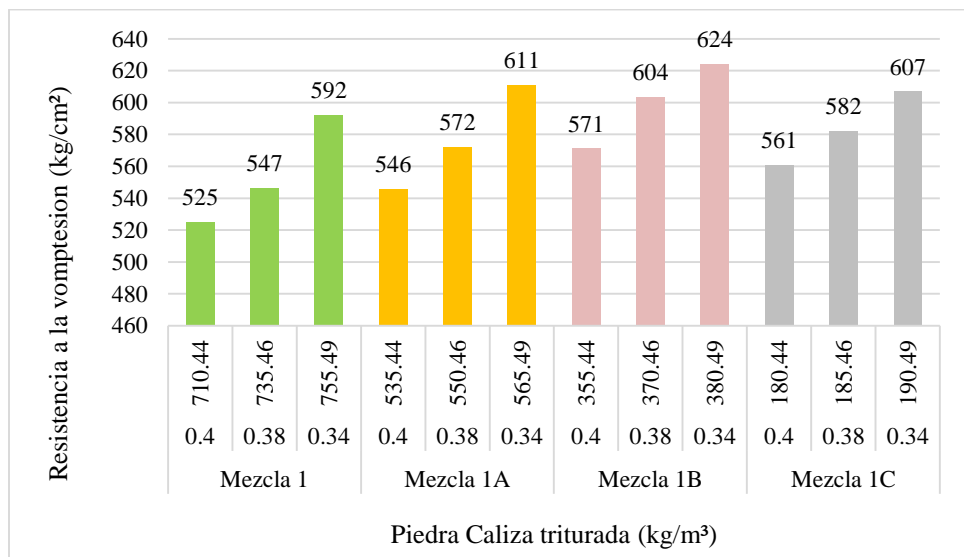


Figura 21: Óptima dosificación de la piedra caliza de acuerdo a la relación a/c vs Resistencia a la compresión (kg/cm²)

Fuente: Elaboración Propia

Adnan et al. (2018)

- La resistencia a la compresión (CS) se evaluo para las muestras endurecidas después de de 28 días. Ver Tabla 32 y Figura 22.
- Ensayos realizados y cantidad Óptima de piedra caliza triturada:
 - RF1= 0.00 kg/m³
 - CLS25= 256 kg/m³
 - CLS50= 512 kg/m³
 - CLS75= 768 kg/m³
 - CLS100= 1025 kg/m³
- El diseño de mezcla se realizado con los agregados cemento, agua, agregados finos y agregados grueso, con una relacion agua/cemento :
 - RF1= 0.46
 - CLS25= 0.47
 - CLS50= 0.47
 - CLS75= 0.50
 - CLS100= 0.52
- Absorción de agua
 - RF1= 3.70%
 - CLS25= 5.39%
 - CLS50= 5.74%
 - CLS75= 5.62%
 - CLS100= 6.44%

Tabla 29: Óptima dosificación de la piedra caliza de acuerdo a la relación agua/cemento (kg/m³) vs Ensayo resistencia a la compresión (kg/cm²)

Ensayo	Agua/cemento	Piedra caliza (kg/m ³)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
RF	0,46	0	200

CLS25	0,47	256	220
CLS50	0,47	512	238
CLS75	0,50	768	279
CLS100	0,52	1025	342

Fuente: Elaboración Propia

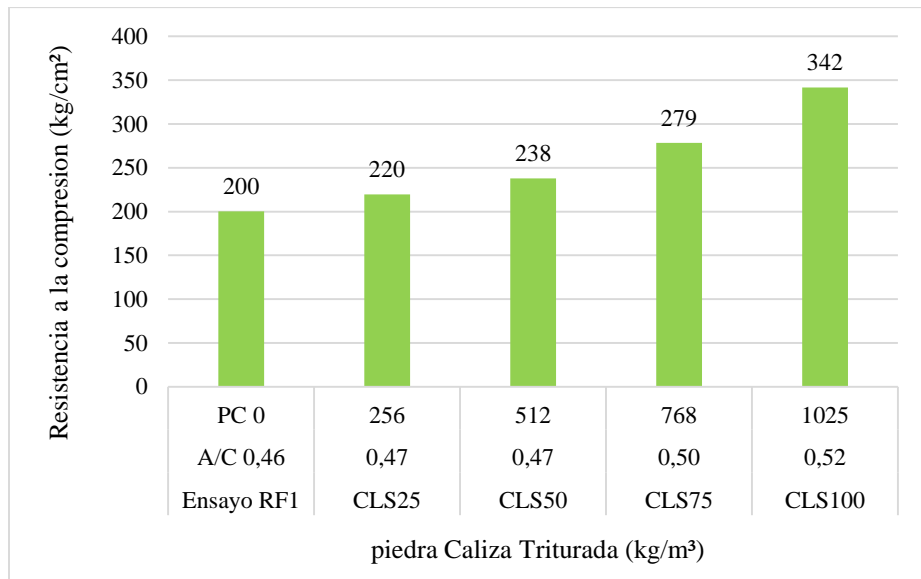


Figura 22: Óptima dosificación de la piedra caliza de acuerdo a la relación agua/cemento (kg/m^3) vs Ensayo resistencia a la compresión (kg/cm^2)

Fuente: Elaboración Propia

Rattanachua et al (2018)

- Ensayos realizados y cantidad Óptima de piedra caliza triturada:
 - Ensayo 1 = $990 \text{ kg}/\text{m}^3$
 - Ensayo 2 = $990 \text{ kg}/\text{m}^3$
 - Ensayo 3 = $990 \text{ kg}/\text{m}^3$
- Relacion agua/cemento
 - Ensayo 1 = 0.3
 - Ensayo 2 = 0.3
 - Ensayo 3 = 0.3
- Resistencia a la compresion:
 - Ensayo 1 = $591 \text{ kg}/\text{cm}^2$

- Ensayo 2 = 642 kg/cm²
- Ensayo 3 = 704 kg/cm²

- Ver Tabla 33 y Figura 23

Tabla 30: Óptima dosificación de la piedra caliza de acuerdo a la relación agua/cemento vs Ensayo resistencia a la compresión

Ensayos	Piedra caliza Triturada (kg/m ³)	A/C	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
Ensayo 1	990	0.3	591
Ensayo 2	990	0.3	642
Ensayo 3	990	0.3	704

Fuente: Elaboración Propia

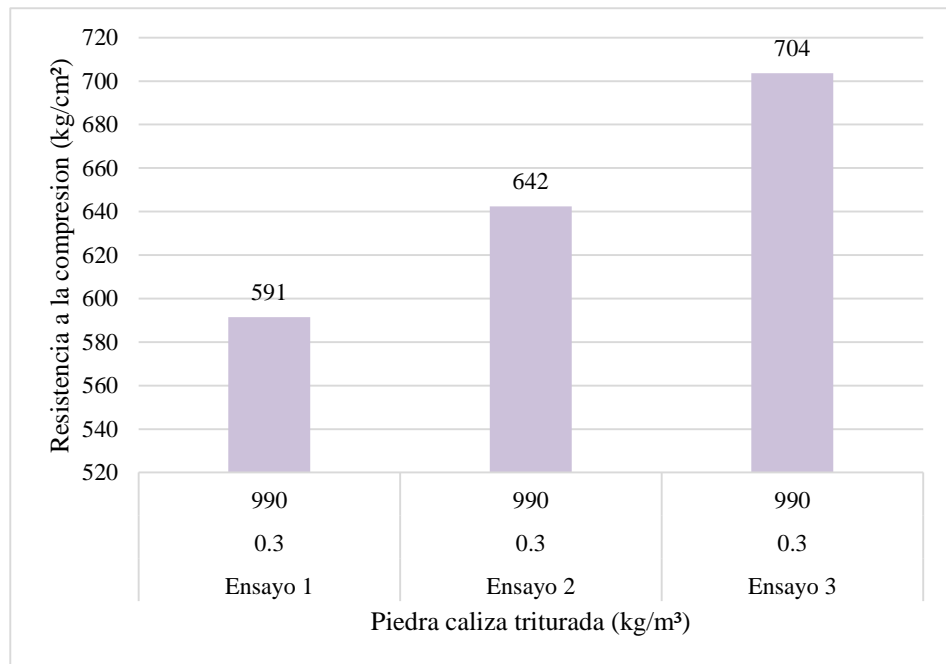


Figura 23: Óptima dosificación de la piedra caliza de acuerdo a la relación agua/cemento vs Ensayo resistencia a la compresión (kg/cm²)

Fuente: Elaboración Propia

- Las características establecidas de la influencia del tipo de agregado en las propiedades del hormigón sustentan el uso de piedra caliza triturada y chatarra de hormigón como agregado grueso de hormigón geopolímero.
- El diseño de mezclas: ver Tabla 34, 35,36 y Figura 24

Tabla 31: Cantidad de piedra caliza triturada

Diseño de Mezcla	Piedra caliza triturada (kg/cm ³)
VC1	0
SCC1	160
SCC1-A	150
VC2	0
SCC2	150
SCC2-A	140
VC3	0
SCC3	130
SCC3-A	120

Fuente: Elaboración Propia

- El diseño de mezcla se realizado con los agregados cemento, agua, agregados finos y agregados grueso
- Relacion agua/cemento 0.5
- Resistencia a la compresion:

Tabla 32: Resistencia a la compresión (kg/cm²)

Diseño de Mezcla	Resistencia (kg/cm ²)
VC1	364
SCC1	317
SCC1-A	409
VC2	387
SCC2	346
SCC2-A	394
VC3	389
SCC3	370
SCC3-A	413

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33: Óptima dosificación de la piedra caliza de acuerdo a la relación agua/cemento vs Ensayo resistencia a la compresión

Ensayos	Piedra caliza (kg)	a/c	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
SCC1	160	0.5	317
SCC1-A	150	0.5	409
SCC2	150	0.5	346
SCC2-A	140	0.5	394
SCC3	130	0.5	370
SCC3-A	120	0.5	413

Fuente: Elaboración Propia

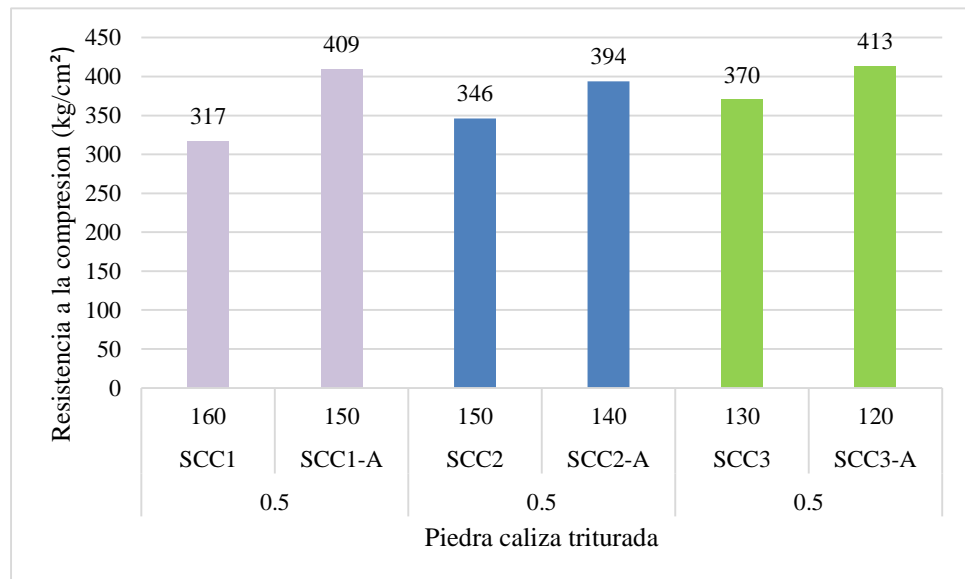


Figura 24: Óptima dosificación de la piedra caliza de acuerdo a la relación agua/cemento vs Ensayo resistencia a la compresión (kg/cm²)

Fuente: Elaboración Propia

- 5.1.4 Determinar la óptima dosificación de absorción para mejorar la resistencia a la flexión del concreto estructural

Eroshkina et al. (2020)

- Ensayos realizados y cantidad Óptima de piedra caliza triturada:
 - Ensayo 1 = 1106 kg/m³
 - Ensayo 2 = 1080 kg/m³
 - Ensayo 3 = 1055 kg/m³
 - Ensayo 4 = 1032 kg/m³

- Resistencia a la compresion:
 - Ensayo 1 = 571 kg/cm²
 - Ensayo 2 = 540 kg/cm²
 - Ensayo 3 = 530 kg/cm²
 - Ensayo 4 = 520 kg/cm²

- Resistencia a la flexion:
 - Ensayo 1 = 65 kg/cm²
 - Ensayo 2 = 72 kg/cm²
 - Ensayo 3 = 68 kg/cm²
 - Ensayo 4 = 69 kg/cm²

- Relacion agua/cemento
 - 0.5

- Porcentaje de absorcion
 - 3.4%

La mayor resistencia del hormigón hecho con agregado de piedra caliza o desechos de hormigón se puede explicar por una mayor fluencia de estos, ver Tabla 37 y Figura 25.

Tabla 34: Óptima dosificación de la piedra caliza vs Porcentaje de absorción (%)

Ensayo	Piedra caliza triturada (kg/m ³)	Porcentaje de absorción (%)
Ensayo 1	1106	3.4

Ensayo 2	1080	3.4
Ensayo 3	1055	3.4
Ensayo 4	1032	3.4

Fuente: Elaboración Propia

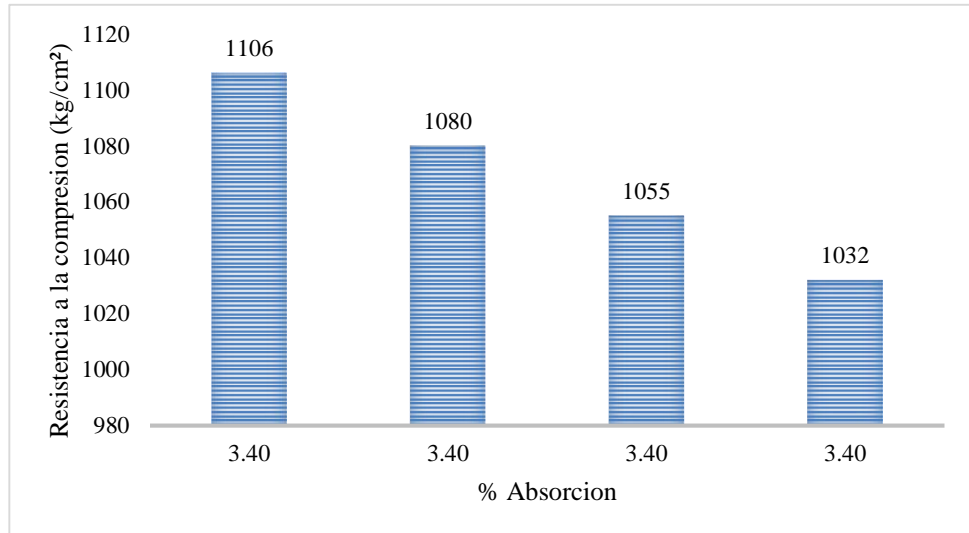


Figura 25: Óptima dosificación de la piedra caliza (kg/m³) vs Porcentaje de absorción

Fuente: Elaboración Propia

Qasrawi et al. (2020)

- El diseño de mezcla se realizado con los agregados cemento, agua, agregados finos y agregados grueso, con una relacion difrente de agua/cemento para cada ensayo, 0.40, 0.38, 0.34, 0.40, 0.38, 0.34, 0.40, 0.38, 0.34, 0.40, 0.38, 0.34, 0.34, 0.40, 0.38, 0.34
- Porcentaje de absorcion 1.67%
- Ensayos realizados y cantidad Óptima de piedra caliza triturada, Tabla 38, 39 y Figura 26

Tabla 35: Ensayo realizado y cantidad de piedra caliza triturada(kg/m³)

Ensayo 1 = 710.44	Ensayo 1A = 535.44	Ensayo 1B = 355.44
Ensayo 2 = 735.46	Ensayo 2A= 550.46	Ensayo 2B = 370.46
Ensayo 3 = 755.49	Ensayo 3A= 565.49	Ensayo 3B = 380.49
Ensayo 1C=180.44	Ensayo 1D= 0.44	
Ensayo 2C= 185.46	Ensayo 2D= 0.46	
Ensayo 3C=190.49	Ensayo 3D= 0.49	

Fuente: Elaboración Propia

- La mayor resistencia del hormigón hecho con agregado de piedra caliza o desechos de hormigón se puede explicar por una mayor fluencia de estos

Tabla 36: Óptima dosificación de la piedra caliza vs Porcentaje de absorción

Ensayos	Piedra caliza triturada (kg/m ³)	Porcentaje de absorción (%)
Mezcla 1	710.44	1.67
Mezcla 2	735.46	1.67
Mezcla 3	755.49	1.67
Mezcla 1A	535.44	1.67
Mezcla 2A	550.46	1.67
Mezcla 3A	565.49	1.67
Mezcla 1B	355.44	1.67
Mezcla 2B	370.46	1.67
Mezcla 3B	380.49	1.67
Mezcla 1C	180.44	1.67
Mezcla 2C	185.46	1.67
Mezcla 3C	190.49	1.67

Fuente: Elaboración Propia

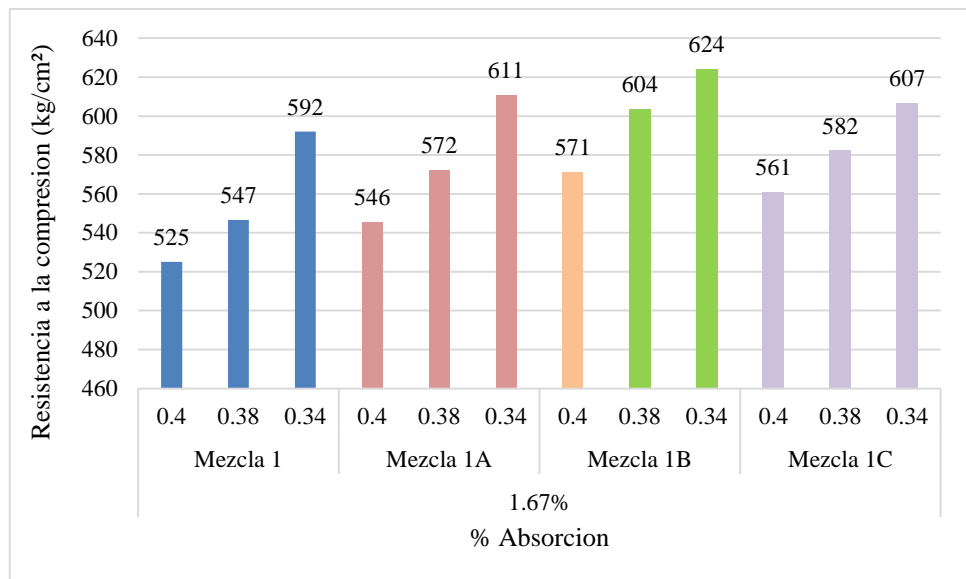


Figura 26: Óptima dosificación de la piedra caliza (kg/m²) vs Porcentaje de absorción (%)

Fuente: Elaboración Propia

Adnan A et al . (2018)

- La resistencia a la compresión (CS) se evaluo para las muestras endurecidas después de de 28 días
- Ensayos realizados y cantidad Óptima de piedra caliza triturada:
 - RF1= 0.00 kg/m³
 - CLS25= 256 kg/m³
 - CLS50= 512 kg/m³
 - CLS75= 768 kg/m³
 - CLS100=- 1025 kg/m³
- El diseño de mezcla se realizado con los agregados cemento, agua, agregados finos y agregados grueso, con una relacion agua/cemento :
 - RF1= 0.46
 - CLS25= 0.47
 - CLS50= 0.47
 - CLS75= 0.50
 - CLS100= 0.52
- Absorción de agua
 - RF1= 3.70%
 - CLS25= 5.39%
 - CLS50= 5.74%
 - CLS75= 5.62%
 - CLS100= 6.44%
- Ver Tabla 40 y Figura 27

Tabla 37: Óptima dosificación de la piedra caliza vs Porcentaje de absorción

Ensayos	Piedra caliza triturada (kg/m ³)	a/c	Porcentaje de absorción (%)
RF1	0	0.04	3.70
CLS25	256	0.05	5.39
CLS50	512	0.06	5.74
CLS75	768	0.06	5.62
CLS100	1025	0.06	6.44

Fuente: Elaboración Propia

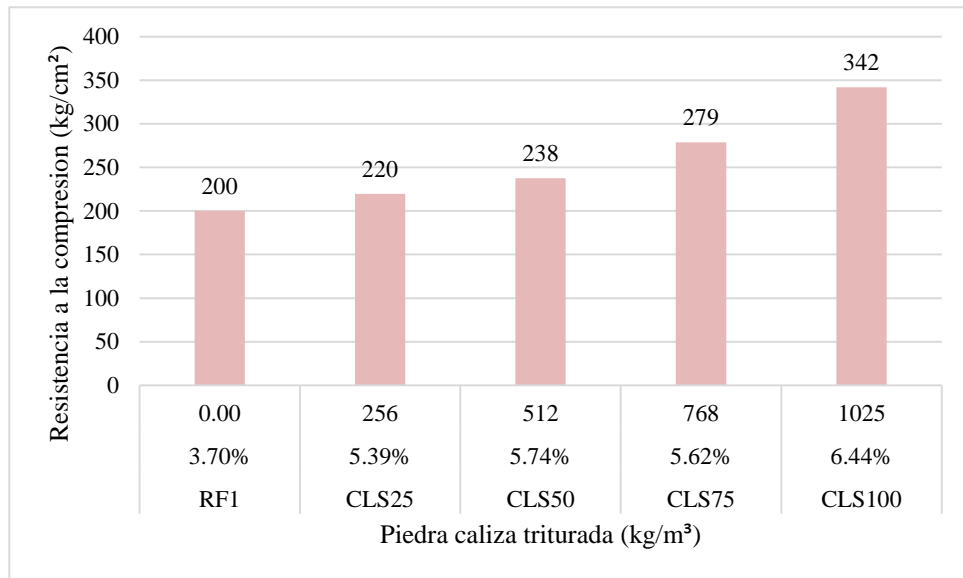


Figura 27: Óptima dosificación de la piedra caliza (kg/m³) vs Porcentaje de absorción (kg/cm²)

Fuente: Elaboración Propia

Rattanachua et al (2018)

- Ensayos realizados y cantidad Óptima de piedra caliza triturada:
 - Ensayo 1 = 990 kg/m³
 - Ensayo 2 = 990 kg/m³
 - Ensayo 3 = 990 kg/m³
- Relacion agua/cemento
 - Ensayo 1 = 0.3
 - Ensayo 2 = 0.3
 - Ensayo 3 = 0.3
- Resistencia a la compresion:
 - Ensayo 1 = 591 kg/cm²
 - Ensayo 2 = 642 kg/cm²
 - Ensayo 3 = 704 kg/cm²
- Ver Tabla 41 y Figura 28

Tabla 38: Óptima dosificación de la piedra caliza vs Porcentaje de absorción

Ensayos	Piedra caliza triturada (kg/m ³)	A/C	Porcentaje de absorción
Ensayo 1	990	0.3	0.57
Ensayo 2	991	0.3	0.57
Ensayo 3	992	0.3	0.57

Fuente: Elaboración Propia

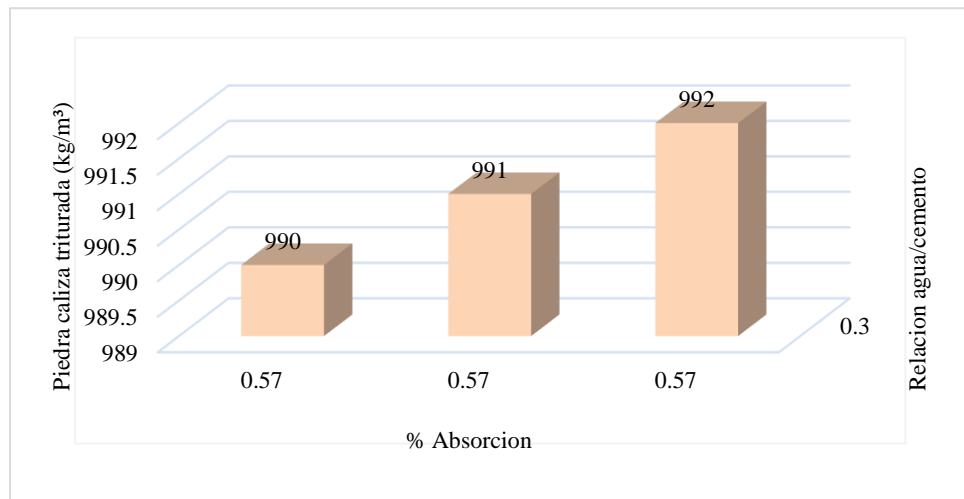


Figura 28: Óptima dosificación de la piedra caliza vs Porcentaje de absorción

Fuente: Elaboración Propia

5.2 Contratación de resultados

5.2.1 Contratación de la primera hipótesis al determinar la óptima dosificación de piedra caliza triturada para mejorar la resistencia

Hipótesis 1: Al determinar la óptima dosificación de piedra caliza triturada se mejora la resistencia a la compresión del concreto estructural

Para analizar la influencia de la piedra caliza triturada en las propiedades mecánicas del concreto estructural se requieren los resultados de otras investigaciones.

- Hipótesis auxiliar:

H0: Al determinar la óptima dosificación de piedra de piedra caliza triturada no mejora la resistencia a la compresión del concreto estructural.

H1: Al determinar la óptima dosificación de piedra de piedra caliza triturada si mejora la resistencia a la compresión del concreto estructural.

- Observación: ver Figura 29.

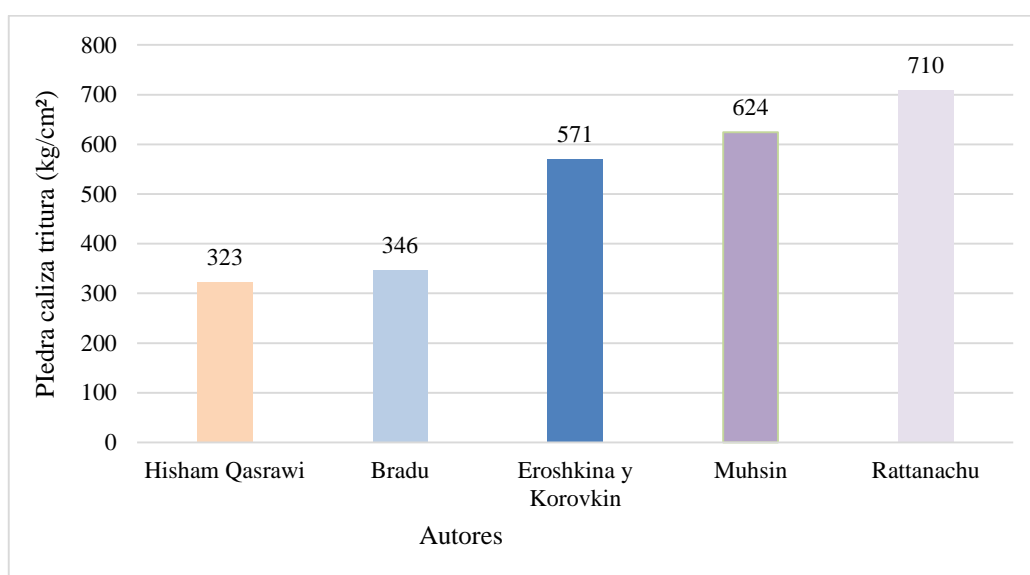


Figura 29: Contrastación hipótesis 1 según los autores

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados obtenidos según los autores “NA Eroshkina MO Korovkin” para las cantidades de piedra caliza como reemplazo del agregado grueso de 1106kg/m³, 1080 kg/m³, 1055kg/m³, 1032 kg/m³; se obtuvieron la resistencia a la compresión 571 kg/cm², 540 kg/cm², 530 kg/cm², 520 kg/cm², a los 28 días respectivamente. Dichos autores hacen énfasis en que el tipo de agregado tiene una influencia significativa en las propiedades de resistencia del concreto; la mayor resistencia del concreto se obtuvo con el concreto hecho con agregado de piedra caliza esto se debe a que este agregado posee una mayor fluencia que se ve reflejado en un menor agrietamiento; por lo tanto, se justifica el uso de la piedra caliza como agregado grueso.

Según el autor “Hisham Qasrawi” la óptima dosificación de piedra caliza para cada diseño es 710 kg/m³, 735.46 kg/m³, 755.49 kg/m³, 535.44 kg/m³, 550.46kg/m³, 565.49 kg/m³, 355.44kg/m³, 370.46 kg/m³, 380.49 kg/m³, 180.44 kg/m³, 185.46 kg/m³, 190.49 kg/m³, 0.44 kg/m³, 0.46 kg/m³, 0.49 kg/m³ respectivamente dieron como resultado resistencias a la compresión a los 28 días 525 kg/cm², 547 kg/cm², 592 kg/cm², 546 kg/cm², 572 kg/cm², 572 kg/cm², 571 kg/cm², 603 kg/cm², 624 kg/cm², 560 kg/cm², 582 kg/cm², 607 kg/cm², 520 kg/cm², 530 kg/cm², 583 kg/cm², respectivamente. Se observa que se logra una máxima resistencia a la compresión de 624 kg/cm² para una dosis de piedra caliza de 380.49 kg/m³.

Para todos los casos la dosis Óptima no siempre se mantiene en aumento, sino que alcanza el punto de la resistencia a la compresión cuando se supera el 50% del agregado.

Según el autor “Adnan A. Muhsin, Nabeel Hameed Al-Saati, Suad Mohammed Heil, Khalid Hashim y Ahmed H. AlKhayyat” para el diseño de mezcla de cada ensayo es de 0 kg/m³, 256 kg/m³, 512 kg/m³, 768kg/m³, 1025 kg/m³ que la resistencia a la compresión a 28 días fue de 368 kg/cm², 323 kg/cm², 287 kg/cm², 246 kg/cm², 290 kg/cm² y con un porcentaje de absorción diferente para cada mezcla que son 3.70%, 5.39%, 5.74%, 5.62%, 6.44%.

Según el autor “P. Rattanachu I. Karntong W. Tangchirapat, C. Jaturapitakkul P. Chindaprasirt” se usó una dosis de piedra caliza de 990 kg/m³ para la cuál se obtuvo una máxima resistencia a la compresión de 704 kg/cm² como reemplazante del agregado grueso para mejorar la resistencia del concreto estructural provoco reducir tanto la resistencia a la compresión hasta un 20%

Según el autor “ Aurelia Bradu, petru mihai, mihai budescu, oana-mihaela banu, nicolae țaranu , nicolae florea” las dosis usadas en este artículo fueron 0kg/m³, 160kg/m³, 150kgm³, con una resistencia a la compresión de 28 días 364 kg/cm², 317 kg/cm², 409 kg/cm², 387 kg/cm², 346 kg/cm², 394 kg/cm², 389 kg/cm², 370 kg/cm², 413 kg/cm² que al usar la cantidad Óptima de

piedra caliza triturada como reemplazante del agregado grueso para mejorar la resistencia del concreto estructural se ha reducido hasta un 11.7%, 4.8%, 2.7% en las mezclas.

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1) ya que se demuestra que, según las observaciones, que el uso óptimo de piedra caliza triturada mejora la resistencia a la compresión del concreto estructural

5.2.2 Contrastación de la segunda hipótesis al determinar la óptima dosificación de la piedra caliza para mejorar la resistencia a la flexión.

Hipótesis 2: Al determinar la óptima dosificación de piedra de piedra caliza triturada se mejora la resistencia a la flexión del concreto estructural

- Hipótesis auxiliar:
 H_0 : Al determinar la óptima dosificación de piedra de piedra caliza triturada no mejora la resistencia a la flexión del concreto estructural.
 H_1 : Al determinar la óptima dosificación de piedra de piedra caliza triturada si mejora la resistencia a la flexión del concreto estructural.
- Observació ver Figura 30

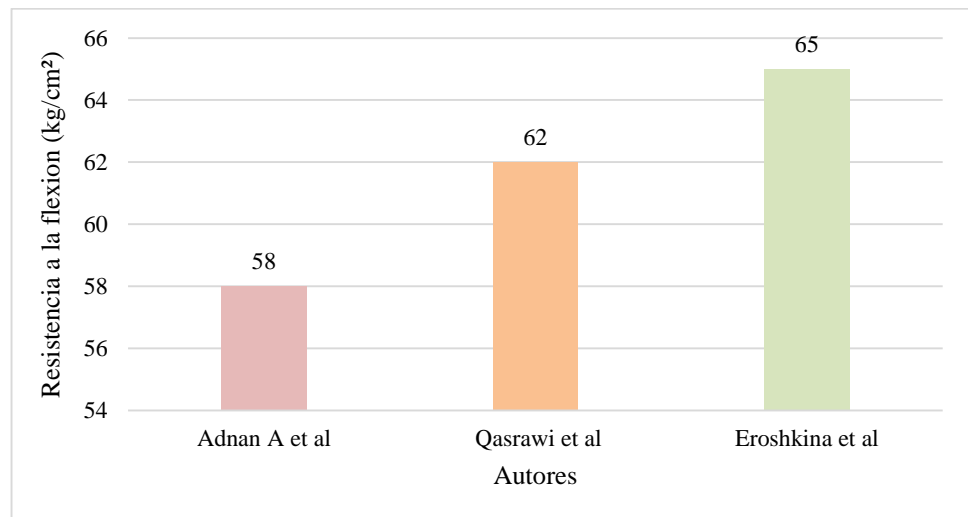


Figura 30: Contrastación hipótesis 2 según los autores

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de las muestras obtenidas de los autores “NA Eroshkina, MO Korovkin” su cantidad Óptima de la piedra caliza triturada es 1106 kg/m³, 1080kg/m³, 1055kg/m³, 1032 kg/m³ y resistencia en la flexión es de 65 kg/cm², 72, 68 kg/cm², 69 kg/cm³.

Para todos los casos la dosis Óptima no siempre se mantiene en aumento, sino que alcanza el punto de la resistencia a la flexión cuando se supera el 50% del agregado

Según el autor “Hisham Qasrawi” el Óptima dosificación de piedra caliza para cada diseño es de 710 kg/m³, 735.46 kg/m³, 755.49 kg/m³, 535.44 kg/m³, 550.46kg/m³, 565.49 kg/m³, 355.44kg/m³, 370.46 kg/m³, 380.49 kg/m³, 180.44 kg/m³, 185.46 kg/m³, 190.49 kg/m³, 0.44 kg/m³, 0.46 kg/m³, 0.49 kg/m³ se obtuvo que la resistencia a la flexión de 28 días 56 kg/cm², 58 kg/cm², 62 kg/cm³, 63 kg/cm², 60 kg/cm², 70 kg/cm², 65 kg/cm², 65 kg/cm², 78 kg/cm², 69 kg/cm², 65 kg/cm², 78 kg/cm², 61 kg/cm², 59 kg/cm², 66 kg/cm³.

Para todos los casos la dosis Óptima no siempre se mantiene en aumento, sino que alcanza el punto de la resistencia a la flexión cuando se supera el 50% del agregado

Según el autor “Adnan A. Muhsin, Nabeel Hameed Al-Saati, Suad Mohammed Heil , Khalid Hashim , Ahmed H. AlKhayyat” para el diseño de mezcla de cada ensayo es de 0 kg/m³, 256 kg/m³, 512 kg/m³, 768 kg/m³, 1025 kg/m³ que la resistencia a la compresión a 28 días fue de 368 kg/cm², 323 kg/cm², 287 kg/cm², 246 kg/cm², 290 kg/cm² y con un porcentaje de absorción diferente para cada mezcla que son 3.70%, 5.39%, 5.74%, 5.62%, 6.44%.

Se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna(H1) ya que se demuestra que, según las observaciones, que el uso óptimo de piedra caliza triturada mejora la resistencia a la flexión del concreto estructural

5.2.3 Contrastación de la tercera hipótesis al determinar la óptima dosificación de piedra caliza de acuerdo con la relación agua/cemento mejorar la resistencia

- Hipotesis Auxiliar

H0: Al determinar la óptima cantidad de piedra caliza triturada de acuerdo a la relación agua/cemento se mejora la resistencia de las propiedades mecánicas concreto estructural.

H1: Al determinar la óptima cantidad de piedra caliza triturada de acuerdo a la relación agua/cemento si mejora la resistencia de las propiedades mecánicas del concreto estructural.

- Observación ver Figura 31.

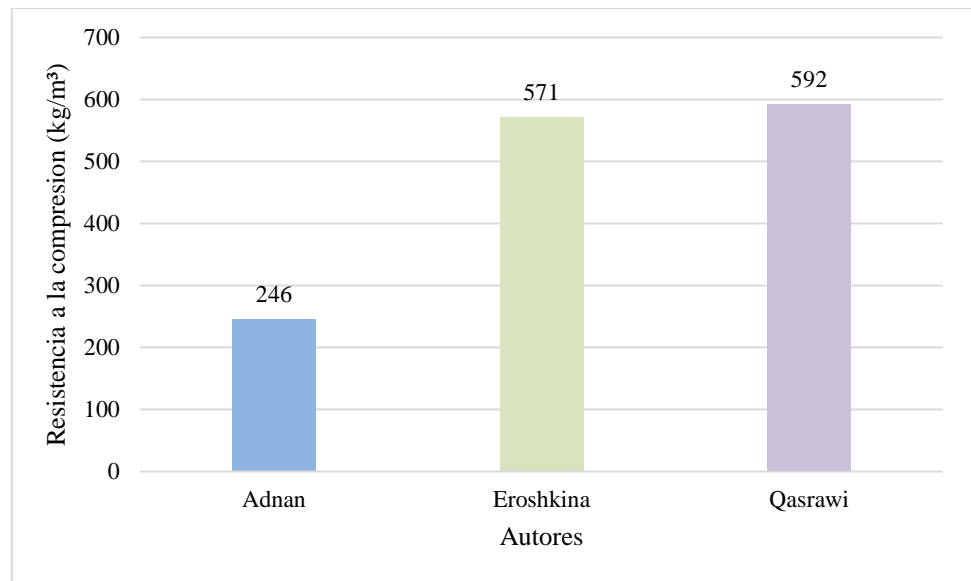


Figura 31: Contrastación hipótesis 3 según los autores

Fuente: Elaboración Propia

Según el autor “Eroshkina ” a la relación $a/c=0.5$ se obtuvo que la resistencia de la Óptima cantidad de piedra caliza triturada como reemplazante del agregado grueso para mejorar ha demostrado que si se tiene una influencia significativa en las propiedades de resistencia

Según el autor “Qasrawi” a la relación agua/cemento de cada mezcla de son 0.4, 0.38, 0.34, 0.4 se obtuvo que la resistencia a la compresión a 28 días, la cantidad de piedra caliza triturada como reemplazante del agregado grueso para mejorar la resistencia del concreto estructural ha demostrado que si se obtiene con una proporción de reemplazo de aproximadamente del 50%

Según el autor “Adnan , Nabeel , Suad , Khalid, Ahmed ” a la relación agua/cemento del diseño de mezcla es de 0.46, 0.47, 0.47, 0.50, 0.52 se obtuvo que la resistencia a la compresión a 28 días fue de 368 kg/cm², 323 kg/cm², 287 kg/cm², 246 kg/cm² y 290 kg/cm² con piedra caliza triturada como reemplazante del agregado grueso para mejorar la resistencia del concreto estructural provocó reducir tanto la resistencia a la compresión hasta un 30%

Según el autor “ Rattanachu. Tangchirapat, Jaturapitakkul, Chindaprasirt” a la relación de agua/cemento de 0.3 se obtuvo 591 kg/cm², 642 kg/cm² y 704 kg/cm² de resistencia a la compresión que al usar la cantidad Óptima de piedra caliza triturada como reemplazante del agregado grueso para mejorar la resistencia del concreto estructural provocó reducir tanto la resistencia a la compresión hasta un 20%

según el autor “ Aurelia , Petru, Mihai , Oana, Nicolae , Nicolae ” la relación agua/cemento de 0.5 con una resistencia a la compresión de 28 días 364 kg/cm², 317 kg/cm², 409 kg/cm², 387 kg/cm², 346 kg/cm², 394 kg/cm², 389 kg/cm², 370 kg/cm², 413 kg/cm² que al usar la cantidad Óptima de piedra caliza triturada como reemplazante del agregado grueso para mejorar la resistencia del concreto estructural se ha reducido hasta un 11.7%, 4.8%, 2.7% en las mezclas

Se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna(H1) se muestra que a menor relación agua/cemento mayor la resistencia del concreto estructural con una óptima cantidad de piedra caliza triturada.

5.2.4 Contrastación de la cuarta hipótesis al determinar el óptimo porcentaje de absorción de piedra caliza para mejorar la resistencia a las propiedades físicas mecánicas

Hipótesis 4: Al determinar el óptimo porcentaje de absorción de piedra caliza triturada de acuerdo a la relación agua/cemento se mejora la resistencia de las propiedades mecánicas del concreto estructural.

- Hipotesis Auxiliar

H0: Al determinar el óptimo porcentaje de absorción de piedra caliza triturada de acuerdo a la relación agua/cemento no se mejora la resistencia de las propiedades mecánicas del concreto estructural.

H1: Al determinar el óptimo porcentaje de absorción de piedra caliza triturada de acuerdo a la relación agua/cemento si se mejora la resistencia de las propiedades mecánicas del concreto estructural.

- Observación ver Figura 32.

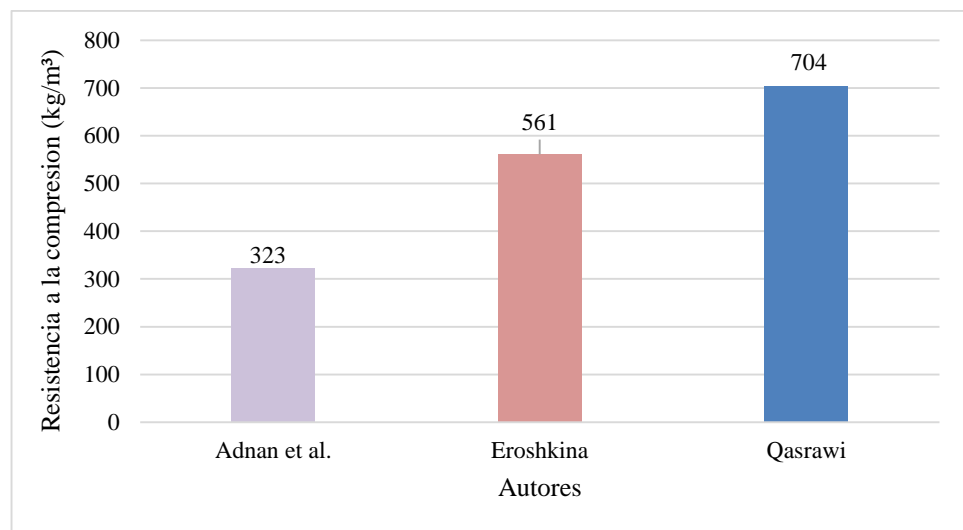


Figura 32: Contrastación hipótesis 4 según los autores

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de las muestras obtenidas de los autores “NA Eroshkina, MO Korovkin” su porcentaje de absorción del diseño de muestra ensayo 1, ensayo 2, ensayo 3, ensayo 4, ha sido de 3.40%, con una relación agua/cemento de 0.5 y logran un incremento a la resistencia a la compresión de 571 kg/cm², 540 kg/cm², 530 kg/cm², 520 kg/cm². Se observa que el aumento de la resistencia se debe a la absorción del agua ya que la se convierte en una geopolimero en estado plástico.

Según el autor “Hisham Qasrawi” la relación agua/cemento de cada mezcla de son 0.4,0.38,0.34, 0.4 se obtuvo que la resistencia a la compresión de 28 días 525 kg/cm², 547 kg/cm², 593 kg/cm², 546 kg/cm², 572 kg/cm², 611

kg/cm², 571 kg/cm², 604 kg/m⁴, 624 kg/cm², 561 kg/cm², 582 kg/cm², 607 kg/cm², 520 kg/cm², 530 kg/cm², 583 kg/cm² con una absorción de 1.67% para todos los diseños. Se observa que el aumento de la resistencia se debe a la cantidad de piedra caliza triturada junto con la absorción.

Según el autor “Adnan A. Muhsin , Nabeel Hameed Al-Saati, Suad Mohammed Heil , Khalid Hashim , Ahmed H. AlKhayyat” a la relación agua/cemento del diseño de mezcla es de 0.46,0.47,0.47,0.50,0.52 se obtuvo que la resistencia a la compresión a 28 días fue de 368 kg/cm², 323 kg/cm², 287 kg/cm², 246 kg/cm², 290 kg/cm² y con un porcentaje de absorción diferente para cada mezcla que son 3.70%, 5.39%, 5.74%, 5.62%, 6.44% como se observa en el artículo mientras el porcentaje de absorción crece disminuye su resistencia a la compresión

Según el autor “P. Rattanachu I. Karntong W. Tangchirapat, C. Jaturapitakkul P. Chindaprasirt” a la relación de agua/cemento de 0.3 se obtuvo 591 kg/cm², 642 kg/cm² y 704 kg/cm² de resistencia a la compresión con un porcentaje de absorción 0.57%, como se observa hay una relación entre menor porcentaje de absorción de piedra caliza y la resistencia a la compresión.

Se rechaza la hipótesis nula (H₀) y se acepta la hipótesis alterna(H₁) ya que se demuestra que, según las observaciones, que mientras menor sea el porcentaje de absorción mayor es la resistencia a la compresión

DISCUSIÓN

1. Para el desarrollo de la presente tesis diferentes autores hicieron aportes significativos para el uso adecuado de la piedra caliza triturada según Eroshkina et al. (2020) en la hipótesis 1 afirma que se encuentra que el uso de agregado de piedra caliza triturada en comparación con otros agregados gruesos investigados conduce a un incremento significativa a la resistencia a la compresión de 520 kg/cm³, 530 kg/cm³, 540 kg/cm³ y 571 kg/cm³, como se observa en la Figura 29. con respecto al artículo investigado por Qasrawi (2020) que afirma que la cantidad de piedra caliza triturada incrementa su resistencia a 525 kg/cm², 547 kg/cm², 592 kg/cm², por incluir aditivo reductor de agua de alto rango (HRWRA)
2. Según Qasrawi (2020) los agregados de piedra caliza con influencia de aditivos incorporadores de agua de alto rango tiende a tener una disminución de la resistencia a la flexión 56 kg/cm³, 58 kg/cm² y 62 kg/cm² como se observa en la como se observa en la Figura 30, con respecto al artículo de Eroshkina et al. (2020) que tiene una resistencia a la flexión de 65 kg/cm³, 72 kg/cm², 60 kg/cm².
3. Según Rattanachua et al. (2018) afirma en su artículo que las diferentes relaciones de agua/cemento 0.4, 0.38 y 0.34 en los diferentes diseños con la cantidad Óptima de piedra caliza triturada tiende a mejorar mientras que Adnan et al. (2018) afirma que la relación de agua/cemento para mejorar la resistencia a las propiedades mecánicas es de 0.5, como se observa en la Figura 31.
4. Según Adnan et al. (2018) afirma en su artículo que los diferentes porcentajes de absorción de la piedra caliza triturada 3.70%, 5.39%, 5.74% y 5.62% tiende a mejorar su resistencia a la compresión, con respecto al artículo de Qasrawi (2020) que solo tiene un solo porcentaje de absorción de 1.67% en todos sus diseños de mezcla

CONCLUSIONES

1. Para esta investigación de los resultados obtenidos se concluye que las propiedades mecánicas tuvo como óptima dosificación 1106 kg/m^3 de piedra caliza triturada, con una resistencia a la compresión de 571 kg/cm^2 , asimismo una óptima dosificación de piedra caliza para resistencia a la flexión fue de 1106 kg/m^3 con una resistencia a la flexión 65 kg/cm^3 , de acuerdo a la relación agua/cemento 0.5 que conduce el diseño de mezcla demuestra que mientras mayor sea la relación agua/cemento la resistencia del concreto estructural disminuye, así mismo con un porcentaje de 5,74% de absorción se concluye que con una mayor absorción del agua se incrementa en sus resistencias tanto para compresión y flexión.
2. Como se muestra en la Figura 29 según el artículo de Eroshkina et al. la piedra caliza triturada en su óptimo dosificaciones es de 1106 kg/m^3 tiene como una resistencia a la compresión de 571 kg/cm^2 y ha demostrado que el tipo de agregado tiene un significativo impacto en la resistencia esto confirma un menor agrietamiento en los hormigos, permitiendo un mejor diseño de la mezcla para un concreto estructural.
3. Como se muestra en la Figura 30, el uso de la piedra caliza en sus dosificaciones 1106 kg/m^3 , 1080 kg/m^3 y 1055 kg/m^3 muestra un incremento en la resistencia a la flexión hasta llegar al límite de proporcionalidad el cual es de la zona elástica-plástica y luego tiende a descender ya que supero su límite elástico, donde las características de la influencia de la piedra caliza triturada determinan las propiedades del hormigón.
4. Con base a la investigación el uso de la piedra caliza triturada de acuerdo a la relación agua/cemento para mejorar la resistencia de las propiedades mecánicas del concreto estructural tiene una relación de a/c 0.4, 0.38, 0.4 y dosificación de piedra caliza triturada es de 710.44 , 735.46 , 755.49 kg/m^3 , tiene como resultado a la resistencia a la compresión a los 28 días de 525 kg/cm^2 , 547 kg/cm^2 , 592 kg/cm^2 según la Figura 31, demuestra que mientras mayor sea la relación agua/cemento la resistencia del concreto estructural disminuye.

5. El uso de la piedra caliza triturada al determinar el óptimo porcentaje de absorción de acuerdo con su relación de a/c se mejora la resistencia de las propiedades mecánicas del concreto estructural que tiene como a/c 0.46, 0.47, 0.50 u 0.52 y para su porcentaje de absorción 3.70%, 5.39%, 5,74% y 5.62%, que mientras menor sea el porcentaje de absorción mayor es la resistencia a la compresión según la Figura 32.

RECOMENDACIONES

1. Para tener una mejor resistencia a la compresión del concreto estructural, se debe tener en cuenta el óptimo porcentaje de la piedra caliza triturada, no se debe de exceder el porcentaje ya antes mencionado debido a que los resultados van a verse afectados disminuyendo los esfuerzos de forma gradual afectando su desempeño estructural.
2. Para lograr un incremento en la resistencia a la flexión del agregado grueso de piedra caliza triturada, se debe tener en cuenta su óptimo porcentaje y ser ensayado en pruebas de 7, 14, 21 y 28 días, de esta manera se analizará de manera minuciosa sus características del cual se podrá comparar resultados que comprueben la mejora en la resistencia con el agregado antes mencionado.
3. Para mejorar las propiedades mecánicas del concreto y obtener un mejor diseño de mezcla, se debe tener una relación agua/cemento entre 0.42 y 0.60 respecto a la cantidad de cemento; dicha relación conlleva a que el concreto alcance una mejor resistencia ya que cuando esta relación es superior a lo establecida el concreto llega a un punto en donde no absorbe más agua por lo que quedan espacios vacíos y esto hace que el diseño deje de ser el adecuado.
4. El óptimo porcentaje de absorción de la piedra caliza triturada permite reducir la porosidad del concreto y tener un menor porcentaje de vacíos en el diseño de mezcla; de este modo el concreto no llega a sobresaturarse permitiendo mejorar las propiedades mecánicas del mismo y así mejora su durabilidad, trabajabilidad y consistencia.
5. Para futuros investigadores enfocados en la investigación de la piedra caliza triturada como reemplazo del agregado grueso en el concreto estructural es menester tratar el agregado natural para eliminar las impurezas que esta trae; así como, realizar pruebas de ensayo mecánicas como tracción, tensión, módulo de elasticidad, módulo de poisson, resistencia a la abrasión, resistencia a la compresión, módulo de elasticidad, ductilidad, resistencia al corte, flujo plástico para tener un mejor conocimiento sobre como el agregado antes mencionado mejora las propiedades mecánicas del concreto ya que la presente investigación estuvo enfocada principalmente en la resistencia a la compresión y flexión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adnan A. Muhsin, N. H.-S. (2018). *Mejora del rendimiento del hormigón de piedra caliza triturada utilizando materiales cementantes suplementarios: un estudio de caso* . Obtenido de Metromateriales de Construcción: 10.1088 / 1757-899X / 1058/1/012002
- Ahmad Ruslan Mohd Ridzuan, M. F. (2018). *Solid State Phenomena*. Obtenido de Effect of limestone powder in self consolidating lightweight foam concrete: <https://www.scientific.net/ssp.280.469>
- Alexander, M. G. (1996). *Materials Journal*. Obtenido de Aggregates and the deformation properties of concrete: <https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal/m/details/id/9863>
- Ambroziak, A. H. (s.f.).
- Ashkan, R. A. (2020). *Mathematical Problems in Engineering*. Obtenido de Laboratory evaluation of the performance of recycled aggregate concrete containing construction and stone factories waste in terms of compressive and tensile strength: <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2020/3054836/>
- AURELIA BRADU, P. M.-M. (2015). *Estudio comparativo de la propiedades hormigón autocompactante y hormigón vibrado incluyendo curva función completa de compresión el estudio comparativo del hormigón autocompactante y de propiedades de hormigón vibrado incluyendo el completo curva caracte*. Obtenido de Revista rumana de materiales.
- Awad, R. R. (2007). *Universidad EAFIT*. Obtenido de Hormigón Reforzado: <https://civilarq.com/libro/hormigon-reforzado-robotto-rochel-awad-libro-pdf/>
- Candra, A. W. (2021). *Journal of Physics*. Obtenido de Optimum amount of concrete objects of concrete asphalt layer using limestone aggregate: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1858/1/012068/meta>
- Chan, P. (1993). *ACI Materials Journal*. Obtenido de Quantitative analysis of aggregate shape based on fractals: <https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal/m/details/id/3894>

- Chavarry, C., Chavarría, L., A, V., Pereyra, E., Arieta, J., & Reginfo, C. (28 de 02 de 2020). Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica. Peru. Obtenido de <http://www.journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/230>
- Chiheb, D. B. (2017). *International Journal of Engineering Research in Africa*. Obtenido de Mechanical behavior and shrinkage of algerian very high performance concrete using local materials: <https://www.scientific.net/JERA.29.81>
- Fernández, A. Y. (1996). *Ingeniería*. Obtenido de High-performance concrete: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46770203.pdf>
- Frederik, L. (1998). *London–England: Edward Arnold Publishers*. Obtenido de The chemistry of cement and concrete: [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=736224](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=736224)
- Gonzales Sacsi, s., & Ticona cansaya, k. a. (2016). “*Evaluación de la influencia de la granulometría de piedra caliza, concentración de carbonato de calcio tiempo de residencia y temperatura de calcinación para mejorar el rendimiento en la obtención de óxido de calcio*”. obtenido de universidad nacional de san agustín de arequipa: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2403/IQticaka.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Heil, N. H. (2018). *Mejora del rendimiento del hormigón de piedra caliza triturada utilizando materiales cementantes suplementarios: un estudio de caso* . Obtenido de Metromateriales de Construcción: 10.1088 / 1757-899X / 1058/1/012002
- Hernandez, I. J. (2010). *Colombia: asociacion colombiana de productores de concreto ASOCRETO*. Obtenido de Tecnología del concreto, materiales, propiedades y diseño de mezclas: <https://idoc.pub/documents/tecnologia-del-concreto-tomo-1-6nq85xwxd1nw>
- Huaquisto Cáceres, S., & Germán, B. Q. (2018). *Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento*. Obtenido de Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno Perú: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572018000200007

- Huynh, T. H. (2018). *En Materials Science Forum*. Obtenido de Reciclaje de Residuos de Calizas como Agregado Fino para Concretos Convencionales y Verdes.
- Karntonga, W. T. (2018). *Influencia de la ceniza de bagazo y el agregado de hormigón reciclado en propiedades endurecidas del hormigón de alta resistencia*. Obtenido de METROateriales de ConstruCCión: <https://doi.org/10.3989/mc.2018.04717>
- Korovkin, E. y. (2020). *Influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto geopolimero*. Obtenido de Conferencia anual sobre informática y tecnología de la ingeniería (AC2SET): 10.1088 / 1757-899X / 1079/5/052058
- León, M. P. (2010). *Revista ingeniería de construcción*. Obtenido de Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-50732010000200003&script=sci_arttext&tlng=n
- Llatas, E. I. (2015). Resistencia a la comprésion axial del conereo utilizando agregado de piedra caliza triturada lavada. *Tesis* . Universidad privada del norte, Cajamarca.
- López, I. E. (2008). *Lima: ICG*. Obtenido de Materiales para el concreto.
- Martínez, J. I. (2003). *Ingeniería*. Obtenido de Caracterización del material calizo de la formación Carrillo Puerto en Yucatán: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46770101.pdf>
- Monteiro, M. Y. (1998). *Ingeniería*. Obtenido de Agregados de piedra caliza y su comportamiento en el concreto en la península de yucatán.: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46770203.pdf>
- Muhsin, H. M. (2021). *Mejora del rendimiento del hormigón de piedra caliza triturada utilizando materiales cementantes suplementarios: un estudio de caso en Irak*. Obtenido de Universidad Técnica Al-Furat Al-Awsat, Instituto Técnico Al-Mussaib: https://www.researchgate.net/publication/349611328_Improving_the_performan ce_of_crushed_limestone_concrete_utilizing_supplementary_cementitious_materials_A_case_study_in_Iraq
- NA Eroshkina, M. K. (2020). *Influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto*. Obtenido de Conferencia anual sobre informática y tecnología de la ingeniería (AC2SET): 10.1088 / 1757-899X / 1079/5/052058
- Nakarai, K. O. (2017). *Revista estructural ACI*, 114 (4). Obtenido de Resistencia al corte de vigas de hormigón con agregado de piedra caliza reforzada:

- <https://web.a.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=08893241&AN=123720079&h=KgM8C5UtyyZKxWMef5nfrHqY3P1ZrSn%2f919pS8rC%2fK8hO8xhXUGBo9Wi%2fYbZ9K4rU%2fK2ppReEH8seMdD4CyMvA%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&result>
- Neville, A. M. (1977). *Tecnología del concreto*. Obtenido de (No. 620.136 N4): <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=UACHBC.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=036967>
- Niño, H. J. (2010). [3a ed. revisada y actualizada por: Ing. Jairo René Niño Hernández]. *Bogotá, D.C., Colombia: Asociación Colombiana de Productores de Concreto*. Obtenido de *Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezclas*: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=UACHBC.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=036967>
- P. Rattanachua, I. K. (2018). *Influencia de la ceniza de bagazo y El agregado de hormigón reciclado en propiedades endurecidas del hormigón de alta resistencia*. Obtenido de *Materiales de construcción*: <https://doi.org/10.3989/mc.2018.04717>
- Palbol. (1996). *Ingeniería*. Obtenido de *Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto*: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46770203.pdf>
- Qasrawi, H. (2020). *Propiedades endurecidas del hormigón verde autoconsolidado fabricado con agregados gruesos de escoria de acero en condiciones de calor*. Obtenido de *Revista de materiales ACI*: doi: 10.14359 / 51719072
- Quiroga, P. N. (2003). *La Universidad de Texas en Austin*. Obtenido de *El efecto de las características de los agregados sobre el desempeño del hormigón de cemento portland*: <https://www.proquest.com/openview/0bf74435120c6154e2fc2cc04489c215/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Rattanachua. (2018). *Influencia de la ceniza de bagazo y el agregado de hormigón reciclado en propiedades endurecidas del hormigón de alta resistencia*. Obtenido de *Materiales de construcción*: <https://doi.org/10.3989/mc.2018.04717>
- Rivva, E. (2007). *Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia*. Obtenido de *Patologías del concreto*. .

- Romero Quintero, A. F. (2014). Obtenido de Diseño de mezclas de hormigón por el método aci y efectos de la adición de cenizas volantes de termotasajero en la resistencia a la compresión.: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/915>
- Scheinherrová, L. Č. (2018). *Engineering Materials*. Obtenido de Propiedades mecánicas y físicas básicas del hormigón de alta resistencia expuesto a temperaturas elevadas: <https://www.scientific.net/KEM.760.108>
- Solís, R. G. (2012). *Revista ALCONPAT*, 2(1), 21-28. Obtenido de Resistencia de concreto con agregado de alta absorción y baja relación a/c.: <https://revistaalconpat.org/index.php/RA/article/view/23>
- Trong, P. H. (2018). *Materials Science Forum (Vol. 928, págs. 257-262)*. *Trans Tech Publications Ltd*. Obtenido de Reciclaje de Residuos de Calizas como Agregado Fino para Concretos Convencionales y Verdes: <https://www.scientific.net/MSF.928.257>
- Uribe, R. (1991). "Construcción y tecnología," (*México*), (40), p. 34. Obtenido de El control de calidad en los agregados para concreto 3a parte.
- Yam, J. L. (2003). *Ingeniería*, 7(2), 39-46. Obtenido de Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto.: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46770203.pdf>

ANEXO

Anexo 1: Matriz De Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	Indicadores
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Independiente	
¿Cómo la piedra caliza triturada mejora las propiedades mecánicas del concreto estructural?	Analizar la piedra caliza triturada para mejorar las propiedades mecánicas del concreto estructural.	Al analizar la piedra caliza triturada lavada se mejora las propiedades mecánicas del concreto estructural	Piedra caliza triturada	Porcentaje de piedra caliza triturada
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Dependiente	Indicadores
¿De qué manera la óptima dosificación de piedra caliza triturada influye en la compresión del del concreto?	Determinar la óptima dosificación de piedra caliza triturada para mejorar la resistencia a la compresión del concreto estructural	Al determinar la óptima dosificación de piedra caliza triturada se mejora la resistencia a la compresión del concreto estructural.	Propiedades físico-mecánicas del concreto	Tamaño máximo del agregado
¿De qué manera la óptima dosificación de piedra caliza triturada influye en la resistencia a la flexión del concreto?	Determinar la dosificación de piedra caliza triturada para mejorar la resistencia a la flexión del concreto estructural.	Al determinar la óptima dosificación de piedra caliza triturada se mejora la resistencia a la flexión del concreto estructural		Contenido de aire del agregado

<p>¿De qué manera la óptima dosificación de piedra caliza triturada de acuerdo a la relación agua/cemento para mejorar la resistencia de las propiedades del concreto estructural?</p>	<p>Determinar la óptima dosificación de piedra caliza triturada de acuerdo a la relación agua/cemento para mejorar la resistencia de las propiedades mecánicas del concreto estructural</p>	<p>Al determinar la óptima dosificación de piedra caliza triturada de acuerdo a la relación agua/cemento para mejorar la resistencia de las propiedades mecánicas del concreto estructural</p>	<p>Fuerza axial</p>
<p>¿De qué manera el porcentaje de piedra caliza triturada influye en la absorción del concreto?</p>	<p>Determinar el óptimo porcentaje de absorción de piedra caliza triturada de acuerdo a la relación agua/cemento se mejora la resistencia de las propiedades mecánicas del concreto estructural</p>	<p>Al determinar el óptimo porcentaje de absorción de piedra caliza triturada de acuerdo a la relación agua/cemento se mejora la resistencia de las propiedades mecánicas del concreto estructural</p>	<p>Porosidad</p>

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 2: Tema Asignado para la elaboración de la tesis

Título	PIEDRA CALIZA TRITURADA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL
PREGUNTA	¿Cómo la piedra caliza triturada mejora las propiedades físico mecánicas del concreto estructural?
OBJETIVO GENERAL	Analizar la piedra caliza triturada para mejorar las propiedades físico mecánicas del concreto estructural.
JUSTIFICACIÓN	La investigación permite ampliar nuestros conocimientos sobre la piedra caliza triturada usada como agregado grueso; se espera introducir nuevas tecnologías aplicadas a las mezclas de concreto y así, como profesionales, no encasillarnos en el uso del concreto convencional logrando proponer alternativas que puedan optimizar el uso de recursos naturales y económicos; así mismo, poder aportar al área de tecnología del concreto y a la carrera de Ingeniería Civil.
VIABILIDAD	Gracias al avance tecnológico contamos con bibliotecas virtuales y motores de búsqueda los cuales facilitan poder direccionar correctamente la investigación, contar con fuentes confiables y datos recopilados de investigaciones relacionadas al tema; por lo tanto, al contar con basta información nacional e internacional la investigación es viable y es posible realizar una tesis documental que aporte al conocimiento de nuestro país y el mundo.

Anexo 3: Revisión bibliográfica

Fuente	Autor	Título	Cita Bibliográfica
1	P. Rattanachua, I. Karntonga, W. Tangchirapata, C. Jaturapitakkula, P. Chindaprasirt	Influencia de la ceniza de bagazo y el agregado de hormigón reciclado en propiedades endurecidas del hormigón de alta resistencia	Rattanachu, P., Karntong, I., Tangchirapat, W., Jaturapitakkul, C., & Chindaprasirt, P. (2018). Influence of bagasse ash and recycled concrete aggregate on hardened properties of high-strength concrete. <i>Materiales De Construcción</i> , 68(330) doi: http://dx.doi.org/10.3989/mc.2018.04717
2	Al Candra*, S. Winarto, AD Cahyono, ZB Mahardana	Cantidad óptima de objetos de hormigón de capa de asfalto de hormigón utilizando agregado de piedra caliza	Candra, A., Winarto, S., Cahyono, A. D., & Mahardana, Z. B. (2021). Optimum amount of concrete objects of concrete asphalt layer using limestone aggregate. <i>Journal of Physics: Conference Series</i> , 1858(1) doi: http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1858/1/012068
3	Jorge de Brito, Rawaz Kurda y Pedro Raposeiro da Silva	¿Podemos predecir verdaderamente la resistencia a la compresión del concreto sin conocer las propiedades de los agregados?	De Brito, J., Kurda, R., & Pedro Raposeiro, d. S. (2018). Can we truly predict the compressive strength of concrete without knowing the properties of aggregates? <i>Applied Sciences</i> , 8(7) doi: http://dx.doi.org/10.3390/app8071095
4	Adnan A. Muhsin, Nabeel Hameed Al-Saati, Suad Mohammed Heil, Khalid Hashim, Ahmed H. AlKhayyat	Mejora del rendimiento del hormigón de piedra caliza triturada utilizando materiales cementantes suplementarios: un estudio de caso en Irak	Muhsin, A. A., Al-Saati, N. H., Heil, S. M., Hashim, K., & AlKhayyat, A. H. (2021, February). Improving the performance of crushed limestone concrete utilizing supplementary cementitious materials: A case study in Iraq. In <i>IOB Conference</i>
5	Kenichiro Nakarai, Yuko Ogawa, Kenji Kawai y Ryoichi Sato	Resistencia al corte de vigas de hormigón de agregado de piedra caliza reforzadas	Nakarai, K., Ogawa, Y., Kawai, K., & Sato, R. (2017). Shear strength of reinforced limestone aggregate concrete beams. <i>ACI Structural Journal</i> , 114(4), 1007-1017. doi: http://dx.doi.org/10.14359/51689725
6	Aurelia Bradu, Petru Mihai, Mihai Budescu, Oana-Mihaela Banu, Nicolae Țăranu, Nicolae Florea	Estudio comparativo de la propiedades hormigón autocompactante y hormigón vibrado incluyendo curva función completa de compresión el estudio comparativo del hormigón autocompactante y de propiedades de hormigón vibrado incluyendo el completo curva característica bajo compresión	Bradu, a., mihai, p., budescu, m., banu, o., țăranu, n., & florea, n. (2017). Studiul comparativ al proprietăților betonului autocompactant și betonului vibrat incluzând curva caracteristică completă la COMPRESIUNE. <i>Revista Romana De Materiale</i> , 47(3), 379-386. Retrieved from http://aulavirtual.urp.edu.pe/bdacademicas/scholarly-journals/studiul-comparativ-al-proprietăților-betonului/docview/1979764979/se-2?accountid=45097

7	Jonie Tanijaya, Suleman Tappi, Jabair	Las propiedades mecánicas de la piedra caliza como agregado sobre hormigón de alta resistencia.	Tanijaya, J., Tappi, S., & Jabair. (2021). The mechanical properties of limestone as an aggregate on high strength concrete. IOP Conference Series. Materials Science and Engineering, 1088(1) doi:http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/1088/1/012098
8	NA Eroshkina, MO Korovkin.	Influencia del tipo de agregado en las propiedades del concreto geopolimero	Eroshkina, N. A., & Korovkin, M. O. (2021). Influence of aggregate type on properties of geopolymer concrete. IOP Conference Series. Materials Science and Engineering, 1079(5) doi:http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/1079/5/052058
9	Xiaomeng Ding, Jianli Hao, Zhongfan Chen, Jianan Qi, Meloni Marco	Nuevo Método de diseño de mezcla para concreto reciclado con agregado grueso de concreto de fuente mixta	Xiaomeng, D., Jianli, H., Chen, Z., Jianan, Q., & Meloni, M. (2020). New mix design method for recycled concrete using mixed source concrete coarse aggregate. Waste and Biomass Valorization, 11(10), 5431-5443. doi:http://dx.doi.org/10.1007/s12649-020-01073-7
10	F. Cassagnabère, M. Mouret1, VA LE.	Propiedades de SCC mezclado en condiciones de clima cálido: trabajabilidad, aspectos mecánicos y físicos	Cassagnabère, F., Mouret, M., & Le, V. A. (2016). Properties of SCC mixed in hot weather conditions: Workability, mechanical and physical aspects. Iranian Journal of Science and Technology. Transactions of Civil Engineering, 40(3), 251-255. doi:http://dx.doi.org/10.1007/s40996-016-0020-5
12	R. G. Solís, E. I. Moreno, E. Arjona	Resistencia de concreto con agregado de alta absorción y baja relación a/c	Solís, R. G., Moreno, E., & Arjona, E. (2012). Resistencia de concreto con agregado de alta absorción y baja relación a/c. Revista ALCONPAT, 2(1), 21-28.
13	Eric I. Moreno	Coefficientes de carbonatación del hormigón elaborado con agregado de piedra caliza de alta absorción	Moreno, E. I. (2013). Carbonation coefficients from concrete made with high-absorption limestone aggregate. Advances in Materials Science and Engineering, 2013.
14	Fei Zou, Colmillo de Zheng-feng y Ming-yao Xia	Estudio de las propiedades mecánicas dinámicas de la piedra caliza bajo cargas compresivas de impacto uniaxial	Zou, F., Fang, Z. F., & Xia, M. Y. (2016). Study on dynamic mechanical properties of limestone under uniaxial impact compressive loads. Mathematical Problems in Engineering, 2016..

15	Campos LLatas, Elver Iván	Resistencia A Compresión Axial Del Concreto Utilizando Agregado De Piedra Caliza Triturada Lavada, 2015	Campos LLatas, E. I. (2015). Resistencia a compresión axial del concreto utilizando agregado de piedra caliza triturada lavada, 2015.
16	I.C. Lauro A .Alonzo Salomón; I.C. Leopoldo Espinosa Graham	Estudio de las propiedades de la roca caliza de Yucatán	Salomón, L. A. A., & Graham, L. E. (2003). Estudio de las propiedades de la roca caliza de Yucatán. <i>Ingeniería</i> , 7(1), 27-36.
17	Faeze Nejati, Samira Ahmadi y SA Edalatpanah	Investigación experimental de zeolita y polvo de piedra caliza sobre la resistencia del hormigón autocompactante	Nejati, F., Ahmadi, S., & Edalatpanah, S. A. (2019). Experimental investigation of zeolite and limestone powder on self-compacting concrete strength after early loading. <i>International Journal of Structural Integrity</i> .
18	ZF Zhao, XZ Zhang, LF Li y Y Yang	Estudio experimental de comportamiento de trabajo y propiedades mecánicas de caucho con hormigón en polvo de piedra caliza	Zhao, Z. F., Zhang, X. Z., Li, L. F., & Yang, Y. (2021, May). Experimental study of working performance and mechanical properties to rubber with limestone powder concrete. In <i>IOP Conference Series: Earth and Environmental Science</i> (Vol. 783, No. 1, p. 012048). IOP Publishing.
19	Nahla N. Hilal, Abdulrahman S. Mohammed, Taghreed K. Mohammed Ali	Propiedades del hormigón ecológico que contiene piedra caliza y baldosas de cerámica Residuos expuestos a altas temperaturas	Hilal, N. N., Mohammed, A. S., & Ali, T. K. M. (2020). Properties of eco-friendly concrete contained limestone and ceramic tiles waste exposed to high temperature. <i>Arabian Journal for Science and Engineering</i> , 45(5), 4387-4404.
20	Qiang Wang, Jun Yang, Honghui Chen	Propiedades a largo plazo del hormigón que contiene polvo de piedra caliza	Wang, Q., Yang, J., & Chen, H. (2017). Propiedades a largo plazo del hormigón que contiene polvo de piedra caliza. <i>Materiales y Estructuras</i> , 50(3), 1-13.
21	Nader Ghafoori, Rebecca Spitek y Meysam Najimi	Propiedades de transporte del hormigón autoconsolidado que contiene piedra caliza	Ghafoori, N., Spitek, R., & Najimi, M. (2017). Transport Properties of Limestone-Containing Self-Consolidating Concrete. <i>ACI Materials Journal</i> , 114(4).

- 22 Anthony N. Ede, Oluwarotimi M. Olofinnade, Opeyemi Inehua, David O. Nduka y Oshobunju A. Oshobunju Influencia de la fibra de bambú y el polvo de piedra caliza en las propiedades del hormigón autocompactante Ede, A. N., Olotinnade, O. M., Joshua, O., Nduka, D. O., & Oshogbunu, O. A. (2020). Influence of bamboo fiber and limestone powder on the properties of self-compacting concrete. *Conant Engineering*, 7(1), 1771-1780.
- 23 Dragan Radulović, Anja Terzić, Lato Pezo, Ljubiša Andrić, Irena Grigorova El estudio quimiométrico de las propiedades físico-químicas y el comportamiento térmico de la piedra caliza para su aplicación en materiales compuestos de construcción Radulović, D., Terzić, A., Pezo, L., Andrić, L., & Grigorova, I. (2017). The Chemometric Study of Limestone Physico-chemical Properties and Thermal Behavior for Application in Construction Composites. *Science of Sintering*, 49(3).
- 24 Nenad Ristić, Zoran Grdić, Gordana Topličić Ćurčić, Dušan Grdić, Dejan Krstić Propiedades Del Hormigón Autocompactante Producido Sin Materiales Residuales Como Adición Mineral Ristic, N., Grdic, Z., Curcic, G. T., Grdic, D., & Krstic, D. (2019). Properties of self-compacting concrete produced with waste materials as mineral admixture. *Revista Romana de Materiale*, 49(4), 568-580.
- 25 Agathe Bourchy, Laury Barnes-Davin, Laetitia Bessette y Jean Michel Torrent Efecto de la composición del cemento sobre el estado fresco y el calor de hidratación del cemento Portland con piedra caliza y escoria Bourchy, A., Barnes-Davin, L., Bessette, L., & Torrenti, J. M. (2020). Effect of cement composition on fresh state and heat of hydration of Portland cement with limestone and slag. *ACI Materials Journal*, 117(1), 153-165.
- 26 R. Sakurada, K. Terui, M. Miyamoto, A. Ferrari, N. Sasaki y A. Ishii Propiedades de resistencia del hormigón fabricado con material granular Sakurada, R., Terui, K., Miyamoto, M., Ferrari, A., Sasaki, N., & Ishii, A. (2019). Strength Properties of Concrete Made with Granular Material. *ACI Materials Journal*, 116(1).
- 27 Mohammad Aqel y Daman K. Panesar Formación retardada de etringita en hormigón que contiene Relleno de piedra caliza Aqel, M., & Panesar, D. K. (2018). Delayed Ettringite Formation in Concrete Containing Limestone Filler. *ACI Materials Journal*, 115(4).
- 28 Hung-Wen Chung, Thanachart Subgranon, Yahui Wang, Harvey DeFord y Mang Tia Evaluación de concreto de pavimento con bajo volumen de pasta utilizando cemento de piedra caliza Portland Chung, H. W., Subgranon, T., Wang, Y., DeFord, H., & Tia, M. (2020). Evaluation of pavement concrete with low paste volume using Portland limestone cement. *ACI Materials Journal*, 117(2), 181-192.
- 29 AR Mohd Ridzuan, MA Mohd Fauzi, MF Arshad, MS Harun, N. Jasmi Efecto del polvo de piedra caliza en espuma liviana autoconsolidante Hormigón Mohd Ridzuan, A. R., Mohd Fauzi, M. A., Arshad, M. F., Harun, M. S., & Jasmi, N. (2018). Effect of Limestone Powder in Self Consolidating Lightweight Foam Concrete. *Solid State Phenomena*, 280, 469-475. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ssp.280.469>
- 30 Yunfeng Xiao, Yaoting Zhang, Jiezhil Lu, Yong Liu y Wenjie Cheng Análisis experimental sobre la pérdida por fricción previa a la tensión de vigas de hormigón de arena de piedra caliza triturada Xiao, Y., Zhang, Y., Lu, J., Liu, Y., & Cheng, W. (2018). Experimental analysis on pre-stress friction loss of crushed limestone sand concrete beams. *Applied Sciences*, 8(5), 683.

31	CHIHEB Dalila, BELAOURA Mebarek, OUDJIT Mohamed Nadjib y BALI Abderrahim	Comportamiento mecánico y contracción de muy alto rendimiento argelino Hormigón con materiales locales	Chiheb, D., Belaoura, M., Oudjit, M. N., & Bali, A. (2017). Mechanical Behavior and Shrinkage of Algerian Very High Performance Concrete Using Local Materials. <i>International Journal of Engineering Research in Africa</i> , 29, 81–89. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/jera.29.81
32	HUYNH Trong-Phuoc, HWANG Chao-Lung y la ONG Si-Huy	Reciclaje de residuos de piedra caliza como agregado fino para uso convencional y Hormigones Verdes	Huynh, T. P., Hwang, C. L., & Ngo, S. H. (2018). Recycling of Waste Limestone as Fine Aggregate for Conventional and Green Concretes. <i>Materials Science Forum</i> , 928, 257–262. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.928.257
33	Faeze Nejati, Samira Ahmadi y SA Edalatpanah	Investigación experimental de zeolita y polvo de piedra caliza sobre la resistencia del hormigón autocompactante	Nejati, F., Ahmadi, S., & Edalatpanah, S. A. (2019). Experimental investigation of zeolite and limestone powder on self-compacting concrete strength after early loading. <i>International Journal of Structural Integrity</i> , 10(1), 515–533.
34	MBH Ab Manaf, R Abdul Razak, KMuhamad, MAbdul Rahim, MM Ahmad, TP Hao	Un estudio sobre el potencial del agregado artificial geopolimero como sustituto del agregado de granito y piedra caliza	MBH Ab, M., R, A. R., Muhamad, K., M, A. R., Ahmad, M. M., & Hao, T. P. (2020). A study on the potential of geopolymer artificial aggregate as substitute for granite and limestone aggregate. <i>IOP Conference Series: Earth and Environmental Science</i>
35	Z Sierens, B Vandevyvere, L Kyndt, G Tytens y J Li	Ensayos no destructivos de hormigón agregado reciclado	Sierens, Z., Vandevyvere, B., Kyndt, L., Tytens, G., & Li, J. (2019). Non-destructive testing of recycled aggregate concrete. <i>IOP Conference Series: Earth and Environmental Science</i> , 290(1) doi: http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/290/1/012032
36	Ebru Başpınar Tuncay, Şemsettin Kılıncarslan, Fuzuli Yağmurlu	Investigación de la usabilidad como agregado de diferentes rocas originadas	Tuncay, E. B., Kılıncarslan, Ş., & Yağmurlu, F. (2016). Investigation of usability as aggregate of different originated rocks. <i>IOP Conference Series: Earth and Environmental Science</i> , 11(1) doi: http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/11/1/012000

37	Hock Yong Tiong, Siong Kang Lim, Yee Ling Lee, Ming Kun Yew y Jee Hock Lim	Propiedades de absorción y resistencia del hormigón celular ligero con polvo de cáscara de huevo como material de reemplazo parcial del cemento	Hock, Y. T., Siong, K. L., Yee, L. L., Yew, M. K., & Jee, H. L. (2020). Absorption and strength properties of lightweight foamed concrete with egg shell powder as partial replacement material of cement. <i>IOP Conference Series. Earth and Environmental Science</i> , 476(1) doi: http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/476/1/012021
38	Chanchai Nghopok, Vanchai Sata, Thaned Satiennam, Pongrid Klungboonkrong, y Prinya Chindaprasirt	Propiedades mecánicas, conductividad térmica y absorción de sonido de permeable Hormigón que contiene hormigón reciclado y agregados de cenizas de fondo	Chanchai, N., Vanchai, S., Thaned, S., Pongrid, K., & Prinya, C. (2018). Mechanical properties, thermal conductivity, and sound absorption of pervious concrete containing recycled concrete and bottom ash aggregates. <i>KSCE Journal of Civil Engineering</i> , 22(4), 1369-1376. doi: http://dx.doi.org/10.1007/s12205-017-0144-6
39	M Amin, Yi Supriyatna, S Sumardi	El material de Lampung como agregado grueso para sustituir la andesita para la fabricación de hormigón.	Amin, M., Supriyatna, Y. I., & Sumardi, S. (2018). The material from lampung as coarse aggregate to substitute andesite for concrete-making. <i>IOP Conference Series. Materials Science and Engineering</i> , 285(1) doi: http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/285/1/012016
40	Elettherios Anastasiou, Michail Papachristodorou, Dimitrios Anesiadis, Konstantinos Zafeiridis y Eirini-Chrysanthi Tsardaka	Investigación del uso de agregados de concreto reciclado que se originan en una sola planta de concreto premezclado	Anastasiou, E., Papachristodorou, M., Anesiadis, D., Zafeiridis, K., & Eirini-Chrysanthi Tsardaka. (2018). Investigation of the use of recycled concrete aggregates originating from a single ready-mix concrete plant. <i>Applied Sciences</i> , 8(11)
41	WANG Aiguo, LIU Peng, LIUKaiwei, LI Yan, ZHANGGaozhan, SUNDaosheng	Aplicación de agregados de escoria de alto horno refrigerados por aire como reemplazo de agregados naturales en Materiales: Un estudio sobre la propiedad de absorción de agua	Wang, A., Liu, P., Liu, K., Li, Y., Zhang, G., & Sun, D. (2018). Application of air-cooled blast furnace slag aggregates as replacement of natural aggregates in cement-based materials: A study on water absorption property. <i>Journal of Wuhan University of Technology. Materials Science Edition</i> , 33(2), 445-451. doi: http://dx.doi.org/10.1007/s11595-018-1843-6
42	Huailiang Wang, Min Wei, Yuhui Wu, Jianling Huang, Huihua Chen y Baoquan Cheng	Comportamiento mecánico del hormigón ligero reforzado con fibra de acero expuesto a altas temperaturas	Wang, H., Wei, M., Wu, Y., Huang, J., Chen, H., & Cheng, B. (2021). Mechanical behavior of steel fiber-reinforced lightweight concrete exposed to high temperatures. <i>Applied Sciences</i> , 11(1), 116. doi: http://dx.doi.org/10.3390/app11010116

43	Jihwan Kim, Goangseup Zi y David A. Lange	Medición de la absorción de agua de partículas muy finas mediante resistividad eléctrica	Kim, J., Zi, G., & Lange, D. A. (2017). Measurement of water absorption of very fine particles using electrical resistivity. <i>ACI Materials Journal</i> , 114(6), 957-965. doi:https://doi.org/10.14359/51709941
44	F. Fiol 1, C. Thomas, JM Manso y yo. López	Influencia del agregado de hormigón prefabricado reciclado en la durabilidad de los procesos físicos del hormigón	Fiol, F., Thomas, C., Manso, J. M., & López, I. (2020). Influence of recycled precast concrete aggregate on durability of Concrete's physical processes. <i>Applied Sciences</i> , 10(20), 7348. doi:https://doi.org/10.3390/app10207348
45	R. Sakurada, K. Terui, M. Miyamoto, A. Ferrari, N. Sasaki y A. Ishii	Propiedades de resistencia del hormigón fabricado con material granular	Sakurada, R., Terui, K., Miyamoto, M., Ferrari, A., Sasaki, N., & Ishii, A. (2019). Strength properties of concrete made with granular material. <i>ACI Materials Journal</i> , 116(1), 147-153. doi:http://dx.doi.org/10.14359/51712241
46	Jonie Tanijaya, Suleman Tappi, Jabair	Las propiedades mecánicas de la piedra caliza como agregado sobre hormigón de alta resistencia	Tanijaya, J., Tappi, S., & Jabair. (2021). The mechanical properties of limestone as an aggregate on high strength concrete. <i>IOP Conference Series. Materials Science and Engineering</i> , 1088(1) doi:http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/1088/1/012098
47	Al-Gahtani, Khalid; Alsulahi, Ibrahim; Ali, Mohamed; Marzouk, Mohamed.	Producción de hormigón verde utilizando áridos de residuos reciclados y subproductos	Al-Gahtani, K., Alsulahi, I., Ali, M., & Marzouk, M. (2017). Production of green concrete using recycled waste aggregate and byproducts. <i>Built Environment Project and Asset Management</i> , 7(1), 113-125. doi:https://doi.org/10.1108/BEPAM-09-2016-0016
48	Miguel Bravo, Jorge de Brito dos y Luallis evangelista	Rendimiento térmico del hormigón con áridos reciclados de plantas CDW	Bravo, M., de Brito, J., & Evangelista, L. (2017). Thermal performance of concrete with recycled aggregates from CDW plants. <i>Applied Sciences</i> , 7(7), 740. doi:https://doi.org/10.3390/app707740
49	Michael R. Brandes y Yahya C. Kurama	Comportamiento de carga de servicio de vigas de hormigón prefabricado / pretensado con agregados de hormigón reciclado	Brandes, M. R., & Kurama, Y. C. (2018). Service-load behavior of Precast/Prestressed concrete beams with recycled concrete aggregates. <i>ACI Structural Journal</i> , 115(3), 861-872. doi:https://doi.org/10.14359/51707123
50	Hisham Qasrawi	Propiedades endurecidas del hormigón verde autoconsolidado fabricado con agregados gruesos de escoria de acero en condiciones de calor	Qasrawi, H. (2020). Hardened properties of green self-consolidating concrete made with steel slag coarse aggregates under hot conditions. <i>ACI Materials Journal</i> , 117(1), 107-118. doi:https://doi.org/10.14359/51719072
51	R. Sakurada, K. Terui, M. Miyamoto, A. Ferrari, N. Sasaki y A. Ishii	Propiedades de resistencia del hormigón fabricado con material granular	Sakurada, R., Terui, K., Miyamoto, M., Ferrari, A., Sasaki, N., & Ishii, A. (2019). Strength properties of concrete made with granular material. <i>ACI Materials Journal</i> , 116(1), 147-153. doi:https://doi.org/10.14359/51712241

Anexo 4 : Selección documental

#	Titulo	Español	Autor	Citas	Resumen
1	Influence of bagasse ash and recycled concrete aggregate on hardened properties of high-strength concrete	Influencia de la ceniza de bagazo y el agregado de hormigón reciclado en propiedades endurecidas del hormigón de alta resistencia	P. Rattanachua, I. Karntong, W. Tangchirapata*, C. Jaturapitakkula, P. ChindapasirtB	Rattanachu, P., Karntong, I., Tangchirapat, W., Jaturapitakkul, C., & Chindapasirt, P. (2018). Influence of bagasse ash and recycled concrete aggregate on hardened properties of high-strength concrete. <i>Materiales De Construcción</i> , 68(330) doi: http://dx.doi.org/10.3989/mc.2018.04717	Esta investigación se centra en el uso de la caliza de bagazo como remplazo de cemento de concreto agregado reciclado de alta resistencia en el cual la piedra triturada se replazo con agregado de de concreto añ 100 % reciclado y la seniza de de bagazo molido (GBA) se usó para reemplazar parcialmente el cemento Portland ordinario (OPC) al 20, 35 y 50% en peso de aglutinante para moldear HS-RAC.
2	Optimum amount of concrete objects of concrete asphalt layer using limestone aggregate	Cantidad óptima de objetos de hormigón de capa de asfalto de hormigón utilizando agregado de piedra caliza	Al Candra*, S. Winarto, AD Cahyono, ZB Mahardana	Candra, A., Winarto, S., Cahyono, A. D., & Mahardana, Z. B. (2021). Optimum amount of concrete objects of concrete asphalt layer using limestone aggregate. <i>Journal of Physics: Conference R., & Pedro Raposeiro, d. S.</i> (2018). Can we truly predict the compressive strength of concrete without knowing the properties of aggregates? <i>Applied Sciences</i> , 8(7), 1-11.	Las muestras de capa de asfalto de concreto son una mezcla de agregado grueso, agregado fino, relleno y asfalto, que se trituran según el número de planes de colisión.
3	Can We Truly Predict the Compressive Strength of Concrete without Knowing the Properties of Aggregates?	¿Podemos predecir verdaderamente la resistencia a la compresión del concreto sin conocer las propiedades de los agregados?	Jorge de Brito , Rawaz Kurda y Pedro Raposeiro da Silva dos	de Brito, J., Kurda, R., & Pedro Raposeiro, d. S. (2018). Can we truly predict the compressive strength of concrete without knowing the properties of aggregates? <i>Applied Sciences</i> , 8(7), 1-11.	Esta investigaion se centra en la influencia de la naturaleza geológica y la calidad de los áridos en la resistencia a la compresión del hormigón y explica por qué es importante no ignorar las características de los áridos en la estimación de la resistencia del hormigón, incluso para áridos vírgenes
4	"Improving the Performance of Crushed Limestone Concrete Using Supplemental Cementing Materials: A Case Study in Iraq "	Mejora del rendimiento del hormigón de piedra caliza triturada utilizando materiales cementantes suplementarios: un estudio de caso en Irak	Adnan A. Muhsin , Nabeel Hameed Al-Saati , Suad Mohammed Heil , Khalid Hashim, Ahmed H. AlKhayyat	Muhsin, A. A., Al-Saati, N. H., Heil, S. M., Hashim, K., & AlKhayyat, A. H. (2021, February). Improving the performance of crushed limestone concrete utilizing supplementary cementing materials. <i>Journal of Materials Research</i> , 32(1), 1-11.	la sigueinte investigación se realizo con la finalidad de estudiar las propiedades del concreto que incorpora (0-100) % de caliza triturada (CLS) local como remplazo parcial del agregado grueso
5	Shear Strength of Stone Aggregate Concrete Beams reinforced limestone	Resistencia al corte de vigas de hormigón de agregado de piedra caliza reforzadas	Kenichiro Nakarai, Yuko Ogawa, Kenji Kawai y Ryoichi Sato	Nakarai, K., Ogawa, Y., Kawai, K., & Sato, R. (2017). Shear strength of reinforced limestone aggregate concrete beams. <i>ACI Structural Journal</i> , 114(4), 1007-1017. doi: http://dx.doi.org/10.14359/51689725	este estudio comparó las propiedades de fractura del concreto de resistencia normal y la resistencia al corte de las vigas de concreto reforzado (RC) con agregado de piedra caliza con aquellas con agregado de riolita como referencia

6	Comparative study of the properties of self-compacting concrete and vibrated concrete including full compression function curve the comparative study of self-compacting	Estudio comparativo de la propiedades hormigón autocompactante y hormigón vibrado incluyendo curva función completa de compresión el estudio comparativo del	AURELIA BRADU, PETRU MIHAI, MIHAI BUDESCU, OANA-MIHAELA BANU, NICOLAE ȚĂRANU , NICOLAE FLOREA	Bradu, a., mihai, p., budescu, m., banu, o., țăranu, n., & florea, n. (2017). Studiul comparativ al proprietăților betonului autocompactant și betonului vibrat incluzând curba	El estudio del comportamiento del SCC en el rango postelástico, que es una característica importante en el diseño estructural de las construcciones ubicadas en áreas sísmicas, brinda la posibilidad de evaluar la capacidad real de disipación de energía.
7	The mechanical properties of limestone as an aggregate on high-strength concrete.	Las propiedades mecánicas de la piedra caliza como agregado sobre hormigón de alta resistencia.	Jonie Tanijaya1, Suleman Tappi2, Jabair3	Tanijaya, J., Tappi, S., & Jabair. (2021). The mechanical properties of limestone as an aggregate on high strength concrete. IOP Conference Series. Materials Science and Engineering	En la construcción de hormigón se han realizado diversos estudios e innovaciones con el fin de obtener hormigón de alta resistencia
8	Optimum quantity of concrete asphalt layer concrete objects using limestone aggregate	Cantidad óptima de objetos de hormigón de capa de asfalto de hormigón utilizando agregado de piedra caliza	NA Eroshkina1, MO Korovkin1	Eroshkina, N. A., & Korovkin, M. O. (2021). Influence of aggregate type on properties of geopolymer concrete. IOP Conference Series. Materials Science and Engineering, 1079/51	Se realizara estudios comparativos de resistencia del concreto geopolimérico elaborado con agregado grueso a base de granito, piedra caliza, chatarra de concreto
9	New Mix Design Method for Recycled Concrete with Coarse Aggregate Mixed Source Concrete	Nuevo Método de diseño de mezcla para concreto reciclado con agregado grueso de concreto de fuente mixta	Xiaomeng Ding1 · Jianli Hao2 · Zhongfan Chen1 · Jianan Qi1 · Meloni Marco1	Xiaomeng, D., Jianli, H., Chen, Z., Jianan, Q., & Meloni, M. (2020). New mix design method for recycled concrete using mixed source concrete coarse aggregate. Waste and Biomass Valorization, 11(10)	el estudio propone un nuevo método de diseño de mezcla para concreto reciclado C30 utilizando agregado reciclado triturado de concreto de fuente (SC) de diferente resistencia.
10	Properties of mixed SCC in hot weather conditions: workability, mechanical and physical aspects	Propiedades de SCC mezclado en condiciones de clima cálido: trabajabilidad, aspectos mecánicos y físicos	F. Cassagnabère1 • M. Mouret1 • VA LE1,2	Cassagnabère, F., Mouret, M., & Le, V. A. (2016). Properties of SCC mixed in hot weather conditions: Workability, mechanical and physical aspects. Iranian Journal of Science and	Este artículo describe una investigación experimental del comportamiento del hormigón autocompactante (SCC) producido en condiciones de clima cálido estudiado en el contexto de fabricación de probetas de control.

11	Strength of concrete with high absorption aggregate and low w / c ratio	Resistencia de concreto con agregado de alta absorción y baja relación a/c	R. G. Solís, E. I. Moreno, E. Arjona	Solís, R. G., Moreno, E., & Arjona, E. (2012). Resistencia de concreto con agregado de alta absorción y baja relación a/c. Revista ALCONPAT, 2(1), 21-28.	el objetivo de este trabajo fue responder a la pregunta sobre cuál sería la máxima resistencia de diseño que se podría utilizar para concretos fabricados con un tipo específico de agregados obtenidos a partir de la trituración de roca caliza de alta absorción. Se probaron concretos con seis relaciones agua - cemento y dos tamaños de agregado grueso. Se concluyó que con los agregados estudiados es posible fabricar concretos de hasta 500 k/cm ² de f _c .	se ha desarrollado un planteamiento que forma parte de un desarrollo sostenible para poner a disposición del fabricante un flujo constante de material procedente de la explotación de la piedra caliza.
12	Carbonation coefficients of concrete made with high absorption limestone aggregate	Coefficientes de carbonatación del hormigón elaborado con agregado de piedra caliza de alta absorción	Eric I. Moreno	Moreno, E. I. (2013). Carbonation coefficients from concrete made with high-absorption limestone aggregate. Advances in Materials Science and Engineering 2013	el objetivo de esta investigación fue estudiar las tasas de carbonatación de probetas de hormigón elaboradas con áridos calizos de alta absorción. Se utilizaron cuatro proporciones diferentes de agua / cemento y se expusieron probetas cilíndricas de hormigón a carbonatación acelerada. Se obtuvieron valores altos de porosidad para muestras de concreto más allá de los límites esperados para concreto duradero. Sin embargo, se obtuvieron	estudiar las tasas de carbonatación de probetas de hormigón elaboradas con áridos calizos de alta absorción.
13	Study of the dynamic mechanical properties of limestone under uniaxial impact compressive loads	Estudio de las propiedades mecánicas dinámicas de la piedra caliza bajo cargas compresivas de impacto uniaxial	Fei Zou, Colmillo de Zheng-feng y Ming-yao Xia	Zou, F., Fang, Z. F., & Xia, M. Y. (2016). Study on dynamic mechanical properties of limestone under uniaxial impact compressive loads. Mathematical Problems in Engineering, 2016..	En este artículo se estudian las propiedades mecánicas dinámicas de la piedra caliza con 5 tipos de presión de impacto que actúan sobre muestras de piedra caliza en dirección axial. Se investigan las propiedades dinámicas de compresión y los modos de falla de la piedra caliza bajo diferentes presiones de impacto.	estudiar las propiedades mecánicas dinámicas de la piedra caliza con 5 tipos de presión de impacto que actúan sobre muestras de piedra caliza en dirección axial.
14	Axial Compressive Strength of Concrete Using Washed Crushed Limestone Aggregate, 2015	Resistencia A Compresión Axial Del Concreto Utilizando Agregado De Piedra Caliza Triturada Lavada, 2015	Campos LLatas, Elver Iván	Campos LLatas, E. I. (2015). Resistencia a compresión axial del concreto utilizando agregado de piedra caliza triturada lavada, 2015.	La finalidad del trabajo de investigación es determinar en cuánto aumenta la resistencia a compresión axial del concreto elaborado con agregado de piedra caliza tritura lavada.	se da a conocer las propiedades físicas y químicas de los agregados así como también la influencia de las características del tipo de agregado y su influencia en cuanto a la resistencia a compresión axial del concreto las propiedades de la roca caliza así como las relaciones de
15	Study of the properties of the limestone rock of Yucatán	Estudio de las propiedades de la roca caliza de Yucatán	I.C. Lauro A .Alonzo Salomón; I.C. Leopoldo Espinosa Graham	Salomón, L. A. A., & Graham, L. E. (2003). Estudio de las propiedades de la roca caliza de Yucatán. Ingeniería, 7(1), 27-36.	El presente artículo muestra las propiedades de la roca caliza así como las relaciones de correlación entre los valores de la resistencia de una roca y sus respectivas pruebas índice de clasificación, valores de esfuerzo, deformación y modulo de elasticidad,	correlación entre los valores de la resistencia de una roca y sus respectivas pruebas índice de clasificación, valores de esfuerzo, deformación y modulo de elasticidad

16	Experimental investigation of zeolite and limestone powder on the strength of self-compacting concrete	Investigación experimental de zeolita y polvo de piedra caliza sobre la resistencia del hormigón autocompactante	Faeze Nejati, Samira Ahmadi y SA Edalatpanah	Nejati, F., Ahmadi, S., & Edalatpanah, S. A. (2019). Experimental investigation of zeolite and limestone powder on self-compacting concrete strength after early loading. <i>International Journal of</i>	Esta investigación analizó y estudió la influencia en condiciones de curado húmedo y seco y la presencia de polvo de piedra caliza y rellenos de zeolita en la recuperación de la resistencia a la compresión de 28 días de muestras de concreto precargadas en las primeras etapas (uno, tres y siete días) después de la construcción de el hormigón.	Este estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de las cargas tempranas sobre la resistencia a la compresión a 28 días de hormigones con zeolita y polvo de piedra caliza en diferentes condiciones de curado (húmedo o seco).
17	Experimental study of working behavior and mechanical properties of rubber with limestone powder concrete	Estudio experimental de comportamiento de trabajo y propiedades mecánicas de caucho con hormigón en polvo de piedra caliza	ZF Zhao, XZ Zhang, LF Li y Y Yang	Li, L. F., & Yang, Y. (2021, May). Experimental study of working performance and mechanical properties to rubber with limestone powder concrete. <i>In IOP</i>	Se investiga la influencia del hormigón en polvo de piedra caliza en el rendimiento de trabajo y las propiedades mecánicas bajo las cuales se cambia la tasa de sustitución del polvo de caucho y la proporción de mezcla del polvo de caucho con diferente finura bajo la misma tasa de sustitución.	Los resultados muestran que la tasa de sustitución del polvo de caucho de malla 20 es inferior al 10%, lo que aumenta el asentamiento del hormigón. La resistencia a la compresión del hormigón disminuye drásticamente al aumentar la tasa de sustitución del polvo de caucho de malla 20.
18	Properties of the ecological concrete that contains limestone and tiles of ceramic Waste exposed to high temperatures	Propiedades del hormigón ecológico que contiene piedra caliza y baldosas de cerámica Residuos expuestos a altas temperaturas	Nahla N. Hilal, Abdulrahman S. Mohammed, Taghreed K. Mohammed Ali	Hilal, N. N., Mohammed, A. S., & Ali, T. K. M. (2020). Properties of eco-friendly concrete contained limestone and ceramic tiles waste exposed to high temperature. <i>Arabian</i>	En este trabajo reciente, los desechos de baldosas cerámicas (CVV) se utilizaron como agregados gruesos en diferentes proporciones de fracción en peso, comenzando con el 10% hasta el 100% con un incremento del 10% en la producción de concreto normal. Además, se sustituyó el 5% del peso del cemento mediante el uso de polvo de piedra caliza (LP).	El uso de CW mejora el comportamiento de mezclas expuestas a altas temperaturas
19	Long-term properties of concrete containing limestone powder	Propiedades a largo plazo del hormigón que contiene polvo de piedra caliza	Qiang Wang, Jun Yang, Honghui Chen	Wang, Q., Yang, J., & Chen, H. (2017). Propiedades a largo plazo del hormigón que contiene polvo de piedra caliza. <i>Materiales y Estructuras</i> , 50(3), 1-13.	Se diseñaron hormigón de cemento simple (empleado como referencia) y tres hormigones que contienen polvo de piedra caliza (ratios de reposición de 10, 20 y 30%).	Los resultados muestran que el polvo de piedra caliza puede reaccionar con el cemento pero su grado de reacción es muy bajo incluso a los 5 años.
20	Transport properties of self-consolidated concrete that contains limestone	Propiedades de transporte del hormigón autoconsolidado que contiene piedra caliza	Nader Ghafoori, Rebecca Spitek y Meysam Najimi	Ghafoori, N., Spitek, R., & Najimi, M. (2017). Transport Properties of Limestone-Containing Self-Consolidating Concrete. <i>ACI Materials Journal</i> , 114(4).	Este estudio examinó los efectos del polvo de piedra caliza como reemplazo parcial de los materiales cementosos sobre las propiedades de transporte del hormigón autocompactante (SCC).	Las cenizas volantes de clase F sustituyeron el 20% en peso de cemento y hasta el 30% del total de materiales cementosos se reemplazó con polvo de piedra caliza.
21	Influence of bamboo fiber and limestone powder on the properties of self-compacting concrete	Influencia de la fibra de bambú y el polvo de piedra caliza en las propiedades del hormigón autocompactante	Anthony N. Ede, Oluwarotimi M. Olofinnade, Opeyemi Joshua, David O. Nduka y Obatarhie A. Oshogbunu	Ede, A. N., Olotinnade, O. M., Joshua, O., Nduka, D. O., & Oshogbunu, O. A. (2020). Influence of bamboo fiber and limestone powder on the properties of self-compacting concrete	Este artículo examina el efecto de la combinación de fibras de bambú y polvo de piedra caliza utilizados como material de relleno sobre las propiedades frescas, endurecidas y microestructurales del hormigón autocompactante (SCC).	La trabajabilidad de la mezcla se evaluó mediante la prueba de asentamiento y la prueba de embudo en V, mientras que las propiedades mecánicas se evaluaron considerando la prueba de resistencia a la tracción por compresión y división después de los 7, 14 y 28 años de curado.

22	The chemometric study of the physical-chemical properties and the thermal behavior of limestone for its application in composite construction materials	El estudio quimiométrico de las propiedades físico-químicas y el comportamiento térmico de la piedra caliza para su	Dragan Radulović, Anja Terzić, Lato Pezo, Ljubiša Andrić, Irena Grigorova	Radulović, D., Terzić, A., Pezo, L., Andrić, L., & Grigorova, I. (2017). The Chemometric Study of Limestone Physico-chemical Properties and Thermal Behavior for Ristic, N., Grdic, Z., Curcic, G. T., Grdic, D., & Krstić, D. (2019). Properties of self-compacting concrete produced with waste materials as mineral admixture. <i>Revista Romana de Materiale Bourchy, A., Barnes-Davin, L., Bessette, L., & Torrenti, J. M. (2020). Effect of cement composition on fresh state and heat of hydration of Portland cement with limestone and slag. ACI Materials Journal, 116(1).</i>	Esta investigación se basó en una idea para revelar si es posible diferenciar varios tipos de piedra caliza y predecir la posibilidad de su empleo en compuestos de construcción a partir de los resultados de análisis instrumentales y matemáticos.	El empleo de piedra caliza en polvo como reemplazo parcial del cemento confiere a los materiales compuestos de construcción propiedades comparables a las. En este trabajo, se presentó la investigación de los efectos del vidrio reciclado molido de tubos catódicos, relaves de flotación de una mina de cobre, lodo rojo y cenizas volantes como aditivos minerales sobre las propiedades del concreto autocompactante fresco y endurecido
23	Properties Of Self-Compacting Concrete Produced Without Residual Materials As Mineral Addition	Propiedades Del Hormigón Autocompactante Producido Sin Materiales Residuales Como Adición Mineral	Nenad Ristić, Zoran Grdić, Gordana Topličić Ćurčić, Dušan Grdić, Dejan Krstić	Romana de Materiale Bourchy, A., Barnes-Davin, L., Bessette, L., & Torrenti, J. M. (2020). Effect of cement composition on fresh state and heat of hydration of Portland cement with limestone and slag. <i>ACI Materials Journal, 116(1).</i>	Esta investigación se basa en usar los desechos industriales como aditivo ya que es un problema ambiental a gran magnitud y hace una comparación con el SCC elaborado con relleno de piedra caliza como aditivo mineral.	Actualmente, la piedra caliza y la escoria se utilizan principalmente en la formulación del hormigón para mejorar las propiedades mecánicas y de durabilidad.
24	Effect of the composition of the cement on the cool state and the heat of hydration of Portland cement with limestone and slag	Efecto de la composición del cemento sobre el estado fresco y el calor de hidratación del cemento Portland con piedra caliza y escoria	Agathe Bourchy, Laury Barnes-Davin, Laetitia Bessette y Jean Michel Torrent	Romana de Materiale Bourchy, A., Barnes-Davin, L., Bessette, L., & Torrenti, J. M. (2020). Effect of cement composition on fresh state and heat of hydration of Portland cement with limestone and slag. <i>ACI Materials Journal, 116(1).</i>	Se construyen tres diseños experimentales con la variación de tres parámetros: cantidad de adición, cantidad de anhídrido y diámetro medio, en tres niveles. Los resultados muestran que la composición del clínker y el tipo de adición	Este documento intenta fabricar una especie de agregado reciclado transformando el concreto restante en estado fresco en un material granular (GM) en una prueba de campo, e informa sobre las características de resistencia del concreto hecho con GM. utilizando piedra caliza triturada en la parte experimental.
25	Strength properties of concrete made with granular material	Propiedades de resistencia del hormigón fabricado con material granular	R. Sakurada, K. Terui, M. Miyamoto, A. Ferrari, N. Sasaki y A. Ishii	Aqel, M., & Panesar, D. K. (2018). Delayed Ettringite Formation in Concrete Containing Limestone Filler. <i>ACI Materials Journal, 115(4).</i>	Este artículo investiga la influencia del tamaño de partícula de cemento y relleno de piedra caliza (LF) en la expansión del concreto autocompactante debido a la formación retardada de etringita.	El concreto fresco premezclado se usó en esta prueba de campo en sustitución del concreto restante que se transportaba desde el sitio de construcción a una planta mezcladora de concreto.
26	Delayed formation of ettringite in concrete containing Limestone fill	Formación retardada de etringita en hormigón que contiene Relleno de piedra caliza	Mohammad Aqel y Daman K. Panesar	Aqel, M., & Panesar, D. K. (2018). Delayed Ettringite Formation in Concrete Containing Limestone Filler. <i>ACI Materials Journal, 115(4).</i>	Este artículo investiga la influencia del tamaño de partícula de cemento y relleno de piedra caliza (LF) en la expansión del concreto autocompactante debido a la formación retardada de etringita.	Los resultados mostraron que LF aumenta la resistencia a la compresión a las 16 horas cuando el concreto se cura con vapor a 55 ° C (131 ° F). LF no tuvo ningún efecto adverso significativo sobre la resistencia a la compresión de la edad tardía (28 a 300 días), independientemente de la temperatura de curado con vapor.

27	Evaluation of Low-Volume Pavement Concrete Using Portland Limestone Cement	Evaluación de concreto de pavimento con bajo volumen de pasta utilizando cemento de piedra caliza Portland	Hung-Wen Chung, Thanachart Subgranon, Yahui Wang, Harvey DeFord y Mang Tia	Chung, H. W., Subgranon, T., Wang, Y., DeFord, H., & Tia, M. (2020). Evaluation of pavement concrete with low paste volume using Portland limestone cement. <i>ACI Materials Journal</i> , Mohd Ridzuan, A. R., Mohd Fauzi, M. A., Arshad, M. F., Harun, M. S., & Jasmi, N. (2018). Effect of Limestone Powder in Self Consolidating Lightweight Foam Concrete. <i>Solid State</i> , Xiao, Y., Zhang, Y., Lu, J., Liu, Y., & Cheng, W. (2018). Experimental analysis on pre-stress friction loss of crushed limestone sand concrete beams. <i>Applied Sciences</i> , 8(5), 683.	Un alto contenido de cemento en el hormigón de cemento Portland puede causar cemento calizo (PLC) y agregados mezclados (BA). Basado en los resultados de laboratorio y el modelado numérico, el rendimiento El volumen de pasta de hormigón podría reducirse al 23,7% sin pruebas de penetrabilidad (RCPT) y pruebas de resistividad superficial (SR). El volumen de pasta de hormigón con la técnica BA podría reducirse aún más al 22,6%. Cuando se evaluaron las mezclas de hormigón mediante el uso del Si este componente de hormigón se sustituye por otros materiales, seguramente puede ayudar a reducir la emisión de CO 2. El polvo de piedra caliza se puede reemplazar con el contenido de cemento en SCLFC. Por tanto, el objetivo de este trabajo es determinar laefecto del polvo de piedra caliza en SCLFC en términos de fluidez y resistencia a la compresión.	El hormigón que utiliza PLC tiene un rendimiento comparable al del hormigón convencional.
28	Effect of limestone powder on self-consolidating lightweight foam Concrete	Efecto del polvo de piedra caliza en espuma liviana autoconsolidante Hormigón	AR Mohd Ridzuan, MA Mohd Fauzi, MF Arshad, MS Harun, N. Jasmi	Chung, H. W., Subgranon, T., Wang, Y., DeFord, H., & Tia, M. (2020). Evaluation of pavement concrete with low paste volume using Portland limestone cement. <i>ACI Materials Journal</i> , Mohd Ridzuan, A. R., Mohd Fauzi, M. A., Arshad, M. F., Harun, M. S., & Jasmi, N. (2018). Effect of Limestone Powder in Self Consolidating Lightweight Foam Concrete. <i>Solid State</i> , Xiao, Y., Zhang, Y., Lu, J., Liu, Y., & Cheng, W. (2018). Experimental analysis on pre-stress friction loss of crushed limestone sand concrete beams. <i>Applied Sciences</i> , 8(5), 683.	Si este componente de hormigón se sustituye por otros materiales, seguramente puede ayudar a reducir la emisión de CO 2. El polvo de piedra caliza se puede reemplazar con el contenido de cemento en SCLFC. Por tanto, el objetivo de este trabajo es determinar laefecto del polvo de piedra caliza en SCLFC en términos de fluidez y resistencia a la compresión.	El resultado indicó que la fluidez del SCLFC aumentaba con el aumento de los porcentajes de reemplazo de polvo de piedra caliza. Mientras tanto, la resistencia a la compresión más alta de SCLFC que contiene un 10% de reemplazo de polvo de piedra caliza proporciona un mejor rendimiento que el SCLFC normal.
29	Experimental Analysis on Pre-stress Friction Loss of Crushed Limestone Sand Concrete Beams	Análisis experimental sobre la pérdida por fricción previa a la tensión de vigas de hormigón de arena de piedra caliza triturada	Yunfeng Xiao, Yaoting Zhang, Jiezhil Lu, Yong Liu y Wenjie Cheng	Chung, H. W., Subgranon, T., Wang, Y., DeFord, H., & Tia, M. (2020). Evaluation of pavement concrete with low paste volume using Portland limestone cement. <i>ACI Materials Journal</i> , Mohd Ridzuan, A. R., Mohd Fauzi, M. A., Arshad, M. F., Harun, M. S., & Jasmi, N. (2018). Effect of Limestone Powder in Self Consolidating Lightweight Foam Concrete. <i>Solid State</i> , Xiao, Y., Zhang, Y., Lu, J., Liu, Y., & Cheng, W. (2018). Experimental analysis on pre-stress friction loss of crushed limestone sand concrete beams. <i>Applied Sciences</i> , 8(5), 683.	Este artículo presenta un trabajo de investigación experimental que evalúa la pérdida previa a la tensión provocada por la fricción en elementos de hormigón de arena caliza triturada (CLS) con postesado.	Se construyeron y probaron un total de 26 vigas de hormigón pretensado a gran escala para el experimento de pérdida por fricción. Las variables consideradas incluyeron principalmente los materiales que forman los conductos, los alambres de los tendones y la disposición de los conductos.
30	Mechanical behavior and contraction of very high Algerian performance Concrete with local materials	Comportamiento mecánico y contracción de muy alto rendimiento argelino Hormigón con materiales locales	CHIHEB Dalila, BELAOURA Mebarek, OUDJIT Mohamed Nadjib y BALI Abderrahim	Chung, H. W., Subgranon, T., Wang, Y., DeFord, H., & Tia, M. (2020). Evaluation of pavement concrete with low paste volume using Portland limestone cement. <i>ACI Materials Journal</i> , Mohd Ridzuan, A. R., Mohd Fauzi, M. A., Arshad, M. F., Harun, M. S., & Jasmi, N. (2018). Effect of Limestone Powder in Self Consolidating Lightweight Foam Concrete. <i>Solid State</i> , Xiao, Y., Zhang, Y., Lu, J., Liu, Y., & Cheng, W. (2018). Experimental analysis on pre-stress friction loss of crushed limestone sand concrete beams. <i>Applied Sciences</i> , 8(5), 683.	Este artículo presenta los resultados de los trabajos experimentales para investigar el uso de residuos de piedra caliza de la industria del tratamiento de agua como agregado fino en concreto verde. Los resultados de las pruebas indican que ambas mezclas de hormigón mostraron una excelente trabajabilidad debido a la forma redonda del agregado de piedra caliza residual y al uso de superplastificantes. Además, la mezcla de hormigón verde mostró un mejor rendimiento en términos de propiedades de ingeniería y durabilidad en comparación con la mezcla de hormigón normal.
31	Recycling of limestone waste as fine aggregate for conventional use and Green Concrete	Reciclaje de residuos de piedra caliza como agregado fino para uso convencional y Hormigones Verdes	HUYNH Trong-Phuoc, HWANG Chao-Lung y la ONG Si-Huy	Chung, H. W., Subgranon, T., Wang, Y., DeFord, H., & Tia, M. (2020). Evaluation of pavement concrete with low paste volume using Portland limestone cement. <i>ACI Materials Journal</i> , Mohd Ridzuan, A. R., Mohd Fauzi, M. A., Arshad, M. F., Harun, M. S., & Jasmi, N. (2018). Effect of Limestone Powder in Self Consolidating Lightweight Foam Concrete. <i>Solid State</i> , Xiao, Y., Zhang, Y., Lu, J., Liu, Y., & Cheng, W. (2018). Experimental analysis on pre-stress friction loss of crushed limestone sand concrete beams. <i>Applied Sciences</i> , 8(5), 683.	Este artículo presenta los resultados de los trabajos experimentales para investigar el uso de residuos de piedra caliza de la industria del tratamiento de agua como agregado fino en concreto verde. Los resultados de las pruebas indican que ambas mezclas de hormigón mostraron una excelente trabajabilidad debido a la forma redonda del agregado de piedra caliza residual y al uso de superplastificantes. Además, la mezcla de hormigón verde mostró un mejor rendimiento en términos de propiedades de ingeniería y durabilidad en comparación con la mezcla de hormigón normal.	La mezcla de concreto normal se diseñó siguiendo los lineamientos de la norma ACI 211, mientras que la mezcla de concreto verde se diseñó utilizando el algoritmo de diseño de mezcla densificada (DMDA) tecnología.

32	Experimental investigation of zeolite and limestone powder on the strength of self-compacting concrete	Investigación experimental de zeolita y polvo de piedra caliza sobre la resistencia del hormigón autocompactante	Faeze Nejati, Samira Al	Nejati, F., Ahmadi, S., & Edalatpanah, S. A. (2019). Experimental investigation of zeolite and limestone powder on self-compacting concrete strength after early loading. <i>International Journal of M B H Ab, M., R, A. R.,</i>	
33	A study on the potential of artificial geopolymer aggregate as a substitute for granite and limestone aggregate	Un estudio sobre el potencial del agregado artificial geopolímero como sustituto del agregado de granito y piedra caliza	MBH Ab Manaf, R Abdul Razak, KMuhamad, MAbdul Rahim, MM Ahmad, TP Hao	Muhamad, K., M, A. R., Ahmad, M. M., & Hao, T. P. (2020). A study on the potential of geopolymer artificial aggregate as substitute for granite and limestone aggregate. <i>Sierens, Z.,</i>	El objetivo de esta investigación es determinar el potencial del agregado artificial geopolímero como sustituto de los agregados de granito y piedra caliza. Los resultados muestran que el agregado artificial de geopolímero a base de cenizas volantes es más liviano que el agregado natural en términos de su gravedad específica.	el agregado artificial de geopolímero a base de cenizas volantes puede considerarse como uno de los materiales de construcción en el pavimento de la obra vial y en el concreto como una alternativa para el agregado grueso además del agregado
34	Non-destructive testing of recycled aggregate concrete	Ensayos no destructivos de hormigón agregado reciclado	Z Sierens, B Vandevyvere, L Kyndt1, G Tytens y J Li	Vandevyvere, B., Kyndt, L., Tytens, G., & Li, J. (2019). Non-destructive testing of recycled aggregate concrete. <i>IOP Conference Series. Earth and Environmental Science, 290(1)</i> Tuncay, E. B.,	Las propiedades del hormigón agregado reciclado se prueban de forma no destructiva con el fin de establecer una correlación entre las diferentes propiedades. Los resultados de varias pruebas de laboratorio muestran una buena relación entre el módulo elástico estático y el módulo elástico dinámico, calculado midiendo las ondas de pulso ultrasónico y la frecuencia de resonancia.	Para asegurar la calidad del hormigón de áridos reciclados, se debe establecer la influencia de diferentes parámetros en sus propiedades mecánicas y de durabilidad.
35	Investigation of usability as aggregate of different originated rocks	Investigación de la usabilidad como agregado de diferentes rocas originadas	Ebru Başpınar Tuncay, Şemsettin Kilınçarslan, Fuzuli Yağmurlu	Kilınçarslan, Ş., & Yağmurlu, F. (2016). Investigation of usability as aggregate of different originated	En este estudio se determinaron las propiedades mineralógicas, petrográficas, mecánicas, físicas y químicas de las muestras de roca de diferente origen (caliza, caliza recristalizada, dolomita, arena y grava, tefra-fonolita, traquibasalto).	Se ha determinado la clasificación, clasificación de partículas, densidad aparente suelta, relación de absorción de agua, índice de descamación, coeficiente de Los Ángeles, resistencia al desprendimiento por congelación y reacción álcali-sílice Al reemplazar parcialmente el cemento con polvo de cáscara de huevo, se pueden reducir los desechos y, al mismo tiempo, reducir la producción de cemento que da como resultado el
36	Absorption and strength properties of lightweight aerated concrete with eggshell powder as partial replacement material for cement	Propiedades de absorción y resistencia del hormigón celular ligero con polvo de Propiedades	Hock Yong Tiong, Siong Kang Lim, Yee Ling Lee, Ming Kun Yew y Jee Hock Lim	Hock, Y. T., Siong, K. L., Yee, L. L., Yew, M. K., & Jee, H. L. (2020). Absorption and strength properties of	Este estudio se llevo a cabo con el objetivo de mitigar el problema ambiental mediante la reducción de los desechos de cáscara de huevo y la producción de cemento puro, y mientras tanto, promover la aplicación de concreto espumado liviano. El objetivo de este estudio es investigar las	que da como resultado el
37	Mechanical Properties, Thermal Conductivity, and Sound Absorption of Permeable Concrete Containing Recycled Concrete and Bottom Ash Aggregates	Propiedades mecánicas, conductividad térmica y absorción de sonido de permeable Hormigón que contiene hormigón reciclado y agregados	Chanchai Ngohpok, Vanchai Sata, Thaned Satiennam, Pongrid Klungboonkrong, y Prinya Chindaprasirt	Chanchai, N., Vanchai, S., Thaned, S., Pongrid, K., & Prinya, C. (2018). Mechanical properties, thermal conductivity, and sound absorption of pervious concrete containing recycled	Este artículo presenta el efecto del nivel de reemplazo de agregado natural (agregado de piedra caliza triturada, LS) con concreto reciclado (RC) y agregados de carbón Bottom Ash (BA) sobre las propiedades del concreto permeable.	Se probaron las propiedades mecánicas, la conductividad térmica y la absorción acústica del hormigón permeable.

38	Lampung's material as a coarse aggregate to replace andesite for the manufacture of concrete.	El material de Lampung como agregado grueso para sustituir la andesita para la fabricación de hormigón.	M Amin, Yi Supriyatna, S Sumardi	Amin, M., Supriyatna, Y. I., & Sumardi, S. (2018). The material from Lampung as coarse aggregate to substitute andesite for concrete-making. IOP Conference Series. Materials Science and Engineering, 285(1) Anastasiou, E., Papachristoforou, M., Anesiadis, D., Zafeiridis, K., & Eirini-Chrysanthi Tsardaka. (2018). Investigation of the use of recycled concrete aggregates originating from a single ready-mix	La provincia de Lampung tiene recursos naturales que se pueden utilizar para materiales agregados gruesos para sustituir la piedra de andesita. Estos materiales naturales incluyen piedra caliza, piedra de feldespato, basalto, granito y escorias de desechos de procesamiento de hierro.
39	Investigation of the use of recycled concrete aggregates originating from a single ready-mix concrete plant	Investigación del uso de agregados de concreto reciclado que se originan en una sola planta de concreto premezclado	Eleftherios Anastasiou, Michail Papachristoforou, Dimitrios Anesiadis, Konstantinos Zafeiridis y Eirini-Chrysanthi Tsardaka	Wang, A., Liu, P., Liu, K., Li, Y., Zhang, G., & Sun, D. (2018). Application of air-cooled blast furnace slag aggregates as	Los residuos producidos por las industrias del hormigón premezclado (RMC) plantean un desafío medioambiental con respecto al reciclaje. Se investigaron tres productos de desecho diferentes de las plantas de RMC para su uso como agregados reciclados en aplicaciones de construcción.
40	Application of Air Cooled Blast Furnace Slag Aggregates as Replacement for Natural Aggregates in Materials: A Study on Water	Aplicación de agregados de escoria de alto horno refrigerados por aire como reemplazo de	WANG Aiguo, LIU Peng, LIUKaiwei, LI Yan, ZHANGGaozhan, SUNDaosheng	Wang, H., Wei, M., Wu, Y., Huang, J., Chen, H., & Cheng, B. (2021). Mechanical behavior of steel fiber-reinforced	Se estudió la influencia de los agregados de escoria de alto horno enfriados por aire como reemplazo de los agregados naturales en la absorción de agua del hormigón y mortero y se analizó el mecanismo. La interfase entre el agregado y la matriz en el hormigón se analizó
41	Mechanical behavior of light steel fiber reinforced concrete exposed to high temperatures	Comportamiento mecánico del hormigón ligero reforzado con fibra de acero expuesto a altas	Huailiang Wang, Min Wei, Yuhui Wu, Jianling Huang, Huihua Chen y Baoquan Cheng	Kim, J., Zi, G., & Lange, D. A. (2017). Measurement of water absorption of very fine particles using electrical resistivity. ACI Materials	En este artículo se estudian las características mecánicas del hormigón ligero reforzado con fibras de acero (SFLWC) a altas temperaturas. Se consideran objetos diferentes matrices de concreto, incluido el concreto totalmente liviano (ALWC) y el concreto semi-liviano (SLWC), y diferentes fibras de acero con extremos en forma de gancho y formas
42	Measurement of water absorption of very fine particles by electrical resistivity	Medición de la absorción de agua de partículas muy finas mediante resistividad eléctrica	Jihwan Kim, Goangseup Zi y David A. Lange	Fiol, F., Thomas, C., Manso, J. M., & López, I. (2020). Influence of recycled precast concrete aggregate on durability of Concrete's physical processes. Applied Sciences,	Este artículo presenta un método de resistividad eléctrica para medir la absorción de agua de partículas muy finas, lo que facilita la caracterización de materiales de stock que pueden reciclarse en aplicaciones de construcción. Las partículas finas de interés en este estudio provienen de fuentes de hormigón reciclado, piedra caliza y arena natural, y se retienen en los tamices No. 100 y No. 200
43	Influence of recycled precast concrete aggregate on the durability of physical concrete processes	Influencia del agregado de hormigón prefabricado reciclado en la durabilidad de los procesos físicos del hormigón	F. Fiol 1, C. Thomas, JM Manso y yo. López	10(720) 7348	La investigación presentada en este artículo analizó la influencia de incorporar residuos de hormigón prefabricado como alternativa al árido grueso en el hormigón autocompactante para generar nuevos elementos prefabricados. El estudio experimental implicó la caracterización de áridos reciclados y el diseño de la mezcla del nuevo hormigón autocompactante (SCC).

44	Strength properties of concrete made with granular material	Propiedades de resistencia del hormigón fabricado con material granular Las propiedades mecánicas de la	R. Sakurada, K. Terui, M. Miyamoto, A. Ferrari, N. Sasaki y A. Ishii	Sakurada, R., Terui, K., Miyamoto, M., Ferrari, A., Sasaki, N., & Ishii, A. (2019). Strength properties of concrete	Este documento intenta fabricar una especie de agregado reciclado transformando el concreto restante en estado fresco en un material granular (GM) en una prueba de campo, e informa sobre las características de resistencia del concreto hecho con GM.
45	The mechanical properties of limestone as an aggregate on high-strength concrete	La piedra caliza como agregado sobre hormigón de alta resistencia	Jonie Tanijaya, Suleman Tappi, Jabair	Tanijaya, J., Tappi, S., & Jabair. (2021). The mechanical properties of limestone as an aggregate on high	En esta investigación se estudia las diferentes propiedades de la piedra caliza como materia prima ya sea como sustituto del agregado fino, como sustituto del agregado grueso.
46	Green concrete production using recycled waste aggregates and by-products	Producción de hormigón verde utilizando áridos de residuos reciclados y subproductos	Al-Gahtani, Khalid; Alsulahi, Ibrahim; Ali, Mohamed; Marzouk, Mohamed.	Al-Gahtani, K., Alsulahi, I., Ali, M., & Marzouk, M. (2017). Production of green concrete using recycled waste aggregate and byproducts. Built Environment Project and Asset Management	El propósito de este artículo es resaltar los beneficios de sustentabilidad del uso de desechos industriales y demolición como reemplazo de agregados y cemento en mezclas de concreto tradicionales.
47	Thermal performance of concrete with recycled aggregates from CDW plants	Rendimiento térmico del hormigón con áridos reciclados de plantas CDW	Miguel Bravo, Jorge de Brito dos y Luallís evangelista	Bravo, M., de Brito, J., & Evangelista, L. (2017). Thermal performance of concrete with recycled aggregates from CDW plants. Applied Sciences, 7(7), 740. doi:http://dx.doi.org/10.3390/app7070740	Esta investigación tiene como objetivo analizar el comportamiento térmico del hormigón con áridos reciclados (RA) de residuos de construcción y demolición (RCD) recogidos en varias localizaciones de Portugal.
48	Service load behavior of precast / prestressed concrete beams with recycled concrete aggregates	Comportamiento de carga de servicio de vigas de hormigón prefabricado / pretensado con agregados de hormigón reciclado	Michael R. Brandes y Yahya C. Kurama	Brandes, M. R., & Kurama, Y. C. (2018). Service-load behavior of Precast/Prestressed concrete beams with recycled concrete aggregates. ACI Structural Journal, 115(3), 861-873	Este artículo describe una investigación experimental sobre el uso de agregados de hormigón reciclado (RCA) como reemplazo de agregados naturales gruesos (NA) en estructuras de hormigón prefabricado / pretensado.
49	Hardened Properties of Self-Consolidating Green Concrete Made of Coarse Steel Slag Aggregates Under Hot Conditions	Propiedades endurecidas del hormigón verde autoconsolidado fabricado con agregados gruesos de escoria de acero en condiciones de calor	Hisham Qasrawi	Qasrawi, H. (2020). Hardened properties of green self-consolidating concrete made with steel slag coarse aggregates under hot conditions. ACI Materials Journal, 117(1), 107-118	En esta investigación, los agregados naturales en SCC son reemplazados, total o parcialmente, por agregados gruesos de escoria de acero (SSA) que fueron producidos triturando subproductos de cantos rodados obtenidos de la industria del acero.

Anexo 5: Delimitación temporal

SUBTEMAS (Indicadores)	Definición / Justificación del subtema/ delimitación temporal (si aplica)	Objetivo
resistencia a la compresión del concreto estructura con piedra caliza como agregado grueso	La resistencia a la compresión es una medida de la capacidad de los materiales para soportar fuerzas de compresión, donde se comprime lateralmente. Ensayo de materiales puede determinar la resistencia a la compresión de un material en condiciones óptimas, utilizando un dispositivo especializado que se aplica cargas de presión conocidas para materiales de interés	Analizar el porcentaje de piedra caliza para mejorar la resistencia a la compresión del concreto estructural.
resistencia a la flexión del concreto estructural con piedra caliza como agregado grueso	Resistencia a la flexión es la capacidad de los materiales de ser doblados sin obtener ninguna deformidad importante. Un experimento estándar llamado la prueba de tres puntos puede calcular una resistencia a la flexión.	Analizar el porcentaje de piedra caliza para mejorar la resistencia a la flexión del concreto estructural.
contenido de aire del concreto estructural con piedra caliza como agregado grueso	El contenido de aire es una medida que tiene un volumen interior igual a un porcentaje del volumen del recipiente de medición, que corresponda aproximadamente a un porcentaje del aire contenido en el concreto que va a ser ensayado.	Analizar el porcentaje de piedra caliza para mejorar el contenido de aire del concreto estructural.
trabajabilidad del concreto estructural con piedra caliza como agregado grueso	La porosidad del concreto es la suma del volumen de los huecos capilares y de los huecos del gel, y representa el espacio no llenado por los componentes sólidos de la pasta de cemento hidratado.	Analizar la absorción de la piedra caliza para mejorar la trabajabilidad del concreto estructural.