

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



TESIS

“Influencia de concreto reciclado de demoliciones de pavimentos rígidos como agregado grueso para la elaboración de buzones de alcantarillado, Abancay 2022”

Presentado por:

Bach. AARON ZURISADAY VALENZUELA RIVAS

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Abancay – Apurímac – Perú

2023

Tesis

“Influencia de concreto reciclado de demoliciones de pavimentos rígidos como agregado grueso para la elaboración de buzones de alcantarillado, Abancay 2022”

Línea de investigación

Gestión de la estructura para el desarrollo sostenible

Asesor

Mg. Sc. Ángel Maldonado Mendiivil



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“INFLUENCIA DE CONCRETO RECICLADO DE DEMOLICIONES DE
PAVIMENTOS RÍGIDOS COMO AGREGADO GRUESO PARA LA ELABORACIÓN
DE BUZONES DE ALCANTARILLADO, ABANCAY 2022”**

Presentado por el Bach. **AARON ZURISADAY VALENZUELA RIVAS**, para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**.

Sustentado y aprobado el 23 de Noviembre del 2023 ante el jurado:

Presidente : Mg. Marco Antonio Gálvez Quintana

Primer miembro : Dr. Wilfredo Soto Palomino

Segundo miembro : Ing. Holguer Cayo Baca

Asesor : Mg. Sc. Ángel Maldonado Mendivil

Influencia de concreto reciclado de demoliciones de pavimentos rígidos como agregado grueso para la elaboración de buzones de alcantarillado, Abancay 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Tecnológica de los Andes Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%

DEDICATORIA

A mis padres, quienes incondicionalmente siempre me han dado todo su apoyo para cada uno de mis proyectos y metas, gracias por ser mi roca, por guiarme y enseñarme el valor del trabajo duro y la perseverancia. Todo lo que soy y logrado ser es gracias a su amor y dedicación.

Esta tesis es el resultado de mi esfuerzo y dedicación, pero también es una muestra de gratitud hacia aquellos que me han apoyado en cada paso del camino.

AGRADECIMIENTO

A mi Escuela profesional, por brindarme una educación de calidad y apoyarme en el desarrollo de mi carrera. Gracias a mis docentes, por compartir conmigo su conocimiento, experiencias y su dedicación a la enseñanza. Agradezco también a mi asesor de tesis, por su guía, consejos y orientación en el desarrollo de este trabajo.

A mis compañeros de estudio y amigos, por ser incondicionales con su apoyo y su amistad los cuales motivan e inspiran a ser un mejor profesional.

INDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
POS PORTADA.....	ii
PÁGINAS PRELIMINARES	
PÁGINAS DE JURADOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
INDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ACRÓNIMOS.....	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
Capítulo I. Planteamiento del problema.....	1
1.1. Realidad problemática.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problema específico.....	2
1.3. Justificación de la investigación.....	3
1.4. Objetivos de la investigación	3

1.4.1.	Objetivo general	3
1.4.2.	Objetivo específico	3
1.5.	Delimitación de la investigación.....	4
1.5.1.	Delimitación espacial.....	4
1.5.2.	Delimitación temporal.....	4
1.5.3.	Delimitación social	4
1.5.4.	Delimitación conceptual	4
1.6.	Viabilidad de la investigación.....	4
1.7.	Limitaciones de la investigación	5
Capítulo II. Marco teórico		6
2.1.	Antecedentes de investigación.	6
2.1.1.	A nivel internacional	6
2.1.2.	A nivel nacional	9
2.1.3.	A nivel local.....	13
2.2.	Bases teóricas.....	14
2.2.1.	Agua	14
2.2.2.	Agregados o áridos	16
2.2.3.	Cemento portland.....	28
2.2.4.	Concreto	32
2.2.5.	Residuos de construcción y demolición.....	45
2.2.6.	Buzones de alcantarillado	47
3.1.	Marco conceptual.	49

Capítulo III. Metodología	54
3.1. Hipótesis.....	54
3.1.1. Hipótesis general	54
3.1.2. Hipótesis específica.....	54
3.2. Método	54
3.3. Tipo de investigación.....	55
3.4. Nivel o alcance de investigación.....	56
3.5. Diseño de investigación.....	56
3.6. Operacionalización de variables	58
3.7. Población y muestra	59
3.8. Técnicas e instrumentos.....	60
3.9. Consideraciones éticas.....	61
3.10. Procedimiento estadístico.....	61
Capítulo IV Resultado y discusión	62
4.1. Resultados	62
4.1.2. Variable independiente.....	62
4.1.3. Variable dependiente	75
4.2. Discusión de resultados.....	93
4.3. Prueba de hipótesis.....	100
CONCLUSIONES	108
RECOMENDACIONES	110
ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	112

BIBLIOGRAFÍA	114
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tabla de sustancias y valores máximos admisibles	16
Tabla 2 Clasificación general del agregado según su tamaño	17
Tabla 3 Gradación para ensayo de abrasión-número de esferas.....	27
Tabla 4 Contenido máximo de partículas de diámetro inferior a 74 micras (tamiz N°200) ...	28
Tabla 5 <i>Tipos de cementos requeridos para la exposición de concreto a los sulfatos en el suelo o agua</i>	32
Tabla 6 Relación agua-material cementante máxima y resistencia de diseño mínima para varias condiciones de exposición.....	39
Tabla 7 Requisitos para el concreto expuesto a los sulfatos del suelo y agua	40
Tabla 8 Edades de ensayo y tolerancia permisible	44
Tabla 9 Tabla de operacionalización de variables	58
Tabla 10 Cantidad de testigos para ensayo a la compresión.....	60
Tabla 11 Porcentaje de humedad para el agregado fino	63
Tabla 12 Porcentaje de humedad para el agregado grueso natural.....	64
Tabla 13 Porcentaje de humedad para el agregado grueso reciclado	64
Tabla 14 Peso específico y % de absorción del agregado fino	65
Tabla 15 Peso específico y % de absorción del agregado grueso	66
Tabla 16 Peso específico y % de absorción del agregado grueso reciclado	66
Tabla 17 Peso unitario suelto de agregado fino.....	67
Tabla 18 Peso unitario suelto de agregado grueso.....	68
Tabla 19 Peso unitario suelto de agregado grueso reciclado.....	68
Tabla 20 Peso unitario compactado de agregado fino	69
Tabla 21 Peso unitario compactado de agregado grueso	69
Tabla 22 Peso unitario compactado de agregado grueso reciclado.....	70
Tabla 23 Análisis granulométrico para agregado fino	71

Tabla 24	Análisis granulométrico para agregado grueso	72
Tabla 25	Análisis granulométrico para agregado grueso reciclado	73
Tabla 26	Abrasión en máquina de los ángeles del agregado grueso natural	74
Tabla 27	Abrasión en máquina de los ángeles del agregado grueso reciclado.....	75
Tabla 28	Resistencia a compresión promedio requerida	76
Tabla 29	Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción.	77
Tabla 30	Requisitos aproximado de agua de mezcla y contenido de aire para distintos revenimientos y tamaños máximos nominales del agregado en concretos sin aire incluido ..	78
Tabla 31	Dependencia entre la relación agua-material cementante y la resistencia a la compresión del concreto	79
Tabla 32	Volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto.....	80
Tabla 33	Estimación de peso del concreto fresco.....	82
Tabla 34	Cantidad de agregado fino por el método de pesos.....	82
Tabla 35	Método de volúmenes absolutos- Cantidad de agregado fino.....	83
Tabla 36	Peso húmedo (en estado natural) que poseen los agregados	84
Tabla 37	Agua efectiva para cada diseño de mezcla.....	84
Tabla 38	Proporciones de los materiales para la mezcla patrón.....	85
Tabla 39	Proporciones de los materiales sustituyendo un 20% AGR	85
Tabla 40	Proporciones de los materiales sustituyendo una 30% AGR.....	85
Tabla 41	Proporciones de los materiales sustituyendo una 40% AGR.....	86
Tabla 42	Proporciones de los materiales sustituyendo una 50% AGR.....	86
Tabla 43	Resistencia a la compresión de especímenes de muestra patrón.....	87
Tabla 44	Resistencia a la compresión de especímenes de muestra sustituyendo 20% AGR	88
Tabla 45	Resistencia a la compresión de especímenes de muestra sustituyendo 30% AGR	89

Tabla 46 Resistencia a la compresión de especímenes de muestra sustituyendo 40% AGR	90
Tabla 47 Resistencia a la compresión de muestra sustituyendo 50% AGR	91
Tabla 48 Resistencias promedio de cada diseño en relación a los días de la ejecución del ensayo.....	92
Tabla 49 Cantidades de los materiales que varían su peso en el diseño de mezcla.....	100
Tabla 50 Datos estadísticos de las muestras de los elementos del concreto.....	101
Tabla 51 Cálculo del valor estadístico para el agregado grueso.....	101
Tabla 52 Cálculo del valor estadístico para el agregado fino	102
Tabla 53 Calculo del del valor estadístico para el agua	103
Tabla 54 Tabla de resumen de resistencia a la compresión alcanzada al día 28.....	105
Tabla 55 Datos estadísticos de las muestras de resistencia a la compresión al día 28	105
Tabla 56 Calculo del del valor estadístico para la resistencia a la compresión promedio a los 28 días.....	106
Tabla 57 Cronograma de actividades realizadas de tesis	113
Tabla 58 Presupuesto para la elaboración del proyecto de investigación	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Curva granulométrico del agregado fino.....	71
Figura 2	Curva granulométrico del agregado grueso.....	72
Figura 3	Curva granulométrico del agregado grueso reciclado	73
Figura 4	Comparación de las resistencias a la compresión obtenidas para cada diseño al día: 7,14,21 y 28 días	92
Figura 5	Relación de pesos de los elementos para cada diseño de mezcla.....	94
Figura 6	Comparación de (f'c) entre la muestra patrón y sustituido al 20% de AGR.....	95
Figura 7	Comparación de (f'c) entre la muestra patrón y sustituido al 30% de AGR.....	96
Figura 8	Comparación de (f'c) entre la muestra patrón y sustituido al 40% de AGR.....	97
Figura 9	Comparación de (f'c) entre la muestra patrón y sustituido al 50% de AGR.....	98
Figura 10	Gráfico de la prueba de significancia al 0.05 para el agregado grueso.....	102
Figura 11	Gráfico de la prueba de significancia al 0.05 para el agregado fino.....	103
Figura 12	Gráfico de la prueba de significancia al 0.05 para el agua	104
Figura 13	Gráfico de la prueba de significancia al 0.05 para la resistencia a la compresión promedio a al día 28	107

ACRÓNIMOS

NTP	: NORMA TÉCNICA PERUANA
MTC	: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
RNE	: REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES
INACAL	: INSTITUTO NACIONAL DE CALIDAD
RCD	: RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
ACR	: AGREGADOS DE CONCRETO RECICLADO
AGR	: AGREGADO GRUESO RECICLADO

RESUMEN

En el contexto peruano, la construcción como industria está experimentando un gran aumento en los últimos años debido al incremento de población en las distintas ciudades del país. Sin embargo, este crecimiento viene acompañado de un aumento en la contaminación relacionada a los residuos de construcción y demolición, por lo que es necesario encontrar alternativas sostenibles para la gestión de estos residuos.

Es por ello que se ha querido estudiar la reutilización del concreto como material reciclado de demoliciones de pavimentos rígidos originando agregado grueso en la elaboración de nuevas estructuras de concreto. Con el fin de dar un nuevo valor a los residuos y contribuir en la reducción de la cantidad de material de construcción destinados a vertederos. En lo particular este estudio se centra en la evaluación de la influencia de diferentes porcentajes de sustitución de agregado de origen natural por agregado de origen de concreto reciclado concretamente en el 20%, 30%, 40% y 50%, para lograr nuevos diseños que alcancen las resistencias óptimas para su uso.

Este enfoque de valorar los residuos de construcción y demolición es crucial en el contexto mundial actual de cambio climático y creciente conciencia ambiental, y puede contribuir significativamente a la reducción de la contaminación de la industria de la construcción. Además, el estudio de nuevas alternativas de gestión de residuos pudiendo tener un impacto positivo en la economía local, regional y nacional y la sostenibilidad de la industria de la construcción a nivel global.

Palabras clave: Residuos de construcción y demolición, concreto reciclado, agregado natural, agregado de concreto reciclado, gestión de residuos, resistencia

ABSTRACT

In the Peruvian context, the construction industry has been experiencing a great increase in recent years due to the population growth in the different cities of the country. However, this growth is accompanied by an increase in pollution related to construction and demolition waste, so it is necessary to find sustainable alternatives for the management of these wastes.

Therefore, there is a desire to study the reuse of recycled concrete from pavement demolitions as coarse aggregate in the production of new concrete structures. This is in order to give new value to the waste and contribute to the reduction of the amount of construction material destined for landfills. In particular, this study focuses on the evaluation of the influence of different percentages of natural aggregate replacement with recycled concrete aggregate, specifically at 20%, 30%, 40%, and 50%, in order to achieve new designs that reach optimal strengths for their use.

This approach of valuing construction and demolition waste is crucial in the current global context of climate change and growing environmental awareness, and can significantly contribute to the reduction of pollution in the construction industry. Additionally, the study of new waste management alternatives can have a positive impact on the local, regional, and national economy and the sustainability of the construction industry worldwide.

Keywords: Construction and demolition waste, recycled concrete, natural aggregate, recycled concrete aggregate, waste management, strength.

Capítulo I.

Planteamiento del problema

1.1. Realidad problemática

En las últimas décadas, el sector de la construcción ha estado en una constante expansión a nivel global, esto ha convertido a la población mundial en un consumidor masivo de materiales de construcción y generador de residuos sólidos. El problema de los residuos de concreto específicamente proveniente de pavimentos rígidos es una preocupación en muchos países, la producción masiva de pavimentos de concreto rígido ha llevado a una acumulación de estos desechos que ocupan espacios útiles, sino que también pueden tener un impacto negativo tanto en el medio ambiente como en la salud pública. Para abordar este problema. Se requiere de un manejo adecuado de los desechos de concreto. Esto involucra una serie de medidas en la gestión de residuos de construcción y demolición (RCD).

En el Perú en Ministerio del ambiente (MINAM) por medio de Sistema nacional de información ambiental (SINIA) recopila datos en cuanto a la cantidad de residuos sólidos, en el país para el periodo del 2022 la cantidad de residuos sólidos fue de 8455715,19 ton de los cuales el 44% es generado por lima metropolitana en comparación al departamento de Apurímac se generó para el mismo año 64526.89 ton lo cual representa el 0.76%, siendo las ciudades de Abancay y Andahuaylas las más incidentes El porcentaje del desecho de material inorgánico fluctuó entre el valor de 20.94% en el año 2022, dentro de lo cual está incluido los residuos provenientes de construcción y demolición, debido a que no todo los residuos

generado son dispuesto en rellenos sanitario o depósitos se carece de una información verídica para el cálculo de la cantidad de que se produce los RCD en nuestro país.

Abancay como ciudad se encuentran en crecimiento por ende las actividades de construcción generan un buen porcentaje de RCD, cabe mencionar que para las obras de construcciones, renovaciones y mejoramientos de vías de transitabilidad como: avenidas calles, jirones etc. En esta localidad no hay una adecuada gestión en lo que compete a RCD, eso se debe a que la población, entidades públicas y privadas no aplican como se debería el reglamento de gestión y manejo de residuos sólidos de la construcción y demolición lo cual esto, generara más adelante una complicación más en la ciudad.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿En qué medida influye el concreto reciclado de demoliciones de pavimentos rígidos como agregado grueso para la elaboración de buzones de alcantarillado?

1.2.2. Problema específico

- a) ¿En qué medida influye el concreto reciclado de demoliciones de pavimentos rígidos como agregado grueso en el diseño de mezcla para la elaboración de buzones de alcantarillado?
- b) ¿En qué medida influye el concreto reciclado de demoliciones de pavimentos rígidos como agregado grueso en la resistencia a la compresión para la elaboración de buzones de alcantarillado?

1.3. Justificación de la investigación

El presente trabajo, tiene por finalidad realizar la investigación planteando la elaboración de concreto nuevo a partir de agregado grueso producto de los residuos de concreto provenientes de demoliciones de pavimentos rígidos generalmente de obras públicas y/o privadas. Posteriormente se realizará la construcción de buzones de alcantarillado con el agregado grueso proveniente del proceso de reciclaje de concreto, además de implementar un plan de reciclaje de residuos de demolición específicamente del concreto demolido, produciendo así una reducción considerable de contaminación ambiental ocasionada por el sector de la construcción en nuestra localidad.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. *Objetivo general*

Determinar la influencia del concreto reciclado de demoliciones de pavimento rígido como agregado grueso en la elaboración de buzones de alcantarillado

1.4.2. *Objetivo específico*

- a) Determinar la influencia del concreto reciclado proveniente de pavimentos rígidos como agregado grueso en el diseño de mezclas para la elaboración de buzones de alcantarillado
- b) Determinar la influencia del concreto reciclado proveniente de pavimentos rígidos como agregado grueso en la resistencia a la compresión para la elaboración de buzones de alcantarillado

1.5. Delimitación de la investigación

1.5.1. Delimitación espacial

El proyecto de investigación se realiza en el departamento de Apurímac, ciudad de Abancay, provincia de Abancay, y específicamente en las zonas de intervención de las obras de construcción de pavimento rígido.

1.5.2. Delimitación temporal

La investigación se realizó en 2022

1.5.3. Delimitación social

La investigación no comprende una delimitación social.

1.5.4. Delimitación conceptual

Se realizaron estudios sobre los efectos y eficacia del uso de este material en la investigación sobre la incorporación de reciclado de concreto proveniente de las remociones de pavimentos rígidos para la producción de buzones. Esta idea se centra en evaluar la resistencia y la calidad del concreto reciclado utilizado como agregado grueso en comparación con el concreto convencional para ver si su uso promueve la sostenibilidad ambiental.

1.6. Viabilidad de la investigación

Esta investigación es viable ya que se cuenta con la economía necesaria para cubrir los gastos de recolección y traslado de los materiales, accesos a las canteras de la ciudad para la obtención de agregados, de la misma manera existen diferentes laboratorios de concreto para la elaboración de los ensayos que se deben realizar. Además, se cuenta con la predisposición de tiempo por parte del tesista y el recurso humano que sean necesarios. Por otro lado, se cuenta con referencias de investigaciones realizadas, normativa establecida y demás herramientas bibliográficas para llevar a cabo esta investigación.

1.7. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones para esta investigación son:

- Para poder reciclar concreto fue necesario la coordinación con los responsables de las obras de pavimentación en la ciudad debido a que las actividades de remoción, demolición y eliminación del concreto estaba ligada a el corte de material para la base del nuevo pavimento esto produjo una de mezcla entre concreto y tierra, por lo cual la obtención del material tuvo cierta dificultad.
- Las pruebas de necesidad en el laboratorio de concreto no se pudieron realizar en la universidad tecnológica de los andes (UTEA), debido a que mi persona no contaba con el tiempo requerido en el horario que el laboratorio está disponible y también a la saturación con demás investigaciones que se realizan en dicho centro, por ese motivo se tuvo que requerir un laboratorio particular.

Capítulo II.

Marco teórico

2.1. Antecedentes de investigación.

2.1.1. A nivel internacional

Para Carrasco (2018), en la investigación “Aplicación del uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloque de hormigón en la ciudad de Riobamba, análisis de costo impacto ambiental”, el objetivo de la investigación es Utilizar residuos de construcción y demolición (RCD) de la ciudad de Riobamba para la elaboración de un nuevo bloque de hormigón, como alternativa viable y sustentable para el desarrollo de la ciudad, donde concluyo:

las pruebas de laboratorio demuestran que los ladrillos fabricados por RCD cumplen con los estándares ecuatorianos en cuanto a propiedades físicas, químicas y mecánicas. Las placas con contenido 100% reciclado resisten 4,04 MPa, superando el requisito estándar de 4,0 MPa, y absorben 23,53 Kg/m³, superando el límite estándar de 208 Kg/m³. Como resultado, se concluyó que los nuevos bloques creados por colecciones de largo plazo son óptimos y cumplen con los estándares. (pp. 87-88)

Para Remolina (2018), en la investigación “Determinación de parámetros físico-mecánicos y de durabilidad en concreto reciclado con residuos de construcción y demolición (RCD)” , el objetivo de la investigación es determinar aspectos de comportamiento físico-mecánico y de durabilidad en mezclas de concreto con diferentes porcentajes de RCD como

reemplazo de agregado grueso que permitan establecer la viabilidad para uso en vías de pavimento rígido de bajo tránsito u otras aplicaciones, donde concluyo:

los hallazgos muestran una relación confiable entre el cambio porcentual en el tiempo agregado y el tiempo de curado y la resistencia a la compresión. Esto muestra que la resistencia se puede estimar cuando el proceso de diseño de materiales se resuelve utilizando el modelo matemático propuesto. Sin embargo, no se encontró una relación fuerte entre las variables estudiadas y el módulo de tracción del concreto. De acuerdo con los resultados del módulo de ruptura, se puede concluir que el hormigón con áridos reciclados se puede utilizar en materiales no estructurales como fachadas y mobiliario urbano en ciudades con poco tráfico. (pp. 136-137)

Para Vera y Cuenca (2016), en la investigación “Diagnóstico para la elaboración de concreto a partir de la utilización de concreto reciclado”, el objetivo de la investigación es diagnosticar la elaboración de concreto a partir de la utilización de escombros de concreto, donde concluye:

Se puede considerar que el uso de agregados reciclados produce concreto nuevo modificado con propiedades físicas mínimas previstas, como dureza, resistencia y trabajabilidad. El hormigón reciclado es una alternativa útil a los áridos naturales, especialmente cuando se transporta a largas distancias y donde los residuos de hormigón son difíciles de eliminar. La resistencia a la compresión del hormigón fresco que utiliza árido 100% reciclado se reduce entre un 10% y un 15% en comparación con el hormigón con áridos naturales. (pp. 54-55)

Para Martines (2020), en la investigación “El concreto con agregado reciclado como proyecto de sostenibilidad urbana”, el objetivo es establecer los beneficios de los residuos de construcción y demolición generados en Colombia, con el fin de plantear opciones para de los (RCD), en proyectos de sostenibilidad urbana, donde concluyo:

los resultados muestran que las propiedades del concreto con agregado reciclado son similares a los agregados naturales y pueden ser utilizados en diferentes obras como mezclas de concreto, cimentaciones y cimientos, pisos duros y blandos, estructuras, bloques de concreto y muros de concreto. Contención de acuerdo con las normas y reglamentos colombianos. Además, esta práctica tiene un impacto positivo en el medio ambiente, Decreto No. 472 de 2017, Artículos 79-80 de la Constitución Política de Colombia. Cumple con las regulaciones y normas como los artículos y la norma ISO 14001:2015. Porque evita construcciones y demoliciones innecesarias, reduce el uso de piedras y mejora la calidad del suelo, el aire, el agua, los animales y las plantas de las ciudades. (p. 55)

Para Contreras (2016) , en la investigación “Evaluación de agregados reciclados, para su implementación en pavimentos rígidos”, el objetivo es determinar si es factible o no utilizar agregados gruesos reciclados en la elaboración de concretos para pavimentos rígidos, donde se concluye:

los agregados grueso provenientes de demoliciones de edificios, pavimentos y laboratorio pueden considerarse como agregado grueso en la fabricación de nuevos concretos para pavimentos rígidos, por ende, representan una solución factible en la contribución ante los problemas de contaminación ambiental. Se recomienda utilizar agregados 100% de demoliciones de concretos, ya que cumplen con especificaciones altas de agregados reciclados, produciendo así un concreto que satisface lo requerido por agregados para pavimentos rígidos, se recomienda utilizar agregados reciclados superior a $\frac{3}{4}$ " de diámetro para no aumentar cantidad de cemento y de tal manera poder elaborar concreto competitivos a los convencionales. (pp. 118-119)

2.1.2. A nivel nacional

Para Vega (2018), en la investigación “Agregado de concreto reciclado, su influencia en las propiedades mecánicas de concreto 210,280 y 350 Kg/cm², Lima-2018”, su objetivo es determinar la influencia de concreto reciclado en las propiedades mecánicas de concreto 210,280 y 350 Kg/cm², donde concluyo:

los resultados muestran que el uso de mezclas de concreto reciclado tiene un efecto positivo en las propiedades mecánicas de los edificios, dependiendo de la resistencia a la compresión requerida para los diferentes diseños de mezcla. Además, este tipo de árido tiene menor densidad y mayor módulo de elasticidad que los áridos convencionales. En términos de esfuerzo de compresión, se determinó que la resistencia del agregado de concreto reciclado aumentó un 22% en el diseño de 210 kg/cm², un 7% en el diseño de 280 kg/cm² y un 5% en el diseño de 350 kg/cm². /cm². Basado en el peso real, el peso del material reciclado es de 130 kg/m³ para concreto de 210 kg/cm², 86 kg/m³ para concreto de 280 kg/cm² y 66 kg/m³ para concreto de 350 kg/cm². . En cuanto al módulo de elasticidad, el composite reciclado también tiene buena durabilidad y da un valor alto: 8053,934 kg/cm³ para un diseño de 210 kg/cm², 1085,585 kg/cm³ para un diseño de 350 kg/cm² y 480,055 kg/cm³ para 280 kg/cm². (p. 98)

Para Tarazona (2019), en su tesis “Aprovechamiento del concreto reciclado proveniente de los residuos de demolición de pavimentos rígido en la producción de concreto nuevo en la ciudad de huanuco-2018”, el objetivo es realizar un estudio del comportamiento del agregado grueso proveniente de los residuos de demolición del pavimento rígido para que se pueda utilizar en la producción de concreto nuevo, donde se concluyó:

Las pruebas muestran que una cantidad significativa de áridos residuales tiene las mismas propiedades físicas y mecánicas que los áridos naturales. El análisis granulométrico muestra que en los áridos naturales y reciclados predominan las

partículas de piedra. Sin embargo, existen diferencias significativas en el contenido de humedad, que es mucho mayor en las porciones regeneradas (0,32 frente a 0,08 en las porciones naturales). Esto se debe a que los áridos reciclados son porosos y contienen mucha agua. Existen ligeras diferencias en el peso unitario entre los agregados naturales y procesados en diferentes tamaños ($\frac{1}{2}$ " y 1"). También se afirma que el peso del material reciclado mantiene una forma constante, mientras que en los áridos naturales es igual en tamaño (PU 1,77 y comprimido 1,90 para árido natural de $\frac{1}{2}$ "; PU 1,55 libre y 1,70 PU comprimido por 1)." en la serie repetida). En general, el análisis concluye que los agregados importantes provenientes de desechos son similares a los agregados naturales en propiedades físicas y mecánicas, lo que demuestra su capacidad para usarse en la producción de concreto nuevo. (pp. 272-276)

Para Campos y Sáenz (2020), en su investigación "Hormigón estructural con agregados reciclados para la construcción de viviendas", su objetivo es determinar los diseños de mezcla de hormigón con agregado para determinar las propiedades físico mecánicas del concreto para la construcción de viviendas, donde se concluyó:

los resultados muestran que, al sustituir el 40% del árido por reciclaje, se produce un aumento del 23,98% en la resistencia a la compresión y del 114,39% en la resistencia a la tracción, aunque la resistencia al corte disminuye un 28,48%. De manera similar, si el 80 por ciento de la unidad se reemplaza con una unidad modificada, la resistencia a la compresión disminuye en un 10,29 por ciento, la resistencia a la tracción en un 100,76 por ciento y la resistencia a la flexión en un 16,90 por ciento. El diseño mixto con hormigón reciclado mejora las propiedades físico-químicas de la construcción de viviendas. Se concluyó que existe una diferencia significativa entre la resistencia a la compresión de la mezcla compuesta reciclada y la resistencia a la compresión de la mezcla normal. Usar 20%, 40% o 60% de agregado reciclado con agregado natural

aumenta la tracción. La porosidad de los áridos reciclados es mayor debido a la presencia de arcilla en su superficie, lo que aumenta su permeabilidad y afecta a su resistencia. Se ha enfatizado la importancia de la correcta ubicación y vibración de las probetas y vigas para no fallar en los ensayos de presión, tracción y equilibrio que puedan afectar la resistencia del concreto. (p. 83)

Para Rengifo (2017), en su investigación “Influencia de la calidad de concreto reciclado, en la resistencia de un pavimento rígido, Jr. Sargenteo Lores, distrito Morales-san martin-2017”, su objetivo es determinar la influencia de la calidad de concreto reciclado en la resistencia a la compresión de un pavimento rígido en el Jr. Sargento Lores, distrito de morales- San Martin,2017, donde se concluyó:

el hormigón reciclado tiene buena resistencia a la compresión cuando se utiliza agregado fino, pero este no es el caso ya que la resistencia se reduce con agregados gruesos. La calidad de construcción del agregado fino no cumple con la norma debido a que el módulo de calidad es 3.88 y el agregado grueso no cumple con los criterios de clasificación según la norma técnica NTP 400.037. La resistencia de la mezcla de café se evaluó mediante la prueba de Los Ángeles y los resultados arrojaron una resistencia del 67,5%, la cual no se considera alta. En cuanto al diseño compuesto, se utilizaron algunas medidas obtenidas para el reciclaje de áridos. Las proporciones para el diseño mixto de agregado fino y fino fueron 50% agregado fino, 27% agregado grueso, 16% cemento y 7% agua. En el caso del diseño mixto compuesto por agregado finamente procesado y agregado grueso, la proporción fue de 36% agregado fino, 39% agregado grueso, 17% cemento y 8% agua. (p. 49)

Para Bazalar y Cadenillas (2019), en su investigación “Propuesta de agregado reciclado para la elaboración de concreto estructural con $f'c=280$ kg/cm² en estructuras porticadas en la ciudad de Lima para reducir la contaminación ambiental”, su objetivo es analizar el comportamiento del concreto con agregado grueso reciclado de las construcciones

de concreto y el impacto ambiental que este genera con el fin de realizar comparaciones frente a concretos convencionales, donde se concluyó:

Objetivo 1: Evaluación de las propiedades del hormigón y áridos fabricados. Se encontró que el agregado reciclado tiene mayor permeabilidad, absorción y porosidad en comparación con el agregado natural debido a la retención del suelo y a una mayor capacidad de retención de agua durante el procesamiento.

Objetivo 2: crear un diseño complejo con diferentes elementos de la colección repetida. Después de probar el concreto curado, se concluyó que la tasa máxima de reemplazo de agregado reciclado por agregado natural era del 40 por ciento.

Objetivo 3: Incrementar la durabilidad del concreto con agregado elaborado utilizando cemento puzolánico Portland IPM. Este cemento confiere al hormigón fresco y endurecido buenas propiedades como resistencia a la compresión en el tiempo y retención de micropartículas, manteniendo una relación agua/cemento constante y evitando la absorción de agua por los áridos altos. (pp. 162-165)

Para Meléndez (2016), en su investigación "Utilización del concreto reciclado como agregado (grueso y fino) para un diseño de mezcla $f'c=210$ kg/cm² en la ciudad de Huaraz-2016", el objetivo es utilizar el concreto reciclado como agregado para un diseño de mezcla $f'c=210$ kg/cm² en la ciudad de Huaraz-2016, donde se concluyó:

el hormigón reciclado se encoge menos que el hormigón natural a la hora de diseñar el trazado. Según la definición de la AACI, se reconoce la importancia de lavar muestras mezcladas para evitar la contaminación y se logra un módulo de partículas de 3,2. La relación agua/cemento es de 0,59 en ambos diseños, pero debido a su absorbencia se debe añadir a cada probeta 0,24 litros de hormigón reciclado. Aunque los áridos gruesos y finos reciclados no cumplen plenamente las normas, su utilización en la preparación de hormigón nuevo, prestando atención a los procesos de preparación y mezclado, alcanza una resistencia superior a los 199,70 kg/cm². Se

concluyó que es posible una mayor durabilidad aumentando la cantidad adecuada de agua y aumentando el tiempo de tratamiento. (pp. 54-55)

2.1.3. A nivel local

Para Anampa y Bernaola (2019), en su investigación “Influencia del material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el jr. Puno y av. Abancay de la ciudad de Abancay para la elaboración de concreto nuevo a ser reutilizados en pavimentos”, su objetivo es determinar la influencia del material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el jr. Puno y av. Abancay de la ciudad de Abancay para la elaboración de concreto nuevo a ser reutilizados en pavimentos, donde se concluyó:

el agregado grueso, crucial en mezclas de concreto, presenta un desgaste del 31.29% en los agregados reciclados y 23.05% en los de cantera. Aun así, el valor no supera los límites establecidos por el MTC E 207, lo que indica que el agregado reciclado es adecuado para pavimentos rígidos. El diseño de mezcla con agregado reciclado difiere del convencional en la cantidad de agregado y agua necesaria debido a la porosidad del agregado reciclado. La utilización del material reciclado al 100% en la elaboración de concreto resulta en un 75.62% de la resistencia a la compresión en comparación con el concreto elaborado con agregado natural. Para mejorar la resistencia del concreto con agregado grueso reciclado, se hicieron combinaciones de proporciones (25%, 50% y 75%), logrando resistencias del 86.54%, 87.75% y 80.20%, respectivamente, en comparación con el concreto con 100% de agregado natural. La reutilización de pavimentos deteriorados contribuye significativamente a reducir la contaminación generada por la gestión inadecuada de los residuos de construcción y demolición. (p. 119)

Para Medina (2022), en su investigación “Influencia de la incorporación de agregado grueso de concreto reciclado, en las propiedades y flexión de concreto $f'c=210$ kg/cm² – Abancay 2021”, su objetivo es cuantificar la influencia de la incorporación de

agregado grueso de concreto reciclado, en las propiedades mecánicas a compresión y flexión de concreto $f'c=210$ kg/cm² – Abancay 2021 donde concluyo:

Los resultados muestran que la incorporación de árido de hormigón reciclado afecta sus propiedades mecánicas de compresión y flexión en dos porcentajes de reposición: 50% y 75%, pero viceversa cuando el porcentaje de reposición es del 25%. Este último no afectó las propiedades de compresión y flexión; por otro lado, se concluyó que a medida que aumentó la cantidad de agregado de concreto reciclado agregado, la resistencia a compresión y flexión aumentó a la edad de 28 días en comparación con cada reemplazo. 25%, 50% y 75%. muestra estándar. Cabe señalar que, a pesar de este comportamiento, la muestra aún cumplió con la resistencia especificada $f'c=210$ kg/cm² a los 28 días. (pp. 105-106)

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Agua

Este es el elemento esencial para la vida, agricultura, producción de energía, industria etc. en resumen es un elemento vital para la sociedad y economía.

Dado que el agua juega un papel importante en el estado plástico del hormigón o mortero, el proceso de endurecimiento y la reacción del cemento durante el endurecimiento, el agua se puede definir como un componente del hormigón según lo anterior. Entre ellos, el cemento es sometido a reacciones físicas y químicas, otorgándole propiedades endurecedoras y endurecedoras, formando un solo sólido con las cargas. Para ello se divide en agua de amasado y agua de conservación. (Sanchez De Guzman, 1993, p. 57)

2.2.1.1. Agua de mezclado.

La cantidad de agua necesaria por unidad de volumen de concreto que requiere el cemento, medida en contenido de volumen unitario, para crear una pasta hidratada

eficaz que sea lo suficientemente fluida como para permitir una lubricación suficiente del cemento, se conoce como agua de mezcla. los áridos en estado plástico de mezcla. (Sanchez De Guzman, 1993)

2.2.1.2. Agua de curado.

Sánchez De Guzmán (1993) lo define como la secuencia de eventos conocida como proceso de curado asegura que el concreto se hidrate continuamente hasta que todo el cemento esté hidratado y el concreto alcance sus propiedades finales. Las dos características principales de estas condiciones son la humedad y la temperatura.

Con respecto al agua de curado, el agua que es satisfactorio para el mezclado también lo es para el curado. Sin embargo, la materia orgánica o ferrosa puede causar manchas, particularmente si el agua fluye lentamente sobre el concreto y se evapora rápidamente.

2.2.1.3. Requisitos que debe cumplir el agua.

Abanto Castillo (2009) indica que para preparar el hormigón es necesaria agua limpia, libre de concentraciones peligrosas de ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otros materiales que puedan dañar el hormigón. En caso de incertidumbre sobre la calidad del agua utilizada para producir el concreto, se debe realizar un análisis químico para confirmar que los resultados sean los máximos y/o mínimos que permitan su uso.

Tal como indica:

Tabla 1

Tabla de sustancias y valores máximos admisibles

Sustancias Disueltas	Valor Máximo Admisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: Libro "Tecnología del concreto" (Abanto Castillo, 2009, p. 21)

2.2.2. Agregados o áridos

Según la norma NTP400.011, define como el grupo de partículas inorgánicas, ya sean sintéticas o naturales, con dimensiones que se encuentran entre rangos predeterminados. La fase discontinua del hormigón se llama agregados. Son sustancias que constituyen entre el 62% y el 78% de la unidad cúbica del hormigón y están incrustadas en la pasta. (Rivva Lopez, 2000)

2.2.2.1. Clasificación de los agregados según su tamaño.

Una manera común de clasificar los áridos es por tamaño, cuya sección transversal varía desde una fracción de milímetro hasta varios centímetros. Esta distribución del tamaño de partículas se llama tamaño de partículas. La parte más fina de este material con un diámetro inferior a 4,76 mm y superior a 0,0074 mm se denomina comúnmente arena, y la parte gruesa, es decir, con un diámetro superior a 4,76 mm, se conoce comúnmente como arena. Agregado grueso o simplemente grava. (Sanchez De Guzman, 1993)

Tabla 2*Clasificación general del agregado según su tamaño*

Tamaño de las partículas en mm	Denominación más corriente	Clasificación	Clasificación como agregado para concreto
Inferior a 0.002	Arcilla		
Entre 0.002-0.074 (Nº 200)	Limo	Fracción muy fina	No recomendable
Entre 0.074-4.76 (Nº 200) -(Nº4)	Arena	Agregado fino	
Entre 4.76-19.1 (Nº4) -(Nº3/4)	Gravilla		Material apto para producir concreto
Entre 19.1-50.8 (Nº3/4) -(2")	Grava	Agregado grueso	
Entre 50.8 -152.4 (2") -(6")	Piedra		
Superior a 152.4 (6")	Rajón, piedra bola		

Nota: Fuente: (Sanchez De Guzman, 1993, p. 70)

2.2.2.1.1. Agregado grueso.

El agregado grueso se refiere a la fracción de los materiales pétreos utilizados en la construcción que son mayores a 4.75mm (Nº4). En otras palabras, son los materiales como la grava, la piedra chancada o el cascajo que se utilizan para hacer el concreto y otros tipos de mezclas para la construcción. (Rivva Lopez, 2000, p. 176)

En Perú, la norma técnica que establece las especificaciones para el agregado grueso es la Norma Técnica Peruana (NTP 400.037, 2018) "Agregados - Requisitos generales", emitida por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL). Esta norma establece las características físicas y mecánicas que deben cumplir los agregados

gruesos para su uso en la construcción, con el objetivo de garantizar la calidad y seguridad de las estructuras construidas. (NTP 400.037, 2018)

2.2.2.1.2. Agregado fino.

“Material de rocas desintegradas que pasa el tamiz de 3/8” y se retiene en el tamiz n°200. La arena es el agredo fino más común. El producto de la desintegración natural de las rocas” (Rivva Lopez, 2000, p. 179)

El agregado fino dentro del concreto se usa generalmente para obtener propiedades de mezcla plástica, facilitar el acabado, dota de uniformidad y evitar segregación, estas mejoras dentro de la mezcla se logran por la granulometría, textura, forma y tamaño de las partículas que conforman el agregado fino.

2.2.2.2. Clasificación según su procedencia

2.2.2.2.1. Agregados naturales

Todas estas son fuentes resultantes del uso de recursos naturales como los caudales de los ríos (arena y grava de río), depósitos glaciares (piedras) y la extracción de diversas rocas y piedras naturales. Se puede utilizar para granulación natural o molienda mecánica según las especificaciones requeridas. (Sanchez De Guzman, 1993)

2.2.2.2.2. agregados artificiales

“Estos agregados se obtienen a partir de productos y procesos industriales tales como: arcilla expandida, escoria de alto horno, Clinker, limaduras de hierro, y otros. Por lo general estos agregados son más ligeros o pesados que los ordinarios”. (Sanchez De Guzman, 1993, p. 70)

2.2.2.3. Clasificación según su densidad

Otro método de clasificación es la densidad, basada en el peso por volumen y el tamaño de poro, independientemente de que sean agregados naturales o artificiales. Esta

distinción se da porque afecta la densidad (ligera, media o pesada) del hormigón producido. (Sanchez De Guzman, 1993)

2.2.2.4. Propiedades físico mecánicas de los agregados.

se refieren a las características físicas y mecánicas de los mismos, que pueden afectar su capacidad para soportar cargas y proporcionar la durabilidad necesaria en las estructuras.

Las propiedades necesarias para la elaboración de concreto en términos cuantitativos se determinarán por métodos y ensayos los cuales:

2.2.2.4.1. Análisis granulométrico.

Según el Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC) (2016), tiene por finalidad determinar la gradación de del tamaño de las partículas en una muestra de agregado.

Este análisis se realiza para conocer las características físicas y mecánicas del material, es esencial en la selección de la adecuada mezcla de agregados para la fabricación de concreto, asfalto u otros materiales de construcción y proporcionar datos necesarios para la producción de estas. (MTC, 2016)

- **Equipos**

- Balanzas: En el caso de áridos finos, deben tener las siguientes propiedades, aprox. 0,1 g con una sensibilidad del 0,1% del peso de la muestra; para áridos gruesos de hasta 0,5 g con una precisión del 0,1 %.
- Estufa: de proporciones adecuadas con la capacidad de conservar una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- **Materiales**

- Tamices: los tamices serán seleccionados de acuerdo tipo de material indicado en la (NTP 400.012)

- **Procedimiento**

El de análisis granulométrico según el MTC se puede describir en los siguientes pasos:

- **Preparación de la muestra.**

Tome una muestra de agregado, seque en un horno a 110 °C (más o menos 5 °C) hasta que obtenga un peso constante y enfríe a temperatura ambiente. Preferiblemente, el tamaño nominal máximo sea inferior a 12 mm (1/2 pulgada), y el agregado grueso posea una cantidad significativa de finos menos que la malla de 4,75 mm (N°4). (MTC, 2016)

- **Selección de tamices.**

Seleccionar una serie de tamices de malla cuadrada o redonda, de acuerdo con la norma "American Society for Testing and Material" (ASTM) o la Internacional Organization for Standardization (ISO). La cantidad y el tamaño de los tamices a utilizar dependerán del rango de tamaños de partículas que se espera encontrar en la muestra. Se recomienda utilizar al menos cinco tamices, con aberturas desde 4,75 mm hasta 75 µm para el agregado fino y del tamiz 203 mm (8") hasta 4,75 mm siendo la más fina (N°4). (MTC, 2016)

- **Armado del juego de tamices.**

Colocar los tamices en orden descendente de abertura, de modo que el tamiz de abertura más grande quede en la parte superior y el de abertura más pequeña en la parte inferior. (MTC, 2016)

- **Agitación de la muestra.**

Colocar la muestra sobre el tamiz superior y agitar el conjunto de tamices mecánicamente o manualmente durante un tiempo suficiente para asegurar que todas las partículas se hayan clasificado en un tamaño específico. (MTC, 2016)

- **Pesado de las fracciones.**

Después de agitar, retirar cada tamiz en orden descendente de abertura y pesar la fracción de suelo o agregado retenido en cada tamiz. (MTC, 2016)

- **Cálculo del porcentaje retenido.**

Calcular el porcentaje retenido en cada tamiz dividiendo la masa retenida en cada tamiz por la masa total de la muestra y multiplicando por 100. (MTC, 2016)

- **Cálculo del porcentaje que pasa.**

Calcular el porcentaje que pasa a través de cada tamiz restando el porcentaje retenido en cada tamiz del 100%. (MTC, 2016)

- **Representación gráfica.**

Representar gráficamente los resultados obtenidos en un gráfico de distribución granulométrica, donde se muestra la fracción de masa que pasa o queda retenida en cada tamiz en función del tamaño de la abertura del tamiz. (MTC, 2016)

2.2.2.4.2. *Peso unitario*

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyéndose los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C29 y NTP 400.017. es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa por ejemplo para un agregado grueso pesos unitarios altos significan que quedan pocos huecos por llenar con arena y cemento. (Torre, 2004, pág. 47)

Según NTP 400.017 (2011) este método comprende:

• **Equipos:**

- “Balanza: precisión del 0,1% de la carga de prueba y una graduación al 0,05 kg más cercano, el rango de operación se calcula desde la masa del contenedor vacío hasta la masa del contenedor más su contenido 1920 Kg/m^3 ” (NTP 400.017, 2011)

- “Varilla de apisonamiento: será de acero en forma redondeada de 16mm de diámetro con aproximadamente unos 60cm de longitud” (NTP 400.017, 2011)
- “Recipiente: deberá ser metálico hermético a prueba de agua, no deberá tener una capacidad en la altura menor al 80% ni mayor al 150% del diámetro” (NTP 400.017, 2011)
- “Cuchara o pala: convenientemente deberá ser del tamaño para llenar el recipiente de manera óptima” (NTP 400.017, 2011)
- **Procedimiento para peso específico compacto.**
 - Limpiar y secar el cilindro y la bandeja.
 - Pesar el cilindro vacío y anotar su masa.
 - Colocar una capa de aproximadamente 1/3 de la capacidad del contenedor.
 - Compactar el agregado en la bandeja con la varilla compactadora, dándole 25 golpes uniformes en cada capa.
 - Agregar más agregado en capas sucesivas y compactar cada una hasta que el cilindro esté lleno.
 - Nivelar la superficie del cilindro y eliminar cualquier exceso de agregado con una regla o espátula.
 - Pesar el cilindro lleno con el agregado y anotar su masa.
 - Vaciar el agregado del cilindro en la bandeja y determinar su masa.
 - Calcular el peso unitario de los agregados
- **Procedimiento para peso específico suelto.**
 - Limpiar y secar el cilindro y la bandeja.
 - Pesar el cilindro vacío y anotar su masa.
 - Colocar descargando el agregado y que no exceda una altura de 50mm por encima del borde superior del contenedor.

- Poner a nivel la superficie del cilindro y eliminar cualquier exceso de agregado con una regla o espátula.
- Pesar el cilindro lleno con el agregado y anotar su masa.
- Vaciar el agregado del cilindro en la bandeja y determinar su masa.
- Calcular el peso unitario de los agregados.

2.2.2.4.3. Gravedad específica y absorción del agregado grueso y fino

Las diferentes mezclas de áridos se pueden distinguir por sus gravedades específicas, que indican el volumen ocupado en cada mezcla. La absorción, por otro lado, es la cantidad de agregado que se puede absorber en relación con su masa a través de los poros a lo largo del tiempo, excluyendo el agua adherida a la superficie del agregado. (NTP 400.022, 2013)

Para el agregado grueso

según NTP 400.022 (2013), comprende lo siguiente

• Aparatos

- “Balanza: Debe tener un método preciso del 0,05 por ciento para colgar el recipiente de muestra en el agua desde el centro de su plataforma” (NTP 400.022, 2013)
- “Recipiente para muestra: una canasta hecha de alambre de 3.55 mm o de malla, este deberá evitar la retención de aire al momento de sumergirla en el agua” (NTP 400.022, 2013)
- “Tanque de agua: deberá ser hermético que quede por debajo de la balanza” (NTP 400.022, 2013)
- “Tamices: de 4.75mm” (N°4) (NTP 400.022, 2013)
- “Estufa: capaz de mantener constante una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ” (NTP 400.022, 2013)

• Procedimiento

- Secar la muestra en un horno a unos 110 ± 5 °C de temperatura hasta obtener una masa constante. Ventilar de 1 a 3 horas. (NTP 400.022, 2013)
- Sumergir la muestra en agua limpia durante un mínimo de 24 horas para saturarla. (NTP 400.022, 2013)
- Sacar la muestra del agua y quitar el exceso de agua superficial con un paño húmedo. (NTP 400.022, 2013)
- Pesar la muestra saturada con precisión. Este valor será la masa sumergida. (NTP 400.022, 2013)
- Llenar la probeta de vidrio con agua limpia y determinar su masa con precisión. Este valor será la masa de la probeta con agua. (NTP 400.022, 2013)
- Colocar la muestra saturada dentro de la probeta con agua. Registrar la masa total y el volumen total de la probeta con la muestra saturada y el agua. (NTP 400.022, 2013)
- Sacar la muestra de la probeta y determinar su volumen sumergido. (NTP 400.022, 2013)
- Calcular la gravedad específica de la muestra (NTP 400.022, 2013)
- Calcular el porcentaje de absorción del agregado (NTP 400.022, 2013)

Para agregado fino

- **Aparatos**

- Balanza: Una mínima capacidad de 1000 g. y contar con sensibilidad de 0.1 g.
- Estufa u Horno: con capacidad de 110 ± 5 °C de temperatura uniforme
- Picnómetro: es un frasco utilizado en procedimientos gravimétricos u otro frasco apropiado volumétrico de unos 500 cm^3 de capacidad
- Molde cónico: debe ser de metal, tener un diámetro interior de $40\text{mm} \pm 3\text{mm}$ en la base más pequeña, $90\text{mm} \pm 3\text{mm}$ en su base más grande y altura de $70\text{mm} \pm 3\text{mm}$.

- Varilla apisonadora: debe ser recta y de metal, con peso de 340g. \pm 15 g y con extremo circular de 25 ± 3 mm de diámetro.

- **Procedimiento**

Según (NTP 400.022, 2013)

- Coloque el molde en la cavidad y llénelo con agregado fino suelto parcialmente seco para realizar la prueba de humedad de la superficie. Apisonar ligeramente con 25 golpes de barra de compactación espaciados a 5 mm en fases. El material moldeado tendrá una ligera caída al retirarlo, lo que significa que la superficie ha alcanzado un estado seco. (NTP 400.022, 2013)

- “Llene el picnómetro hasta la mitad con agua, agregue 150 g de agregado fino saturado superficialmente seco, llene el 90 por ciento restante con agua y agite para quitar las burbujas de aire.” (NTP 400.022, 2013)

- “Llenar el picnómetro con agua hasta alcanzar el nivel de calibración” (NTP 400.022, 2013)

- “Calcular el peso combinado del agua y del picnómetro.” (NTP 400.022, 2013)

- “Retirar el árido del picnómetro y secarlo para calcular la masa del picnómetro cuando esté completamente lleno de agua.” (NTP 400.022, 2013)

2.2.2.4.4. Contenido de humedad

La humedad evaporada incluye la humedad superficial y la humedad en los poros del agregado, pero no toma en cuenta el agua que está químicamente unida a minerales que pueden estar contenidos en el agregado y que no se evapora fácilmente. Por lo tanto, se estableció un procedimiento que determina el % de humedad evaporable en muestras de áridos. (NTP 339.185, 2013).

- **Aparatos**

- Balanza: contara con una sensibilidad 0.1% del peso (NTP 339.185, 2013).

- Fuente de calor: considerar un horno ventilado con la capacidad de mantener alrededor de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura (NTP 339.185, 2013).
- Un recipiente que pueda contener la muestra y que no sea sensible a la temperatura. (NTP 339.185, 2013).
- Revolvedor: cuchara de metal de tamaño idóneo para el ensayo (NTP 339.185, 2013).

- **Procedimiento**

- Se determinará la cantidad de masa de la muestra del agregado (NTP 339.185, 2013).
- Secar la muestra a través de una fuente de calor permanente hasta que pierda la masa de agua (NTP 339.185, 2013).
- Una vez que el árido se haya enfriado, calcular la masa seca de la muestra. (NTP 339.185, 2013).

2.2.2.4.5. Degradación de los agregados por abrasión

El ensayo de la máquina de los ángeles es un método para determinar la resistencia a la degradación de los agregados grueso, durante el ensayo se somete al agregado a la acción de un tambor rotatorio en el que se colocan una serie de bolas de acero, donde la muestra se le hará girar por un número determinado de revoluciones el cual dará el resultado de fricción y trituración por efecto de lo mencionado (MTC, 2016).

- **Aparatos**

Según la NTP 400.019 (2014) se contará:

- Máquina de los ángeles: es un cilindro hueco de acero, de unos 711 mm de diámetro y 508 mm de longitud, cerrado en ambos extremos. La superficie interior del cilindro debe estar libre de protuberancias. Deberá girar a una velocidad constante. (MTC, 2016).
- Tamices

- Balanza: Balanza: precisión del 0,1% de la carga de prueba.
- Carga: consistirá en esferas de acero entre 46mm y 48 mm con masas entre 390g y 445 g. (MTC, 2016).

Tabla 3

Gradación para ensayo de abrasión-número de esferas

Gradación	Numero de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	500 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 25
D	6	2500 ± 25

Fuente: (NTP 400.019, 2014, p. 5).

Procedimiento

- Introducir la muestra de prueba y las esferas en la máquina Los Ángeles, y girarla durante 500 revoluciones a una velocidad entre 30 y 33 rpm. (MTC, 2016).
- Sacar el material árido de la máquina y pasarlo por un tamiz de 1.70 mm (N°12)
- Lavar a mano cualquier material de espesor superior a la malla N°12 y secar en horno
- Determinar la masa

Tabla 4

Contenido máximo de partículas de diámetro inferior a 74 micras (tamiz N°200)

Tipo de concreto	Porcentaje máximo de la masa de la muestra			
	Agregado fino		Agregado grueso	
	Natural	Manufacturado	Natural	Manufacturado
Concreto de alta resistencia o sometido a desgaste	3%	5%	-	-
Concreto normal	5%	7%	1%	1.5%

Nota: en el caso de manufacturado, se permiten estos límites siempre y cuando el polvo proceda del proceso de trituración y se encuentre libre de arcilla o pizarra. *Fuente:* (Sanchez De Guzman, 1993, p. 100)

2.2.3. Cemento portland

En el sentido más amplio, el término cemento se refiere a un material aglutinante que tiene propiedades de cohesión y cohesión, lo que permite combinar fragmentos minerales en un todo denso con suficiente resistencia y solidez. La definición abarca no sólo el cemento en sí, sino también diversos materiales cementantes como carreteras, asfalto y alquitrán. (Sanchez De Guzman, 1993).

Es el principal componente del concreto cual ocupa entre el 7% y el 15% de la mezcla, presentando propiedades de adherencia y cohesión, las cuales permiten unir fragmentos minerales entre sí, formando un sólido compacto con una muy buena resistencia a la compresión, así como durabilidad. (Torre, 2004, pág. 90)

2.2.3.1. Proceso de fabricación

- **Extracción de la materia prima:** Se realiza con la explotación de los yacimientos a tajo abierto. El material resultante de la voladura es transportado en camiones para su trituración. (Torre, 2004)

- **Trituración de la materia prima:** Se realiza en dos etapas, inicialmente se procesa en una chancadora primaria y luego se deposita en una cancha de almacenamiento. Posteriormente, se verifica su composición química y pasa al chancado secundario. (Torre, 2004)
- **Pre-homogeneización:** El material triturado se lleva a la planta propiamente dicha por cintas transportadoras, depositándose en un parque de materias primas. En algunos casos se efectúa un proceso de pre-homogeneización. (Torre, 2004)
- **Molienda de Crudos:** Este proceso se realiza por medio de molinos de bolas o prensas de rodillos que producen un material muy fino y dosifican adecuadamente los materiales para lograr un crudo óptimo que será el que ingrese al horno. (Torre, 2004)
- **Sinterización:** Se describe el proceso de sinterización que ocurre en el horno a altas temperaturas, donde se forman compuestos químicos importantes para el cemento. (Torre, 2004)
- **Enfriamiento del clínker:** El clínker formado por el proceso de sinterización se enfría rápidamente y se almacena en canchas al aire libre. (Torre, 2004)
- **Molienda del clínker:** El clínker entra a los molinos de bolas o prensa de rodillos donde se obtiene una superficie específica alta de los granos del cemento. (Torre, 2004)

2.2.3.2. Clasificación del cemento portland

Se producen distintos tipos de cemento para distintas aplicaciones según especificaciones.

Existen ocho tipos diferentes de cemento, cinco de los cuales están identificados con números romanos y tres tienen aire incorporado, según la norma ASTM C 150, especificaciones estándar para el cemento Portland.

- Tipo I

El cemento tipo I es de uso general por ser adecuado para todas las aplicaciones que no requieren las propiedades especiales de otros cementos. Se utiliza para hormigón que afecta a pavimentos, suelos, construcciones de hormigón armado, puentes, tanques de almacenamiento, depósitos, tuberías, elementos de mampostería y otros hormigones prefabricados y prefabricados. (Kosmatka et al., 2004)

- Tipo II

El cemento tipo II se utiliza cuando se requiere protección contra los efectos de los sulfatos. Puede usarse para estructuras o elementos normales expuestos al suelo o agua subterránea debido a que las concentraciones de sulfato son más altas de lo normal pero no severas. Este cemento tiene una resistencia moderada al sulfato ya que no contiene más del 8% de aluminato tricálcico (C3A). (Kosmatka et al., 2004).

- Tipo III

Los cementos tipo III fraguan temprano, generalmente en una semana o menos. Las propiedades químicas y físicas de este cemento son similares a las del Tipo I excepto que sus partículas son más finas. Es adecuado para situaciones en las que es necesario retirar el encofrado lo antes posible o poner la estructura en servicio con antelación. Se puede utilizar en climas fríos. Esto puede acortar el tiempo de curado. Si bien se pueden usar altos niveles de cemento Tipo I para el desarrollo temprano de la resistencia, el cemento Tipo III puede proporcionar esta propiedad de manera más fácil y económica. (Kosmatka et al., 2004)

- Tipo IV

Debido a que el calor de hidratación debe mantenerse al mínimo cuando se utiliza cemento Tipo IV, su desarrollo de resistencia es más lento que con otros tipos de cemento. Cuando es importante limitar el aumento de temperatura provocado por el calor, los cementos Tipo IV se pueden usar en estructuras masivas de concreto como

presas de gravedad. Rara vez se puede comprar cemento tipo IV. (Kosmatka et al., 2004)

- Tipo V

El concreto expuesto a una fuerte acción de sulfatos generalmente usa cementos Tipo V en áreas con altas concentraciones de sulfato en el agua subterránea. En comparación con el cemento tipo I, su desarrollo de resistencia es más lento. Su bajo contenido en aluminato tricálcico, inferior al 5%, es lo que confiere al cemento tipo V su resistencia a los sulfatos. Cualquier estructura expuesta a sulfatos debe funcionar correctamente, lo que requiere el uso de bajas relaciones agua/cemento y baja permeabilidad. Cuando la proporción de agua y cemento es alta, ni siquiera el hormigón de cemento V puede resistir los duros efectos de los sulfatos. Los ácidos y otras sustancias altamente corrosivas no son resistentes al cemento Tipo V, como otros cementos. (Kosmatka et al., 2004)

Tabla 5

Tipos de cementos requeridos para la exposición de concreto a los sulfatos en el suelo o agua

Exposición a los sulfatos	Sulfatos solubles en agua (SO_4)	Sulfato (SO_4) en agua, ppm	Tipo de cemento	Relación agua-material cementante máxima, en masa	Mínima resistencia a compresión de diseño f'_c , Kg/cm^2 , MPa , lb/pul^2 .
Insignificante	Menos que 0.10	Menos de 150	Ningún tipo especial requerido	-----	-----
Moderado	0.10 hasta 0.20	150 hasta 1500	II, MS, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0.50	280 (28) [4000]
Severa	0.20 hasta 2.00	1500 hasta 10,000	V, HS	0.45	320 (31) [4500]
Muy severa	Mas de 2.00	Mas de 10,00	V, HS	0.40	350 (35) [5000]

Fuente: Libro diseño y control de mezclas de concreto. (Kosmatka et al., 2004, p. 32)

2.2.4. Concreto

Para Sanches (1993), En términos generales, el concreto u hormigón puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (cemento portland hidráulico), un material de relleno (agregado o áridos), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forma un todo compacto (piedra artificial) y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión. (p. 19)

2.2.4.1. Componentes del concreto.

Según Abanto Castillo (2009), “Dentro de los componentes tenemos a los ligantes como: el cemento y agua, de la misma manera los agregados como: agregado fino (arena) y agregado grueso (grava, piedra chancada, confitillo, escoria de hornos)”. (p. 12)

Observación

$$CEMENTO + AGUA = PASTA$$

$$AGREGADO FINO + AGREGADO GRUESO = HORMIGON$$

Dependiendo del tipo de trabajo que lo necesite y del tipo de concreto que se produzca, se utilizan diferentes procesos para producir diferentes tipos de concreto. La dosificación, mezcla, transporte, colocación, consolidación y curado son los pasos involucrados en la producción de concreto. (Abanto Castillo, 2009)

2.2.4.2. Tipos de concreto

- **Concreto simple**

Abanto Castillo (2009) define que consiste en cemento Portland mezclado con grava, árido fino y árido grueso. El agregado fino debe llenar el espacio entre el agregado grueso y al mismo tiempo quedar completamente cubierto por la pasta de cemento de la mezcla.

$$CEMENTO + A. FINO + A. GRUESO + AGUA = CONCRETO SIMPLE$$

- **Concreto armado**

Cuando se utiliza refuerzo de acero como refuerzo y el concreto se diseña con el supuesto de que los dos materiales cooperarán para resistir fuerzas de tracción o aumentar la resistencia a la compresión del concreto, el concreto se denomina concreto simple. (Abanto Castillo, 2009)

$$CONCRETO SIMPLE + ARMADURAS = CONCRETO ARMADO$$

- **Concreto estructural**

“Se denomina así al concreto simple cuando es dosificado, mezclado, transportado y colocado, de acuerdo a especificaciones precisas que garanticen una resistencia mínima preestablecida en el diseño y una durabilidad adecuada” (Abanto Castillo, 2009, p. 13)

- **Concreto ciclópeo**

Este tipo de concreto se conoce como concreto simple y se complementa con piedras de desplazamiento que pueden cubrir hasta el 30% del volumen total y tener un tamaño máximo de 10". Cada piedra en el lugar asignado debe tener concreto simple a su alrededor. Las piedras deben introducirse antes de su elección y limpieza, lo cual es un requisito previo imprescindible. (Abanto Castillo, 2009)

- **Concreto liviano**

El concreto liviano es utilizado en aplicaciones donde se requiere reducir el peso de la estructura, como en techos, losas, rellenos, y en general en situaciones donde se busca disminuir la carga muerta sobre una estructura. A pesar de su menor densidad, el concreto liviano puede mantener propiedades mecánicas adecuadas para su uso en construcción, siempre y cuando se diseñe y se utilice de acuerdo a las especificaciones y normativas correspondientes. (Torre, 2004)

- **Concretos normales**

“Son preparados con agregados corrientes y su peso unitario varia de 2300 kg/m³ a 2500 kg/m³. según el tamaño máximo del agregado. El peso promedio es de 2400 kg/m³” (Abanto Castillo, 2009, p. 13).

- **Concretos pesados**

Se construyen con áridos pesados, con pesos unitarios que oscilan entre 2.800 kg/m³ y 6.000 kg/m³. Con frecuencia se utilizan minerales de hierro como magnetita, limonita y

hematita, así como agregados como barita. Las partículas de hierro, fósforo y acero son ejemplos de agregados artificiales. El hormigón pesado se utiliza principalmente en suelos industriales, bóvedas y cajas fuertes, así como en la producción de contenedores de materiales radiactivos, como protección biológica contra los efectos de la radiación nuclear. (Abanto Castillo, 2009)

- **Concreto premezclados**

“Es el concreto que se dosifica en planta, que pueda ser utilizada en la misma o en camiones mezcladores y que es transportado a obra” (Abanto Castillo, 2009, p. 14)

- **Concreto prefabricado**

“Elementos de concreto simple o armado fabricados en una ubicación diferente a su posición final en la estructura” (Abanto Castillo, 2009, p. 14)

- **Concreto bombeado**

“Concreto que es impulsado por bombeo, a través de tuberías hacia su ubicación final” (Abanto Castillo, 2009, p. 14)

2.2.4.3. Propiedades del concreto.

2.2.4.3.1. Propiedades del concreto fresco

- **Plasticidad**

Se dice que el hormigón que se puede moldear fácilmente pero que aún permite un cambio gradual de forma después de retirar el molde tiene plasticidad. Debido a esto, las mezclas de consistencia plástica no pueden considerarse ni extremadamente secas ni extremadamente secas. líquido. Debe tener en cuenta que dos mezclas con la misma consistencia no son igualmente trabajables, pero que las mezclas húmedas son más trabajables que las secas, dentro de ciertos límites. En este sentido hay que ser igualmente plástico. (Sanchez De Guzman, 1993)

- **Trabajabilidad**

Según Torre (2004) Es la facilidad que tiene el concreto para ser mezclado, manipulado y puesto en obra, con los medios de compactación del que disponga, la trabajabilidad depende de:

- Dimensiones del elemento
- Secciones armadas
- Medios de puesta en obra

Habrà una mayor trabajabilidad cuando:

- Contenga más agua
- Mas finos
- Agregados redondeados
- Mas cemento
- Fluidificantes/plastificantes.
- Adiciones

- **Consistencia**

Según Torre (2004), denomina consistencia a la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse o adaptarse a una forma específica. La consistencia depende

- Agua de amasado
- Tamaño máximo del agregado
- Granulometría
- Forma de agregados influye mucho el método de compactación

Ensayo de la consistencia del concreto

Para Abanto Castillo (2009) la prueba de consistencia, también conocida como prueba de asentamiento, ayuda a determinar las propiedades del concreto en su estado fresco y fue desarrollada por Daft Abrams. Y pasó ASTM. La prueba requiere algunos equipos, incluido un cono truncado con una circunferencia de 20 cm, una base de 10 cm y una altura de 30 cm. Para compactar el concreto, use una varilla de acero con un extremo semiesférico de 5/8 de pulgada de diámetro y 60 cm de largo. El proceso consiste en colocar el molde sobre una superficie plana, dejar reposar el cono, luego ajustar la mezcla a 1/3 del volumen y empaquetarla en 25 trazos distribuidos uniformemente. De manera similar, coloque la siguiente capa que falta y realice el proceso de reproducción aleatoria. Después del llenado, levante con cuidado el molde y calcule el cono y la diferencia de altura, donde se estima la forma de la mezcla.

- **Segregación**

Cuando los áridos grandes comienzan a desprenderse del mortero, esto se conoce como desintegración mecánica del hormigón fresco en sus partes componentes. Al pensar en el hormigón como una mezcla de materiales con diferentes densidades y tamaños, podemos entender esta definición. Esto produce una fuerza interna que los divide. (Rivva Lopez, 2000)

- **Exudación**

Se describe como un aumento en la cantidad de agua en una mezcla que ocurre cerca de la superficie, generalmente como resultado de que los sólidos se depositan en el fondo. Una vez vertido el hormigón, este proceso comienza y dura hasta que el hormigón empieza a endurecerse. Las proporciones de la mezcla, las características del material, el contenido de aire, los aditivos y especialmente el tamaño y la orientación angular de las partículas finas de agregado tienen un impacto en la forma en que se

libera la mezcla. El exudado se puede reducir utilizando adecuadamente arena muy fina y mezclas de arena. (Rivva Lopez, 2000)

- **Temperatura del concreto**

Dado que el agregado constituye una porción considerable de la mezcla y tiene su propia temperatura y calor específicos, los materiales que componen el concreto tienen un impacto en la temperatura de la mezcla cuando se mezcla. Es necesario que el hormigón esté frío en climas cálidos. Por lo tanto, es necesario sumergir o rociar agua fría sobre el árido grueso para enfriarlo. Los agregados no deben usarse en mezclas de concreto si están congelados, por lo que en climas fríos puede ser necesario calentar el agregado. (Rivva Lopez, 2000, p. 214)

2.2.4.3.2. Propiedades del concreto endurecido

- **Resistencia**

El promedio de cualquier conjunto de tres pruebas de resistencia consecutivas debe cumplir o exceder la resistencia a la compresión de 28 días especificada. Según ACI 318, el $f'c$ debe ser al menos 180 kg/cm² o 17.5 MPa. No se puede utilizar en ninguna prueba una resistencia de 36 kg/cm² o 3,5 MPa o menos. Para una clase particular de concreto, las muestras deben curarse en un laboratorio. La resistencia promedio debe coincidir con la resistencia específica más una tolerancia a las variaciones en la producción, curado y prueba de muestras de concreto cilíndricas. La resistencia necesaria para el diseño de la mezcla es la resistencia promedio, también conocida como $f'cr$, que excede a $f'c$. El "Proporcionamiento" entra en gran detalle sobre los requisitos $f'cr$. A veces, la resistencia a la flexión se sustituye por la resistencia a la compresión en proyectos de pavimento. Pero debido a su amplia variabilidad, se evita la resistencia a la flexión. (Kosmatka et al., 2004)

En las siguientes tablas se muestran los requisitos mínimos de resistencia para varias condiciones de exposición.

Tabla 6

Relación agua-material cementante máxima y resistencia de diseño mínima para varias condiciones de exposición

Condición de exposición	Relación agua-material cementante máxima por masa de concreto	Resistencia a compresión de diseño mínima f'_c, kg/cm² (MPa)
Concreto protegido a congelación-deshielo, de la aplicación de sales de deshielo o sustancias agresivas	Elija la relación-material cementante basándose en la resistencia, trabajabilidad y requisitos de acabado	Elija la resistencia basándose en los requisitos estructurales
Concreto que se pretende que tenga baja permeabilidad cuando está expuesto al agua	0.5	280(28)
Concreto expuesto a congelación - deshielo en la condición húmeda y descongelante	0.45	320(31)
Para protección contra la corrosión del refuerzo del concreto expuesto a cloruro de sales descongelantes, agua salobra, agua del mar o rociado de estas fuentes.	0.4	350 (35)

Fuente: (Kosmatka et al., 2004, p. 186) adaptada del ACI 318

Tabla 7*Requisitos para el concreto expuesto a los sulfatos del suelo y agua*

Exposición a los sulfatos	Sulfatos solubles en agua (SO₄)	Sulfato (SO₄) en agua, ppm	Tipo de cemento	Relación agua-material cementante máxima, en masa	Resistencia a compresión de diseño mínima f'_c, kg/cm² (MPa)
Insignificante	Menor que 0.10	Menos de 150	Ningún tipo especial requerido	-----	-----
Moderado	0.10 a 0.20	150 a 1500	Cemento de moderada resistencia a sulfatos	0.50	280 (28)
Severa	0.20 a 2.00	1500 a 10,000	Cemento de alta resistencia a sulfatos	0.45	320 (31)
Muy severa	Mayor que 2.00	Mayor que 10,00	Cemento de alta resistencia a sulfatos	0.40	350 (35)

Fuente: (Kosmatka et al., 2004, p. 187) adaptada del ACI 318.

Factores que influyen en la resistencia del concreto

Según Sánchez de Guzmán (1993) Entre los innumerables factores que afectan la resistencia del concreto en estado endurecido, independientemente de la calidad y tipo de materiales que lo constituyen para unas propiedades dadas de sus componentes en una mezcla trabajable y bien colocada se destacan los siguientes:

Contenido de cemento:

Es lógico pensar que las características del cemento empleado tienen enorme influencia en la resistencia del concreto a cualquier edad, debido a que es el material mas "activo" de la mezcla. Pero desde luego, importa aún más su contenido (proporción) dentro de la mezcla, debido a que, para un determinado tipo de cemento, a medida que la resistencia. Sin embargo, las mezclas con una relación agua-cemento muy baja y un contenido de cemento extremadamente alto (superior a 470 kg/m^3) exhiben un retroceso de resistencia, particularmente cuando se usa agregado de gran tamaño. Este comportamiento puede deberse a los esfuerzos inducidos por la contracción de la pasta de cemento al pasar del estado plástico al estado endurecido, que al ser obstruida por las partículas de agregado causa agrietamiento de la pasta o una pérdida de adherencia en la interfase matriz-agregado. (Sanchez De Guzman, 1993, p. 131)

Relación agua-cemento y contenido de aire

Como ya se mencionó, la relación agua cemento es el factor mas importante en la resistencia del concreto con un adecuado grado de compactación. pero debido a que diferentes agregados y cementos producen generalmente resistencias distintas con la misma relación a/c, es necesario desarrollar la correspondencia entre la resistencia y la relación a/c de los materiales que se usaran realmente en un proyecto específico. Adicionalmente, se debe tener en cuenta si el concreto va a llevar aire incluido (naturalmente atrapado más incorporado), debido a que el contenido de aire reduce la resistencia del concreto, por lo cual, para una misma resistencia, el concreto con aire incluido debe tener una relación a/c más baja. (Sanchez De Guzman, 1993, p. 131)

Influencia de los agregados:

Dentro de las propiedades mas importantes de los agregados que influyen en la resistencia del concreto se encuentran las siguientes: la granulometría, la forma y textura, la resistencia y rigidez de las partículas del agregado. (Sanchez De Guzman, 1993, p. 132)

Tamaño máximo nominal

Otro factor de los agregados que tienen mucha relevancia en la resistencia del concreto es su tamaño máximo, debido a que la cantidad de cemento requerida para producir una resistencia a la compresión máxima, a una edad baja, con un determinado agregado varía según sea el tamaño máximo del agregado grueso de la mezcla. (Sanchez De Guzman, 1993, p. 133)

Fraguado del concreto

Otro factor que afecta la resistencia del concreto es la velocidad de endurecimiento, que presenta la pasar de estado plástico a estado endurecido bajo ciertas determinaciones, condiciones de tiempo y temperatura (proceso de fraguado). (Sanchez De Guzman, 1993, p. 134)

Edad del concreto

Entre los factores externos que afecta la resistencia de un concreto se encuentra en primer lugar la edad, debido a que la relación que hay entre la relación a/c y la resistencia del concreto se aplica únicamente a un tipo de cemento y a una sola edad. (Sanchez De Guzman, 1993, pp. 135-136)

Curado del concreto

La exposición de aire del concreto debido a la perdida de humedad durante el proceso de fraguado posteriormente impide la hidratación completa del cemento y por lo tanto

la resistencia final se disminuirá. La velocidad e intensidad del secamiento depende de la masa de concreto relativa al área de superficie expuesta, así como también la humedad del ambiente. (Sanchez De Guzman, 1993, p. 137)

Temperatura

Otro de los factores externos que afectan la resistencia del concreto es la temperatura durante los procesos de fraguado y de curado, debido a que una elevación en la temperatura de curado acelera las reacciones químicas de la hidratación y esto afecta benéficamente a la resistencia temprana del concreto sin efectos contrarios en la resistencia posterior. (Sanchez De Guzman, 1993, p. 137)

Ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto.

Según la NTP 339.034 (2015) define en que Este consiste en aplicar carga de compresión axial a cilindros a una velocidad que se encuentra en un rango prescrito hasta la falla. Esta es calculada en la división de la carga máxima alcanzada entre el área de la sección transversal.

Aparatos

Máquina de ensayo: de un tipo con capacidad real y suficiente para proporcionar el régimen de carga especificado. Calibración mecánica según la norma ASTM E4, precisión basada en el error porcentual de la carga dentro del rango de prueba, prueba que no excede $\pm 1,0$ % del valor especificado. carga. La máquina de ensayo está equipada con bloques de soporte de acero, uno instalado sobre una rótula y el otro sobre un bloque macizo. (NTP 339.034, 2015)

Procedimiento

Las pruebas de compresión de muestras o especímenes curadas en húmedo se llevarán a cabo tan pronto en lo posible después de retirarlas del almacenamiento húmedo y se protegerán de cualquier pérdida de humo entre la retirada del almacenamiento húmedo y

la prueba. El cilindro de prueba desarrollará una grieta dentro del tiempo permitido especificado en la siguiente tabla. (NTP 339.034, 2015)

Tabla 8

Edades de ensayo y tolerancia permisible

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	$\pm 0.5h$ o 2.1%
3 d	$\pm 2h$ o 2.8%
7 d	$\pm 6h$ o 3.6%
28 d	$\pm 20h$ o 3.0%
90 d	$\pm 48h$ o 2.2%

Fuente: (NTP 339.034, 2015, p. 12)

Establecer bloque de interrupción. Colóquelo directamente sobre la mesa de la máquina, con el lado duro hacia arriba. Limpie las superficies de contacto del bloque y coloque la muestra en el bloque triturador inferior. Verifique el cero y la hoja del bloque antes de realizar la prueba; de lo contrario, configure el indicador y coloque la muestra de prueba en la máquina después de pegar la etiqueta. La tasa de carga es continua y sin impacto, la tasa de tensión de la muestra es de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s. Aplique una carga de compresión mientras la carga disminuye y el indicador muestra que la muestra tiene un patrón de fractura claro. (NTP 339.034, 2015).

- **Durabilidad**

El hormigón debe tener la capacidad de resistir diferentes condiciones climáticas adversas, la exposición química y el desgaste que sufre a lo largo de su vida útil. La mayor parte del daño al concreto exterior está relacionada con los ciclos de congelación y deshielo. La resistencia a este fenómeno se puede mejorar agregando entre un 2% y un 6% de aire al aditivo para aumentar la resistencia al agua o recubriendo la superficie. Productos químicos como ácidos inorgánicos, ácido acético, ácido carbónico, sulfatos, etc. Cuando entra en

contacto con el hormigón, lo descompone. Para conseguir resistencia a estos agentes se debe utilizar cemento Portland tipo V. (Abanto Castillo, 2009)

- **Impermeabilidad**

El hormigón tiene esta cualidad, que frecuentemente se mejora al reducir el contenido de agua de la mezcla. Cuando el exceso de agua se evapora, deja poros y huecos, que permiten que el agua se filtre a través del concreto si están conectados. La impermeabilización se mejora mediante la adición de burbujas de aire y un curado adecuado a largo plazo. (Abanto Castillo, 2009)

2.2.5. Residuos de construcción y demolición

Todos los residuos de canteras, graveras y otros sitios de extracción de áridos con fines de construcción se denominan residuos de construcción y demolición (RCD). Trabajos de construcción de nuevo edificio. Trabajos de renovación y restauración. Pequeños trabajos y reformas en casa. Residuos procedentes de la producción de materiales utilizados en la construcción u obras públicas. (De Santos et al., 2011)

2.2.5.1. Clasificación de RCD

- **Según su origen**

Los RCD según su origen se clasifican en:

- Residuos procedentes de los puntos de extracción o de movimientos de tierras puros: Están formados íntegramente con material derivado de la piedra granular y de naturaleza variable. Son residuos que no han sido contaminados por otros materiales de construcción. (De Santos et al., 2011)
- Residuos de construcción: Se derivan principalmente de la piedra y la cerámica, pero también incluyen otros materiales de construcción. La sección de piedra tiene restos de hormigón y cerámica procedentes de materiales en descomposición o

deteriorados, y en otra proporción va desde plástico, vidrio, papel, madera y acero hasta residuos más peligrosos compuestos por materiales tóxicos, formados por una mezcla heterogénea de residuos. Contaminantes como disolventes, pinturas y metales como el plomo. (De Santos et al., 2011)

Residuos de demolición: En cuanto a la proporción de escombros de hormigón en comparación con otros residuos, es similar a los residuos de construcción. La diferencia básica radica en el grado de mezcla entre sí. Si bien los residuos de la construcción son relativamente fáciles de separar, lo que queda durante la demolición es más difícil de separar. (De Santos et al., 2011)

- **Por su naturaleza**

- Residuos inertes: Son productos de desecho no peligrosos que no han sufrido cambios mecánicos, físicos, químicos o biológicos significativos. Estos residuos incluyen sustancias que son solubles, inflamables, biodegradables o que reaccionan física o químicamente con otras sustancias. (De Santos et al., 2011)
- Residuos no peligrosos: Aunque no plantean problemas graves de toxicidad, pueden provocar o inducir cambios físicos, químicos o biológicos en otras sustancias que pueden resultar nocivas para los seres humanos. (De Santos et al., 2011)
- Residuos tóxicos y peligroso: Estos contienen sustancias que son peligrosas para los humanos, tóxicas o contaminan el medio ambiente. Se recogen y clasifican de conformidad con la ley, y su transferencia y tratamiento son realizados por un responsable del tratamiento competente. (De Santos et al., 2011)

2.2.5.2. Concreto reciclado

El reciclaje de hormigón es una industria bien establecida porque la mayor parte del material puede triturarse y utilizarse nuevamente como agregado; Esto se puede hacer de forma económica con trituración mecánica. (Quiroz & Salamanca, 2006)

2.2.5.2.1. Procedimiento para la obtención de reciclado de concreto.

El concepto de utilizar hormigón viejo de aceras, edificios y otras estructuras como fuente de agregado se ha demostrado en muchos proyectos para ayudar a conservar materiales y energía. El proceso implica romper y quitar el hormigón viejo. Aumente la potencia del acero o los materiales integrados en la trituradora principal y secundaria. Elevar el nivel y lavar. Por favor, mantenga un conjunto grueso y bueno. (Quiroz & Salamanca, 2006)

Se utiliza principalmente para reconstruir las carreteras. Ha sido utilizado satisfactoriamente como agregado en revestimientos de concreto granular y magro, en cementos para pisos y concretos nuevos, reemplazando total o parcialmente a los agregados convencionales. (Quiroz & Salamanca, 2006)

El hormigón reciclado suele tener una mayor capacidad de absorción (3% a 10%) y una densidad menor que el agregado convencional. Esta alta capacidad de absorción requiere la adición de agua para lograr trabajabilidad y asentamiento similar a los agregados tradicionales. Por este motivo es necesario humedecer previamente la colección o mantenerla húmeda. (Quiroz & Salamanca, 2006)

2.2.6. Buzones de alcantarillado

Son estructuras que sirven como cámaras ubicadas en obras de saneamiento específicamente en obras de alcantarillado sanitario. Estos sirven para la recolección de ramales dentro de una zona previamente delimitada para reestructurar los servicios básicos de agua.

Según Reglamento Nacional de Edificación (RNE), Obras de Saneamiento (Norma OS. 070, 2006), En el trazo de los ramales colectores se ubican buzones de inspección

para su mantenimiento. Puede integrarse al suministro de aguas residuales domésticas bajo las siguientes circunstancias:

- Al inicio de los tramos de arranque del ramal de agua residuales,
- El cambio de dirección del ramal colector de agua residuales, En un cambio de pendiente de los ramales colectores,
- En lugares donde se requieran por razones de inspección y limpieza.

También existen cámaras de menor diámetro llamadas buzonetas las cuales se utilizan principalmente en vías peatonales cuando la profundidad sea menor a 1.00m sobre la calve de la tubería de alcantarillado, estos se proyectan solo para tuberías principales hasta 200mm de diámetros, el diámetro interior la de las buzoneas será de 0.60 m. (Norma OS. 070, 2006)

Para la OS. 070 (2006), los buzones de inspección se construirán en profundidades mayores a 1.00 m sobre la clave de la tubería de alcantarillado, el diámetro interior será de 1.20 para tuberías de hasta 800mm de diámetro y de 1.50 para tuberías de hasta 1200mm. Para tuberías de mayor diámetro el diámetro será de diseño especial. en los techos de los buzones contarán con una pata de acceso de 0.60 m de diámetro. (Norma OS. 070, 2006)

2.2.6.1. Partes de un buzón de alcantarillado.

- **Base o losa de fondo**

Es la parte inferior del buzón, que se encuentra debajo del cuerpo, su función es la de conectar el buzón con el sistema de alcantarillado dependiendo de las características del suelo y diseño del buzón este podrá ser de concreto simple o concreto armado.

- **Cuerpo**

Es la parte principal y representativa del buzón se encuentra debajo de la losa superior del buzón, su función es dar la forma y proteger elementos que se encuentre al interior, de acuerdo al diseño este será de concreto simple o concreto armado.

- **Losa superior**

Es la parte superior del buzón, donde se encuentra la tapa del buzón este puede ser metálica o de concreto, generalmente este elemento es de concreto armado ya que está a la exposición en la superficie ya sean en caminos, veredas, autopistas, etc., en el caso de se encuentren en vías de transitabilidad pavimentada esta deberá tener características similares a la del pavimento adyacente.

- **Media caña y emboquillado.**

Parte del buzón cuya función dar la forma para permitir el libre flujo de las aguas del sistema, impermeabiliza y evitar la acumulación de residuos en la base inferior del buzón, generalmente poseen 20% de pendiente respecto al eje de la red de flujo con la cara interna del cuerpo.

- **Dados de empalme**

elementos que se encuentran en la unión del buzón con la tubería los cuales cumplen la función de sellar la entrada, además de impermeabilizar dicha zona donde por lo general es susceptible a fisuras y ranuras.

3.1. Marco conceptual.

Agregado.

“Material mineral granular, tal como la arena, arena manufacturada, la grava, la piedra triturada, escoria granulada de alto horno enfriado al aire, la vermiculita y la perlita” (Kosmatka et al., 2004, p. 397)

Agregado fino.

“Agregado que pasa por el tamiz 9.5mm (3/8 pulg.), pasa casi totalmente por el tamiz 4.75mm(N°4) y se retiene predominantemente en el tamiz de75mm(n°200)” (Kosmatka et al., 2004, p. 397)

Agregado grueso.

“Grava natural, piedra triturada o escoria de alto horno de hierro, frecuentemente mayor que 5mm (0.2 pulg.) y cuyo tamaño normalmente vario entre 9.5mm y 37.5 mm (3/8 y 1 ½ pulg.)” (Kosmatka et al., 2004, p. 397)

Aire atrapado.

“vacío de aire no intencional, con forma irregular, en el concreto fresco o endurecido, con tamaño igual o superior a 1mm” (Kosmatka et al., 2004, p. 397)

Buzones de alcantarillado.

“Los buzones, cajas o cámaras de inspección se ubican en el trazo de los ramales colectores destinadas a la inspección y mantenimiento del mismo” (Norma OS. 070, 2006)

Cemento hidráulico.

“un cemento que fragua y endurece por reacción química con el agua y es capaz de hacerlo bajo el agua.” (NTP 339.047, 2014, p. 9)

Cemento portland.

“Cemento hidráulico de silicato de calcio que se produce por la pulverización del Clinker de cemento portland y normalmente también contiene sulfato de calcio y otros compuestos.” (Kosmatka et al., 2004, p. 398)

Concreto reciclado.

“Concreto reciclado es aquel concreto cuyos agregados provengan parcial o completamente de granulados de concreto, gravas y arenas de reciclaje” (Kosmatka et al., 2004, p. 2)

Cloruro (ataque).

“compuesto químico que contiene iones cloruros, los cuales promueven la corrosión del refuerzo de acero. Los descongelantes a base de cloruros son su principal fuente” (Kosmatka et al., 2004, p. 400)

Curado.

“proceso por el cual se mantiene el concreto, mortero en la condición húmeda y a una temperatura favorable, por el periodo de tiempo de sus primeras etapas, a fin de que se desarrollen las propiedades deseadas del material, el curado garantiza la hidratación y el endurecimiento satisfactorio de los materiales cementantes” (Kosmatka et al., 2004, p. 400)

Demolición.

“Acción mediante la cual se elimina total o parcialmente una edificación y/u obra de ingeniería” (MTC, 2022)

Durabilidad.

“Habilidad del concreto o mortero de cemento portland de resistir a la acción de las intemperies y otras condiciones de servicio, tales como ataque químico, congelación-deshielo y abrasión” (Kosmatka et al., 2004, p. 400)

Exudación.

“es el flujo autógeno del agua de mezcla dentro del concreto o mortero, o su salida a la superficie, causadas por el asentamiento de los materiales sólidos de la masa recién colocada. También se le llama ganancia de agua” (NTP 339.047, 2014, p. 17)

Fraguado.

“grado en el cual el concreto fresco perdió su plasticidad y se endurece” (Kosmatka et al., 2004, p. 401)

Granulometría.

“Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. La NTP 400.012 establece el procedimiento para su distribución mediante el tamizado, obteniéndose la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Eventualmente se calcula la masa retenida y/o que pasa, también los porcentajes parciales y acumulados” (NTP 400.011, 2008)

Hidratación.

“es la reacción entre el cemento hidráulico y el agua , a través de la cual se forman nuevos compuestos que confieren resistencia al concreto, mortero, groute y revoque” (Kosmatka et al., 2004, p. 401)

Mortero.

“Mezcla de materiales cementantes, agregado fino y agua, que pueden contener aditivos y normalmente se usa para unir unidades de mampostería” (Kosmatka et al., 2004, p. 401)

Pavimento (concreto).

“Superficie de concreto de carretera, autopista, calle, camino o aparcamiento. A pesar de referirse normalmente a superficies usadas para viajes, el término también se aplica para áreas de almacenamiento y zonas de juegos” (Kosmatka et al., 2004, p. 402)

Plasticidad.

“Aquella propiedad de las pastas, concreto, mortero, grout o revoque fresco que determina su trabajabilidad, resistencia a deformaciones o facilidad de moldeo” (NTP 339.047, 2014, p. 21)

Relación agua-cemento.

“Relación entre la masa de agua, excluyendo la que es absorbida por los agregados, a la masa de cemento portland en el concreto, mortero o grout, expresada en forma decimal” (NTP 339.047, 2014, p. 22)

Resistencia a la compresión.

“Resistencia máxima que una probeta de concreto puede sostener, cuando cargada axialmente en compresión en una máquina de ensayo a una velocidad especificada. Normalmente se expresa en fuerza por unidad de área de sección transversal, tal como mega pascal (MPa) o libras por pulgada cuadrada (*lb/pulg.²*o PSI)” (Kosmatka et al., 2004, p. 402)

Segregación.

“para uso en las especificaciones o la descripción de los agregados es el que corresponde la abertura del tamiz más pequeño a través de cual se permanece el paso de la cantidad del agregado” (NTP 339.047, 2014, p. 23)

Tamaño máximo nominal.

“la separación no intencionada de los constituyentes del concreto o partículas de un agregado causando una falta de uniformidad en su distribución” (NTP 339.047, 2014, p. 22)

Capítulo III. Metodología

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

El concreto reciclado de demoliciones de pavimentos rígidos como agregado grueso influye significativamente para la elaboración de buzones de alcantarillado.

3.1.2. Hipótesis específica

- a) El concreto reciclado de demoliciones de pavimentos rígidos como agregado grueso influye significativamente en el diseño de mezcla para la elaboración de buzones de alcantarillado.
- b) El concreto reciclado de demoliciones de pavimentos rígidos como agregado grueso influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto nuevo para la elaboración de buzones de alcantarillado.

3.2. Método

Se utiliza una colección de pasos racionales conocidos como métodos de investigación para formular preguntas científicas, probar hipótesis y recopilar datos para estudios. Hay dos enfoques principales que podemos establecer:

Métodos lógicos: Deductivos, Hipotético-deductivo, Inductivo, Medición, Delphi.

Empíricos: Observación, Experimental

El método hipotético deductivo: un investigador propone una hipótesis como consecuencia de sus inferencias del conjunto de datos empíricos o de principios y leyes más generales. (Ramos Chagoya, 2018)

Este proyecto de investigación es deductivo porque emplea una metodología que parte de afirmaciones como hipótesis y busca refutarlas o refutarlas antes de llegar a la conclusión de que dichas conclusiones deben ser verificadas por la realidad.

3.3. Tipo de investigación

Se distinguen dos tipos de investigación:

a) Investigación básica:

“la investigación básica o pura es la que se realiza con el propósito de acrecentar los conocimientos teóricos para el progreso de una determinada ciencia, sin interesarse directamente en sus posibles aplicaciones o consecuencias prácticas, es más formal y persigue propósitos teóricos en el sentido de aumentar el acervo de conocimiento de una determinada teoría. (Ander-Egg, 2011, pág. 41)

b) Investigación aplicada:

La investigación aplicada guarda íntima relación con la anterior, pues depende de los descubrimientos y avances de la investigación básica y se enriquece con ellos. Se trata de las investigaciones encaminadas a la resolución de problemas, que se caracterizan por su interés en la aplicación y utilización de los conocimientos. Los resultados de estas investigaciones tienen un margen de generalización limitado. (Ander-Egg, 2011, pág. 41)

Teniendo estos conceptos, la presente **investigación es aplicada** ya que dependerá de investigaciones y normativa ya existente para poder resolver el problema establecido dentro de este proyecto.

3.4. Nivel o alcance de investigación

En una investigación de enfoque cuantitativo existe los siguientes tipos de alcance

a) Explorativos:

“Sirven para preparar el terreno, anteceden a investigaciones con alcances descriptivos o explicativos. se llevan a cabo cuando el propósito es estudiar fenómenos y problemas nuevos, desconocidos o poco estudiados” (Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2018, p. 106)

b) Descriptivos:

“Son la base de las investigaciones correlacionales. Proporcionan información para llevar a cabo estudios explicativos, tienen por finalidad especificar propiedades y características de conceptos, fenómenos variables o hechos en un contexto determinado” (Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2018, p. 106)

c) Correlacionales:

“Investigaciones que pretenden asociar conceptos, fenómenos, hechos o variables. Miden las variables y su relación en términos estadísticos” (Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2018, p. 109)

d) Explicativos:

“Investigaciones en las que tiene como propósito establecer las causas de los sucesos, problemas o fenómenos que se estudian” (Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2018, p. 111)

El objetivo del presente estudio es medir el grado de relación entre los indicadores y las variables de estudio, así como explicar los fenómenos y características en un contexto específico. Como resultado, es de naturaleza correlacional-causal y explicativa..

3.5. Diseño de investigación

Cuando un investigador quiere determinar el impacto potencial de una causa que manipula, utiliza diseños experimentales. Sin embargo, para establecer influencias, se deben

cumplir una serie de condiciones, que incluyen: medición de las variables dependientes, manipulación intencional de una o más variables y control sobre el entorno experimental. (Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2018).

De lo descrito para la presente investigación es experimental básicamente se asemeja a los pasos que se utilizara para determinar datos durante el proceso.

3.6. Operacionalización de variables

Tabla 9

Tabla de operacionalización de variables

Variable	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
<u>Independiente</u> Concreto reciclado de demoliciones de pavimento rígido como agregado grueso	El concreto reciclado es aquel concreto cuyos agregados provengan parcial o completamente de granulados de concreto, gravas y arenas de reciclaje	Cantidad de agregado reciclado a sustituir	20%	Norma técnica peruana 400.053
			30%	
			40%	
			50%	
<u>Dependiente</u> concreto nuevo para buzones de alcantarillado	Son estructuras que sirven como cámaras ubicadas en obras de saneamiento específicamente en obras de alcantarillado sanitario. Estos sirven para la recolección de ramales dentro de una zona previamente delimitada para reestructurar los servicios básicos de agua.	Diseño de mezcla	Dosificación de materiales	Método ACI 211.1
		Resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión a los 7, 14, 21 y 28 días	Norma técnica peruana 400.034

Fuente: Elaboración propia

3.7. Población y muestra

a) Población

La población, o más precisamente la población objetivo, es un grupo finito o infinito de elementos que comparten rasgos comunes, al cual se aplicarán ampliamente los resultados de la investigación. Los objetivos del problema y del estudio sirven como límite para esto. (Arias, 2012)

Para Arias (2012), si la población es accesible en su totalidad es por la gran cantidad de unidades que la componen. Por lo tanto, incluso si se trata estrictamente de un censo, se puede investigar o recopilar información de toda la población objetivo. Esta circunstancia requiere una explicación en el marco metodológico, que omita el apartado correspondiente a la muestra.

Para esta investigación se tiene una población comprendida por 100 unidades de testigos o especímenes cilíndricos, los cuales incluyen testigos patrón y testigos por sustitución de agregado grueso reciclado (AGR) al 20%, 30%, 40% y 50% para un diseño de 280 kg/cm^2

b) Muestra

La muestra es un subconjunto de la población. Para que un sector de la población sea considerado como muestra es necesario que todos los elementos de ella pertenezcan a la población, por eso se dice que una muestra debe ser representativa de la población, es decir debe tener las mismas características generales de la población. No se consideran muestras si algunos sujetos de la supuesta muestra no pertenecen a la población. (Mejía, 2005)

Para esta investigación se tiene una muestra comprendida por 5 grupos de 20 unidades de testigos o especímenes cilíndricos, los cuales incluyen testigos patrón y testigos por sustitución de agregado grueso reciclado (AGR) al 20%, 30%, 40% y 50% para un diseño de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 10*Cantidad de testigos para ensayo a la compresión*

Muestras de testigos cilíndricos para ensayo de resistencia a la compresión					
Edad de testigos	Diseño patrón	20% AGR	30% AGR	40% AGR	50% AGR
7 días	5 und.	5 und.	5 und.	5 und.	5 und.
14 días	5 und.	5 und.	5 und.	5 und.	5 und.
21 días	5 und.	5 und.	5 und.	5 und.	5 und.
28 días	5 und.	5 und.	5 und.	5 und.	5 und.
Subtotal	20 und.	20 und.	20 und.	20 und.	20 und.
Total			100 und.		

Fuente: Elaboración propia**3.8. Técnicas e instrumentos**

a) Técnicas

“Se entenderá por técnica de investigación el procedimiento o forma particular de obtener datos o información. Las técnicas son particulares y específicas de una disciplina por lo que sirven de complemento al método científico el cual posee una aplicabilidad general” (Arias, 2012, p. 67)

“La observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad en función a unos objetivos de investigación preestablecidos” (Arias, 2012, p. 69)

Para esta investigación se empleó la técnica de la observación directa para poder analizar el comportamiento del AGR en las propiedades del concreto nuevo.

b) Instrumentos

Para Arias (2012), “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p. 69).

Para esta investigación se utilizaron diferentes instrumentos como: fotografías, ficha de llenado de datos para ensayos (granulometría, % humedad, gravedad específica, % de absorción, peso unitario, abrasión, diseño de mezcla, resistencia a la compresión entre otros)

3.9. Consideraciones éticas

La investigación respetara todas las normas que plantea la universidad, así como la normativa nacional, donde prime la veracidad y la objetividad en los hechos y datos reales

3.10. Procedimiento estadístico

Tras haber obtenido los datos de la investigación estos serán procesados utilizando softwares de cálculo como Excel, Word entre otros

En caso de las pruebas de hipótesis el procesamiento se encargará de la toma de decisión afirmativa a hipótesis nula, o rechazar por una hipótesis alternativa en base a lo obtenido de la muestra de la investigación.

Capítulo IV

Resultado y discusión

4.1. Resultados

Los resultados en cada ensayo se presentan ordenados a nivel de cada variable: variable independiente (X/I) y variable dependiente (X/D). consideramos que para la variable X/I se determinaran por los ensayos a los agregados y para la variable X/D se considera el diseño de mezcla y la resistencia a la compresión den concreto nuevo en porcentajes de sustitución del 20%, 30%, 40% y 50% a cada diseño respectivamente.

4.1.2. Variable independiente

4.1.2.1. Agregados

La precedencia y la manera de obtención se indicará a continuación:

- a) **Agregado grueso proveniente del reciclado de concreto:** Los agregados reciclados provienen del concreto de pavimento rígido demolido en de las jr. Apurímac y av. Garcilaso de la vega, posteriormente se transportó a la cantera “Pedregal” ubicado en “Pachachaca” sector perteneciente a la provincia de Abancay para su trituración y conversión en agregado grueso
- b) **Agregado grueso natural:** El agregado grueso natural es de precedencia de la cantera “Pedregal

- c) **Agregado fino natural:** El agregado fino natural es de procedencia de la cantera “pedregal”

4.1.2.2. Propiedades físico-mecánicas de los agregados

Para el desarrollo del “diseño de mezclas” es necesario determinar ciertos parámetros estandarizados por las NTP donde es necesario realizar distintos ensayos para los agregados a utilizar tal como se mencionará y desarrollará a continuación:

a) Contenido de humedad

En este ensayo, se realizó para el A.G.R y para el agregado de origen natural

Tabla 11

Porcentaje de humedad para el agregado fino

Agregado fino natural			
N° ensayo	M1	M2	M3
N° de envase	T-02	T-01	T-03
Peso envase + agregado húmedo (gr)	448.7	452.4	425
P. envase + agregado seco (gr)	439	442.8	416.1
P. del envase (gr)	197.5	197.1	197.8
P. del agua (gr)	9.7	9.6	8.9
P. agregado seco (gr)	241.5	245.7	218.3
Humedad (%)	4.017	3.907	4.077
Humedad natural promedio		4.00	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12*Porcentaje de humedad para el agregado grueso natural*

Agregado fino grueso			
N° ensayo	M1	M2	M3
N° de envase	T-02	T-04	T-05
Peso envase + agregado húmedo (gr)	991	954.2	974.5
P. envase + agregado seco (gr)	984.1	947	968.5
P. del envase (gr)	114.9	115.7	114.2
P. del agua (gr)	6.9	7.2	6
P. agregado seco (gr)	869.2	831.3	854.3
Humedad (%)	0.794	0.866	0.702
Humedad natural promedio	0.794		

Fuente: Elaboración propia**Tabla 13***Porcentaje de humedad para el agregado grueso reciclado*

Agregado grueso reciclado			
N° ensayo	M1	M2	M3
N° de envase	T-01	T-03	T-06
Peso envase + agregado húmedo (gr)	968.5	975	965.1
P. envase + agregado seco (gr)	951.5	959.4	943.4
P. del envase (gr)	114.6	115.7	116.4
P. del agua (gr)	17	15.6	21.7
P. agregado seco (gr)	836.9	843.7	827
Humedad (%)	2.031	1.849	2.624
Humedad natural promedio	2.17		

Fuente: Elaboración propia**b) Gravedad específica y absorción**

El objetivo principal de calcular el peso específico es determinar la masa de un material por unidad de volumen. En este caso, se utiliza para calcular la cantidad de material necesaria para cumplir con los requisitos de diseño.

Por otro lado, el porcentaje de absorción se refiere a la cantidad de agua que puede ser absorbida por un agregado. Este cálculo es importante porque el agua puede afectar la

calidad del concreto, por lo que es necesario conocer cuánto agua se absorbe por los agregados para poder ajustar la cantidad de agua necesaria en la mezcla de concreto.

Agregado fino natural

Tabla 14

Peso específico y % de absorción del agregado fino

Agregado fino natural		
Descripción	M1	M2
Peso material SSS (en aire) (gr.)	500	500
P. frasco + agua (gr.)	722.7	712.6
P. frasco + agua + P. material SSS (gr.)	1222.7	1212.6
P. de material + agua en frasco (gr.)	1033.9	1023.9
Vol. de masa + vol. de vacío ($cm.^3$)	188.8	188.7
P. de material seco (gr.)	491.2	491.3
Vol. de masa ($cm.^3$)	180	180
Peso específico ($gr./cm^3$)	2.602	2.604
% Absorción	1.792	1.771
Promedio Peso específico ($gr./cm^3$)	2.603	
Promedio % absorción	1.781	

Fuente: Elaboración propia

Agregado grueso natural.**Tabla 15***Peso específico y % de absorción del agregado grueso*

Agregado grueso natural		
descripción	M1	M2
P. material SSS (en aire) (gr.)	2292	2241.9
p. material SSS (en agua) (gr.)	1443.9	1408.5
Vol. de masa + vol. de vacío ($cm.^3$)	848.1	833.4
P. de material seco (gr.)	2277.1	2224.5
Vol. de masa ($cm.^3$)	833.2	816
P. específico ($gr./cm^3$)	2.685	2.669
% Absorción	0.654	0.782
Promedio Peso específico ($gr./cm^3$)	2.677	
Promedio % absorción	0.718	

*Fuente: Elaboración propia***Agregado grueso reciclado****Tabla 16***Peso específico y % de absorción del agregado grueso reciclado*

Agregado grueso reciclado		
descripción	M1	M2
P. material SSS (en aire) (gr.)	2267.7	1903.4
p. material SSS (en agua) (gr.)	1393.7	1175.6
Vol. de masa + vol. de vacío ($cm.^3$)	874	727.8
P. de material seco (gr.)	2214.7	1863.7
Vol. de masa ($cm.^3$)	821	688.1
P. específico ($gr./cm^3$)	2.534	2.561
% Absorción	2.393	2.130
Promedio Peso específico ($gr./cm^3$)	2.547	
Promedio % absorción	2.262	

Fuente: Elaboración propia.

c) Peso unitario

El objetivo principal del ensayo es medir la densidad y la compacidad de los agregados, el ensayo ayuda a evaluar la calidad del material, ya que un peso unitario inadecuado puede indicar un exceso de finos, una alta porosidad o una baja resistencia.

El ensayo se realiza mediante la utilización de un cilindro graduado y un vibrador mecánico, para compactar el material y obtener mediciones precisas del peso unitario suelto y compactado.

Tabla 17

Peso unitario suelto de agregado fino

Agregado fino natural			
N° de ensayo	M1	M2	M3
P. material + molde (gr.)	16413	16473	16535
P. de molde (gr.)	8691	8691	8691
P. neto de material (gr.)	7722	7782	7844
Vol. de molde (cm^3)	4871	4871	4871
P. unitario suelto ($gr./cm^3$)	1.585	1.598	1.610
Promedio de peso unitario suelto		1.598	
($gr./cm^3$)			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18*Peso unitario suelto de agregado grueso*

Agregado grueso natural			
N° de ensayo	M1	M2	M3
P. material + molde (gr.)	29040	2916.8	29236
P. de molde (gr.)	8146	8146	8146
P. neto de material (gr.)	20894	21022	21090
Vol. de molde (cm^3)	14076	14076	14078
P. unitario suelto ($gr./cm^3$)	1.484	1.493	1.498
Promedio de peso unitario suelto ($gr./cm^3$)		1.492	

Fuente: Elaboración propia**Tabla 19***Peso unitario suelto de agregado grueso reciclado*

Agregado grueso reciclado			
N° de ensayo	M1	M2	M3
P. material + molde (gr.)	27498	27446	27554
P. de molde (gr.)	8146	8146	8146
P. neto de material (gr.)	19352	19300	19408
Vol. de molde (cm^3)	14076	14076	14078
P. unitario suelto ($gr./cm^3$)	1.375	1.371	1.379
Promedio de peso unitario suelto		1.375	
($gr./cm^3$)			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20*Peso unitario compactado de agregado fino*

Agregado fino natural			
N° de ensayo	M1	M2	M3
P. material + molde (gr.)	17372	17455	17275
P. de molde (gr.)	8691	8691	8691
P. neto de material (gr.)	8681	8769	8584
Vol. de molde ($cm.^3$)	4871	4871	4871
P. unitario suelto ($gr./cm^3$)	1.782	1.800	1.762
Promedio de peso unitario compactado ($gr./cm^3$)		1.782	

Fuente: Elaboración propia**Tabla 21***Peso unitario compactado de agregado grueso*

Agregado grueso natural			
N° de ensayo	M1	M2	M3
P. material + molde (gr.)	30982	30954	30814
P. de molde (gr.)	8146	8146	8146
P. neto de material (gr.)	22836	22808	22668
Vol. de molde ($cm.^3$)	14076	14076	14078
P. unitario suelto ($gr./cm^3$)	1.622	1.620	1.610
Promedio de peso unitario compactado ($gr./cm^3$)		1.618	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22*Peso unitario compactado de agregado grueso reciclado*

Agregado grueso reciclado			
N° de ensayo	M1	M2	M3
P. material + molde (gr.)	28844	28782	28776
P. de molde (gr.)	8146	8146	8146
P. neto de material (gr.)	20698	20636	20630
Vol. de molde ($cm.^3$)	14076	14076	14078
P. unitario suelto ($gr./cm^3$)	1.470	1.466	1.465
Promedio de peso unitario compactado ($gr./cm^3$)		1.467	

Fuente: Elaboración propia**d) Granulometría**

El objetivo principal de la prueba es medir la calidad del material y confirmar que los agregados cumplen con los requisitos de gradación y tamaño requeridos. También permite detectar la presencia de partículas pequeñas o grandes que podrían comprometer la durabilidad y resistencia del hormigón.

El ensayo se realiza mediante el uso de una serie de tamices con diferentes tamaños de malla y una serie de cedazos, que separan las partículas según su tamaño. Con los datos obtenidos, se puede calcular el porcentaje acumulado de partículas en cada tamiz y la distribución granulométrica, así como también el módulo de fineza.

Tabla 23

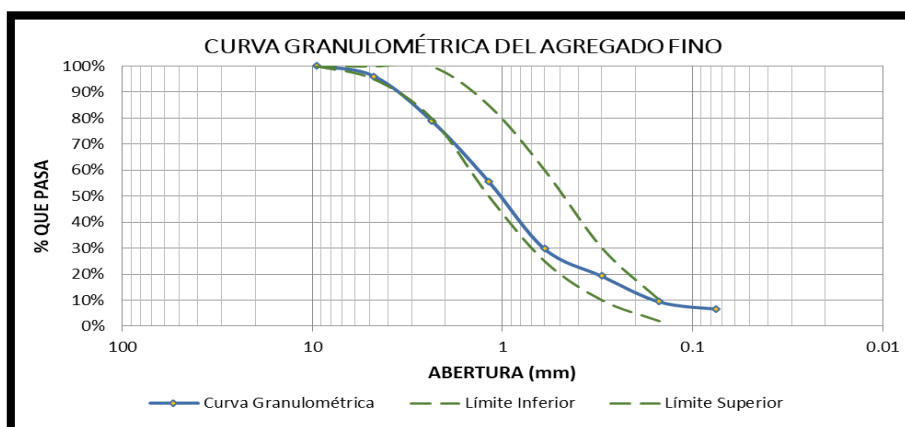
Análisis granulométrico para agregado fino

Agregado fino natural					
Peso de la muestra: 1629.30 gr					
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
3/8"	9.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.75	65.10	4.00%	4.00%	96.00%
N° 8	2.36	278.60	17.10%	21.09%	78.91%
N° 16	1.18	380.24	23.34%	44.43%	55.57%
N° 30	0.600	420.78	25.83%	70.26%	29.74%
N° 50	0.300	170.35	10.46%	80.71%	19.29%
N° 100	0.150	160.00	9.82%	90.53%	9.47%
N° 200	0.075	45.40	2.79%	93.32%	6.68%
Bandeja		0.00	0.00%	93.32%	
Total, Fracción Retenida en Lavado =		1520.47	93.32%		
Módulo de fineza: 3.11					

Fuente: Elaboración propia Fuente: Elaboración propia

Figura 1

Curva granulométrico del aqreqado fino



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24

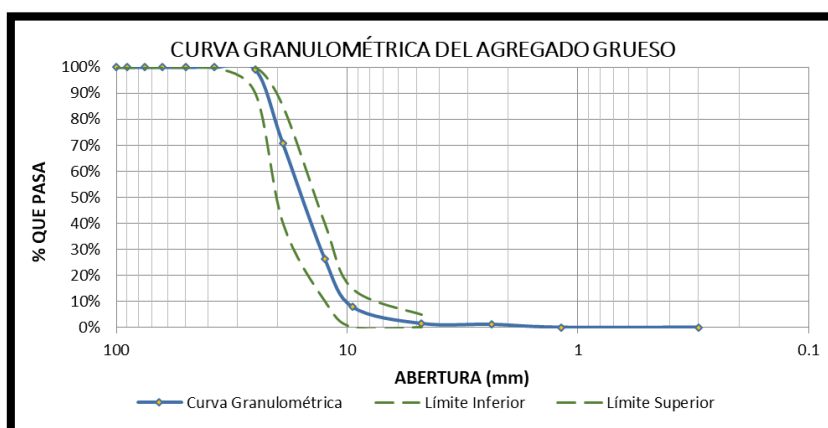
Análisis granulométrico para agregado grueso

Agregado grueso natural					
Peso de la muestra = 9531.00 gr.					
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
1½"	37.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	172.00	1.80%	1.80%	98.20%
¾"	19	3670.00	38.51%	40.31%	59.69%
½"	12.5	3858.00	40.48%	80.79%	19.21%
⅜"	9.5	1055.00	11.07%	91.86%	8.14%
N° 4	4.75	490.00	5.14%	97.00%	3.00%
N° 8	2.36	45.00	0.47%	97.47%	2.53%
N° 16	1.18	241.00	2.53%	100.00%	0.00%
N° 50	0.30	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
Bandeja		0.00	0.00%	100.00%	
Total, Fracción Retenida en Lavado =		9531.00	100.00%		
Tamaño Max. Nominal: ¾"					
Módulo de fineza= 7.266					

Fuente: Elaboración propia

Figura 2

Curva granulométrico del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Tabla 25

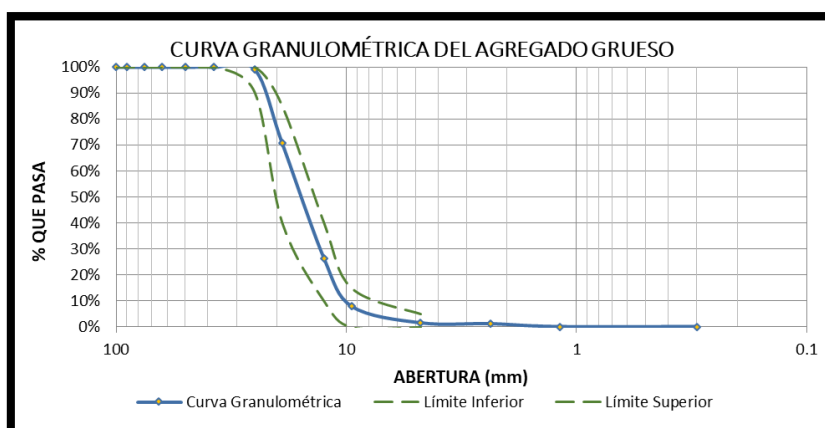
Análisis granulométrico para agregado grueso reciclado

Agregado grueso reciclado					
Peso de la muestra = 9531.00 gr.					
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
1½"	37.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	78.00	1.80%	1.80%	98.20%
¾"	19	2486.00	38.51%	40.31%	59.69%
½"	12.5	3901.00	40.48%	80.79%	19.21%
⅜"	9.5	1617.00	11.07%	91.86%	8.14%
N° 4	4.75	564.00	5.14%	97.00%	3.00%
N° 8	2.36	29.00	0.47%	97.47%	2.53%
N° 16	1.18	98.00	2.53%	100.00%	0.00%
N° 50	0.30	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
Bandeja		0.00	0.00%	100.00%	
Total, Fracción Retenida en Lavado =		8773.00	100.00%		
Tamaño Max. Nominal: ¾"					
Módulo de fineza= 7.188					

Fuente: Elaboración propia

Figura 3

Curva granulométrico del agregado grueso reciclado



Fuente: Elaboración propia

e) Resistencia al desgaste

El objetivo del ensayo en la "Máquina de Los Ángeles" es evaluar la resistencia al desgaste de los agregados, a través de la simulación de la acción abrasiva que se produce en la práctica.

Durante el uso de los materiales. El ensayo se realiza en una máquina que somete la muestra de agregado a un proceso de abrasión y desgaste, midiendo la pérdida de peso de la muestra.

Tabla 26

Abrasión en máquina de los ángeles del agregado grueso natural

Agregado grueso natural	
Muestra	1
Gradación	"B"
N° de esferas	11
Tamiz (N°)	Peso retenido (gr.)
1"	
3/4"	
1/2"	2501
3/8"	2500
Peso total	5001
Mat. Retenido por el tamiz N°12	4008
Mat. pasante por el tamiz N° 12	993
Porcentaje de desgaste	19.90%

Nota: Se observa que el % de desgaste es del 19.9% el cual está dentro de los parámetros estipulados en la NTP 400.019 los cuales varían entre el 10% al 45%. *Fuente:* Elaboración propia

Tabla 27

Abrasión en máquina de los ángeles del agregado grueso reciclado

Agregado grueso reciclado	
Muestra	1
Gradación	"B"
N° de esferas	11
Tamiz (N°)	Peso retenido (gr.)
1"	
3/4"	
1/2"	2500
3/8"	2500
Peso total	5000
Mat. Retenido por el tamiz N°12	3510
Mat. pasante por el tamiz N° 12	1490
Porcentaje de desgaste	29.80%

Nota: Se observa que el % de desgaste es del 29.80% el cual está dentro de los parámetros estipulados en la NTP 400.019 los cuales varían entre el 10% al 45%.. *Fuente:* Elaboración propia

4.1.3. Variable dependiente

4.1.3.1. Diseño de mezcla

El objetivo y la finalidad del diseño de mezcla según el método ACI 211.1 es determinar la proporción óptima de los materiales que se deben mezclar para la producción de un concreto, que cumpla con los requisitos específicos al cual se quiere llegar.

Para lograr esto, el método considera factores como la resistencia a la compresión, la durabilidad, la trabajabilidad y la densidad del concreto, así como los efectos de los agregados y los aditivos utilizados en la mezcla, y las condiciones de curado y exposición del concreto.

El diseño de mezcla según el método ACI 211.1 busca alcanzar la relación agua-cemento (a/c) y la cantidad de cemento adecuadas para lograr la resistencia requerida en el concreto.

Para lo cual en esta investigación se propuso una resistencia base para el diseño de mezcla de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$, y considerando un asentamiento de 3" a 4", esto debido a los requisitos de resistencia que debe tener los buzones en cuanto a la permeabilidad cuando este expuesto al agua como indica la tabla N°6 y la exposición a los sulfatos disueltos que podrían estar en las agua residuales y suelo como se menciona en la tabla N°7; además que los buzones nuevos en construcción deberán tener la homogeneidad de resistencia al concreto rígido nuevo o existente que se está utilizando en las arterias de la ciudad y donde los buzones necesariamente están presentes .

Mencionamos que a partir del cálculo para la cantidad de agregado grueso en función al volumen requerido de agregado grueso total según el método ACI 211, se considerara en las combinaciones mostradas una distribución de acuerdo a un promedio ponderado del peso/volumen por el porcentaje a agregar entre ambos tipos de agregados gruesos.

Procedimiento del método ACI 211.1:

- CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD

Para determinar la resistencia a la compresión promedio requerida " $F'cr$ ", que sirve como base para la dosificación del concreto, primero debemos determinar la resistencia a la compresión específica " $F'c$ ".

Tabla 28

Resistencia a compresión promedio requerida

$F'c$ (kg/cm ²)	$F'cr$ (kg/cm ²)
Menos de 210	$F'c+70$
210-350	$F'c+84$
Mayor a 350	$F'c+98$

Fuente: (Kosmatka et al., 2004, p. 195), adaptada del ACI 318

Donde:

c) $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

d) $F'cr = F'c + 84 = 364 \text{ kg/cm}^2$. La cual es la resistencia requerida para nuestro diseño

- ASENTAMIENTO

Debemos considerar la trabajabilidad, consistencia y plasticidad adecuada para el elemento en el que se desee emplear el concreto para ello existen recomendaciones que debemos tener en cuenta.

Tabla 29

Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción.

Construcción de concreto	Revenimiento mm (pulg.)	
	Máximo*	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzado	75(3")	25(1")
Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin esfuerzo	75(3")	25(1")
Vigas y muros reforzados	100(4")	25(1")
Columna de edificios	100(4")	25(1")
Pavimentos y losas	75(3")	25(1")
Concreto masivo	75(3")	25(1")

Nota: (*) Se puede aumentar 25mm (1 pulg.) para los métodos de consolidación manual, tales como varillado o picado. *Fuente:* Libro: Diseño y control de mezclas de concreto, (Kosmatka et al., 2004, p. 191)

Podemos observar que en la tabla N°29 nos recomienda revenimientos para distintos elementos en este caso los cuales serán utilizados para los elementos de buzones será 75mm (3") a 100mm (4"), debido a que el buzón esta compuesto de varios componentes en su estructura.

- TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO

De la tabla N°24 “Análisis granulométrico para agregado grueso natural” y la tabla N°25 “Análisis granulométrico para agregado grueso reciclado” se tiene valores del tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ” (pulgadas). Para ambos respectivamente, valor el cual se considerará en todos los diseños de mezcla a desarrollar.

- ESTIMACIÓN DE AGUA PARA LA MEZCLA Y PORCENTAJE DE AIRE

Para determinar y/o estimar de agua y porcentaje de aire nos apoyaremos en la siguiente tabla:

Tabla 30

Requisitos aproximado de agua de mezcla y contenido de aire para distintos revenimientos y tamaños máximos nominales del agregado en concretos sin aire incluido

Revenimientos (asentamientos) (mm y pulg.)	Agua en kg/m ³ de concreto para los tamaños máximos nominales de agregados gruesos y consistencias indicados							
	9.5mm (3/8")	12.5mm (1/2")	19mm (3/4")	25mm (1")	37.5mm (1 1/2")	50mm (2")	75mm (3")	150mm (6")
	Concretos sin aire incorporado							
25mm a 50mm (1" a 2")	207	199	190	179	166	154	130	113
75mm a 100mm o (3" a 4")	228	216	205	193	181	169	145	124
150mm a 175mm o (6" a 7")	243	228	216	202	190	178	160	-
Cantidad aprox. de aire atrapado en un concreto sin aire incluido porcentaje	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Fuente: Libro: Diseño y control de mezclas de concreto (Kosmatka et al., 2004, p. 191).

Como se observa en la tabla N°30, conforme con los datos de tamaño máximo $\frac{3}{4}$ ” y del revenimiento de 3” a 4” con el que se prevé trabajar, se recomienda elaborar el concreto sin aire incorporado con 205 kg/ m³ de agua y 2% de cantidad de aire aproximado.

- RELACIÓN AGUA- CEMENTO/(MATERIAL CEMENTANTE)(A/C)

Para determinar la relación agua- material cementante es necesario conocer los valores de dependencia entre la resistencia promedio requerida con la siguiente tabla:

Tabla 31

Dependencia entre la relación agua-material cementante y la resistencia a la compresión del concreto

Resistencia a compresión a los 28 días, (Kg/cm ²)	Relación agua-material cementante en masa	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
450	0.38	0.31
400	0.43	0.34
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.72

Fuente: Libro: Diseño y control de mezclas de concreto, (Kosmatka et al., 2004, p. 187) .

En esta investigación la resistencia promedio requerida es de $F'_{cr}=364$ Kg/cm², para ello se deberá emplear métodos de interpolación como se realizará a continuación

$$X = 0.43 + \frac{(0.48 - 0.43)x(400 - 364)}{(400 - 350)}$$

$$X = 0.466$$

Donde la relación agua-material cementante(a/c) será 0.466

- CANTIDAD DE CEMENTO

Para el cálculo de la cantidad de cemento utilizaremos la relación agua-material cementante en función como se muestra:

$$\text{cantidad de material cementante} = \frac{\text{Agua de mezcla}}{\text{Relacion agua - material cementante}}$$

$$\text{cantidad de material cementante} = \frac{205}{0.466}$$

Cantidad de material cementante (cemento portland) = 440 kg

- CANTIDAD DE AGREGADO GRUESO

Para calcular el volumen del agregado, es preciso interpolar valores utilizando el tamaño nominal máximo y el módulo de finura del agregado fino.

Tabla 32

Volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto

Tamaño máximo nominal del agregado mm (pulg.)	Volumen del agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino			
	2.4	2.6	2.8	3
9.5 (3/8")	0.5	0.48	0.46	0.44
12.5 (1/2")	0.59	0.57	0.55	0.53
19.0 (3/4")	0.66	0.64	0.62	0.6
25.0 (1")	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5 (1 "1/2)	0.75	0.73	0.71	0.69
50 (2")	0.78	0.76	0.74	0.72
75 (3")	0.82	0.8	0.78	0.76
150 (6")	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Diseño y control de mezclas de concreto (Kosmatka et al., 2004, p. 188)

De acuerdo al resultado del módulo de finura del agregado que es 3.11 y el tamaño máximo nominal que es de 3/4" para ambos tipos de agregado, al extrapolar dichos valores correspondientes a la tabla 30 se obtiene

Volumen del agregado grueso = 0.59 m³

- Considerando

Peso unitario compactado agregado grueso natural = 1618 kg/m³

Peso unitario compactado agregado grueso reciclado = 1467 kg/m³

Para esta investigación se hicieron 4 combinaciones entre los tipos de agregados lo cual determinaremos en función al porcentaje de incidencia y el peso unitario para cada tipo obteniendo el peso total del agregado combinado.

Para :

- a) Agregado natural (concreto patrón) se tiene 954.62 kg
- b) Al 20 % de sustitución se tiene un total de 936.80 kg donde corresponde al A.G reciclado (173.11 kg) y A.G natural (763.70 kg)
- c) Al 30% de sustitución se tiene un total de 927.89 kg donde corresponde al A.G reciclado (259.66 kg) y A.G natural (668.23 kg)
- d) Al 40% de sustitución se tiene un total de 918.98 kg donde corresponde al A.G reciclado (346.21 kg) y A.G natural (572.77 kg)
- e) Al 50% de sustitución se tiene un total de 910.08 kg donde corresponde al A.G reciclado (432.77 kg) y A.G natural (477.31 kg)

- **CANTIDAD DE AGREGADO FINO**

Para determinar la cantidad de agregado fino, es necesario utilizar métodos los cuales son: el método de pesos y volúmenes absolutos.

- **Método de pesos**

Para este método utilizaremos la siguiente tabla:

Tabla 33*Estimación de peso del concreto fresco*

Tamaño máximo del agregado grueso	Primera estimación del peso del concreto en (kg/m ³)	
	concreto sin aire incorporado	concreto con aire incorporado
	3/8"	2285
1/2"	2315	2235
3/4"	2355	2280
1"	2375	2315
1 1/2"	2420	2355
2"	2445	2375
3"	2465	2400
6"	2505	2435

Fuente: Libro tecnología del concreto, (Abanto Castillo, 2009, p. 73)

De la tabla determinamos la estimación del peso del concreto fresco

Peso del concreto = 2355 (kg/m³)

Peso del agua = 205 (kg/m³)

Peso del cemento = 440 (kg/m³)

Tabla 34*Cantidad de agregado fino por el método de pesos*

Descripción	Pesos de los materiales (kg/m ³)					
	A.G natural	A.G Reciclado	Total, de Agregado grueso	Agua	Cemento	Agregado fino
Concreto patrón	954.62	0	954.62	205	440	755.38
Sustitución de AGR 20 %	763.7	173.11	936.81	205	440	773.19
Sustitución de AGR 30 %	668.23	259.66	927.89	205	440	782.11
Sustitución de AGR 40 %	573.77	346.21	919.98	205	440	790.02
Sustitución de AGR 50 %	477.31	432.77	910.08	205	440	799.92

Nota: El peso de Agregado Fino = Peso de concreto – (Peso Agregado total + Peso agua +

Peso cemento). *Fuente:* Elaboración propia

Así obtenemos respectivamente para cada combinación de agregado grueso

- **Método de volúmenes absolutos**

El volumen absoluto se determinará en función de la masa de los materiales y las densidades relativas como:

$$\text{Volumen absoluto} = \frac{\text{masa del material suelto}}{\text{densidad relativa} \times \text{densidad del agua}}$$

Volumen de cemento = 0.1405 m³

Volumen del agua = 0.205 m³

Volumen de aire = 0.02 m³

Tabla 35

Método de volúmenes absolutos- Cantidad de agregado fino

Descripción	Volúmenes (m ³)							Peso del agregado fino (kg)
	A.G natural	A.G reciclado	Total, de Agregado grueso	Cemento	Agua	Aire	Agregado fino	
Concreto patrón	0.357	0.000	0.357	0.1405	0.205	0.02	0.278	723.37
Sustitución de AGR 20 %	0.285	0.068	0.353	0.1405	0.205	0.02	0.281	732.10
Sustitución de AGR 30 %	0.250	0.102	0.352	0.1405	0.205	0.02	0.283	736.48
Sustitución de AGR 40 %	0.214	0.136	0.350	0.1405	0.205	0.02	0.284	739.87
Sustitución de AGR 50 %	0.178	0.170	0.348	0.1405	0.205	0.02	0.286	745.20

Nota: el volumen del agregado fino = 1 – (Vol. Total de Agregado grueso + vol. Cemento + vol.

Aire + vol. Agua. *Fuente:* Elaboración propia.

- AJUSTE POR CONTENIDO DE HUMEDAD

Para realizar el ajuste de la humedad tenemos

Tabla 36

Peso húmedo (en estado natural) que poseen los agregados

Descripción	Peso húmedo			
	A.G natural	A.G Reciclado	Total, de Agregado grueso	Agregado fino
Concreto patrón	962.16	0.00	962.16	752.31
Sustitución de AGR en 20 %	769.73	176.87	946.60	761.38
Sustitución de AGR en 30 %	673.51	265.29	938.80	765.94
Sustitución de AGR en 40 %	577.29	353.72	931.02	769.47
Sustitución de AGR en 50 %	481.08	442.16	923.24	775.01

Nota: Peso húmedo de los agregados = peso seco del agregado $\cdot (1 + \%W)$. Fuente:

Elaboración propia.

Entonces el agua efectiva considerando el peso inicial del agua de 205 kg/m^3 para cada caso será:

Tabla 37

Agua efectiva para cada diseño de mezcla

Descripción	Aporte de agua			Agua efectiva
	agregado natural	agregado reciclado	agregado fino	
Concreto patrón	0.69	0.00	16.03	188.28
Sustitución de AGR 20 %	0.55	-0.16	16.24	188.37
Sustitución de AGR 30 %	0.48	-0.24	16.34	188.42
Sustitución de AGR 40 %	0.41	-0.32	16.44	188.47
Sustitución de AGR 50 %	0.34	-0.40	16.48	188.52

Nota: Agua efectiva = Peso del agua – (agua aportada por el agregado grueso + agua aportada del agregado fino). Fuente: Elaboración propia

- PROPORCIÓN EN PESO

Tabla 38

Proporciones de los materiales para la mezcla patrón

Descripción	Peso	Unidad
Cemento	440.00	kg/m ³
Agregado fino	752.31*	kg/m ³
Agregado grueso (natural)	962.62*	kg/m ³
Agregado grueso (reciclado)	0*	kg/m ³
Agua efectiva	188.28	kg/m ³

Nota: () para pesos húmedos. Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 39

Proporciones de los materiales sustituyendo un 20% AGR

Descripción	Peso	Unidad
Cemento	440.00	kg/m ³
Agregado fino	761.38*	kg/m ³
Agregado grueso (natural)	769.73*	kg/m ³
Agregado grueso (reciclado)	176.87*	kg/m ³
Agua efectiva	188.37	kg/m ³

Nota: () para pesos húmedos. Fuente: Elaboración propia*

Tabla 40

Proporciones de los materiales sustituyendo una 30% AGR

Descripción	Peso	Unidad
Cemento	440.00	kg/m ³
Agregado fino	765.38*	kg/m ³
Agregado grueso (natural)	673.51*	kg/m ³
Agregado grueso (reciclado)	265.29*	kg/m ³
Agua efectiva	188.42	kg/m ³

Nota: () para pesos húmedos. Fuente: Elaboración propia*

Tabla 41*Proporciones de los materiales sustituyendo una 40% AGR*

Descripción	Peso	Unidad
Cemento	440.00	kg/m ³
Agregado fino	769.47*	kg/m ³
Agregado grueso (natural)	577.29*	kg/m ³
Agregado grueso (reciclado)	353.72*	kg/m ³
Agua efectiva	188.47	kg/m ³

Nota: (*) para pesos húmedos. *Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 42*Proporciones de los materiales sustituyendo una 50% AGR*

Descripción	Peso	Unidad
Cemento	440.00	kg/m ³
Agregado fino	775.01*	kg/m ³
Agregado grueso (natural)	481.08*	kg/m ³
Agregado grueso (reciclado)	442.16*	kg/m ³
Agua efectiva	188.52	kg/m ³

Nota: (*) para pesos húmedos. *Fuente:* Elaboración propia

4.1.3.2. Resistencia a la compresión

a- Concreto patrón

Tabla 43

Resistencia a la compresión de especímenes de muestra patrón

Nº de serie	Nº de testigo	Fecha de ensayo		Edad (días)	Área de testigo (cm ²)	Carga sometida		Resistencia alcanzada	
		Moldeo (día)	Rotura (día)			Lectura (KN)	Corregida (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
1	1	06/02/23	13/02/23	7	175.5	644.6	65735.0	374.6	375.3
	2	06/02/23	13/02/23	7	174.4	667.1	68021.2	390.0	
	3	06/02/23	13/02/23	7	176.3	652.5	66531.4	377.3	
	4	06/02/23	13/02/23	7	175.9	638.2	65082.4	370.1	
	5	06/02/23	13/02/23	7	177.4	634.5	64695.9	364.7	
2	6	06/02/23	20/02/23	14	181.5	706.8	72076.6	397.2	402.3
	7	06/02/23	20/02/23	14	186.3	732.1	74654.4	400.8	
	8	06/02/23	20/02/23	14	181.9	714.3	72838.3	400.4	
	9	06/02/23	20/02/23	14	185.1	719.9	73407.3	396.7	
	10	06/02/23	20/02/23	14	180.3	736.2	75066.4	416.4	
3	11	06/02/23	27/02/23	21	183.9	803.8	81959.7	445.8	437.3
	12	06/02/23	27/02/23	21	182.7	752.5	76733.6	420.1	
	13	06/02/23	27/02/23	21	183.4	788.2	80372.8	438.3	
	14	06/02/23	27/02/23	21	182.9	780.2	79557.0	435.0	
	15	06/02/23	27/02/23	21	181.9	798.0	81368.0	447.2	
4	16	06/02/23	06/03/23	28	181.5	816.6	83266.7	458.9	463.1
	17	06/02/23	06/03/23	28	181.5	830.7	84704.4	466.8	
	18	06/02/23	06/03/23	28	183.9	836.3	85276.5	463.8	
	19	06/02/23	06/03/23	28	184.6	844.1	86072.9	466.3	
	20	06/02/23	06/03/23	28	183.2	825.6	84187.5	459.5	

Fuente: Elaboración propia

b- Concreto con sustitución del 20% AGR

Tabla 44

Resistencia a la compresión de especímenes de muestra sustituyendo 20% AGR

Nº de serie	Nº de testigo	Fecha de ensayo		Edad (días)	Área de testigo (cm ²)	Carga sometida		Resistencia alcanzada	
		Moldeo (día)	Rotura (día)			Lectura (KN)	Corregida (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
1	1	07/02/23	14/02/23	7	179.1	646.3	65908.8	368.0	338.7
	2	07/02/23	14/02/23	7	182.7	623.7	63597.9	348.2	
	3	07/02/23	14/02/23	7	179.8	585.0	59657.6	331.8	
	4	07/02/23	14/02/23	7	180.3	602.8	61464.3	341.0	
	5	07/02/23	14/02/23	7	186.3	556.3	56728.4	304.6	
2	6	07/02/23	21/02/23	14	180.3	666.9	68009.2	377.3	384.6
	7	07/02/23	21/02/23	14	183.9	689.3	70286.6	382.3	
	8	07/02/23	21/02/23	14	185.3	684.5	69802.5	376.7	
	9	07/02/23	21/02/23	14	183.4	697.5	71122.5	387.9	
	10	07/02/23	21/02/23	14	180.3	705.8	71975.8	399.1	
3	11	07/02/23	28/02/23	21	180.0	736.1	75060.0	417.0	418.7
	12	07/02/23	28/02/23	21	185.0	745.8	76053.5	411.1	
	13	07/02/23	28/02/23	21	181.9	712.5	72649.7	399.3	
	14	07/02/23	28/02/23	21	180.3	766.1	78122.8	433.4	
	15	07/02/23	28/02/23	21	180.9	767.3	78238.0	432.6	
4	16	07/02/23	07/03/23	28	181.9	784.2	79962.0	439.5	435.0
	17	07/02/23	07/03/23	28	181.5	769.1	78424.9	432.2	
	18	07/02/23	07/03/23	28	180.3	776.7	79204.5	439.4	
	19	07/02/23	07/03/23	28	185.1	784.2	79961.9	432.1	
	20	07/02/23	07/03/23	28	185.5	785.7	80116.2	431.9	

Fuente: Elaboración propia

c- Concreto con sustitución del 30% AGR

Tabla 45

Resistencia a la compresión de especímenes de muestra sustituyendo 30% AGR

Nº de serie	Nº de testigo	Fecha de ensayo		Edad (días)	Área de testigo (cm ²)	Carga sometida		Resistencia alcanzada	
		Moldeo (día)	Rotura (día)			Lectura (KN)	Corregida (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
1	1	08/02/23	15/02/23	7	179.1	616.5	62864.1	351.0	338.1
	2	08/02/23	15/02/23	7	185.1	604.1	61601.3	332.9	
	3	08/02/23	15/02/23	7	182.7	595.0	60674.7	332.2	
	4	08/02/23	15/02/23	7	185.8	612.0	62410.2	335.9	
	5	08/02/23	15/02/23	7	182.7	606.7	61862.2	338.7	
2	6	08/02/23	22/02/23	14	183.9	686.6	70009.6	380.8	380.9
	7	08/02/23	22/02/23	14	182.7	692.1	70575.9	386.4	
	8	08/02/23	22/02/23	14	182.4	673.6	68690.8	376.6	
	9	08/02/23	22/02/23	14	184.2	680.8	69423.9	376.8	
	10	08/02/23	22/02/23	14	179.6	676.2	68947.4	384.0	
3	11	08/02/23	01/03/23	21	183.8	745.0	75963.3	413.2	414.5
	12	08/02/23	01/03/23	21	185.1	736.6	75112.4	405.9	
	13	08/02/23	01/03/23	21	183.1	747.5	76223.3	416.2	
	14	08/02/23	01/03/23	21	180.3	747.9	76265.7	423.1	
	15	08/02/23	01/03/23	21	182.7	741.4	75600.1	413.9	
4	16	08/02/23	08/03/23	28	180.3	754.3	76914.8	426.7	426.9
	17	08/02/23	08/03/23	28	181.0	758.1	77303.9	427.1	
	18	08/02/23	08/03/23	28	185.0	774.5	78975.3	426.8	
	19	08/02/23	08/03/23	28	180.0	746.9	76156.8	423.0	
	20	08/02/23	08/03/23	28	182.7	772.2	78742.5	430.9	

Fuente: Elaboración propia

d- Concreto con sustitución del 40% AGR

Tabla 46

Resistencia a la compresión de especímenes de muestra sustituyendo 40% AGR

Nº de serie	Nº de testigo	Fecha de ensayo		Edad (días)	Área de testigo	Carga sometida		Resistencia alcanzada	
		Moldeo (día)	Rotura (día)			Lectura (KN)	Corregida (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
1	1	09/02/23	16/02/23	7	182.7	608.8	62081.5	339.9	337.5
	2	09/02/23	16/02/23	7	185.1	601.9	61379.2	331.7	
	3	09/02/23	16/02/23	7	184.3	616.3	62846.3	340.9	
	4	09/02/23	16/02/23	7	18.3	583.5	59499.0	330.1	
	5	09/02/23	16/02/23	7	182.7	617.8	62995.0	344.9	
2	6	09/02/23	23/02/23	14	185.1	691.2	70485.0	380.9	378.7
	7	09/02/23	23/02/23	14	185.1	684.5	69800.1	377.2	
	8	09/02/23	23/02/23	14	182.7	660.2	67323.9	368.6	
	9	09/02/23	23/02/23	14	184.6	692.3	70589.9	382.4	
	10	09/02/23	23/02/23	14	183.9	692.9	70653.3	384.3	
3	11	09/02/23	02/03/23	21	181.5	719.1	73324.8	404.1	409.9
	12	09/02/23	02/03/23	21	181.9	727.4	74177.7	407.7	
	13	09/02/23	02/03/23	21	184.5	746.7	76142.0	412.8	
	14	09/02/23	02/03/23	21	185.1	752.4	76722.7	414.5	
	15	09/02/23	02/03/23	21	185.1	745.0	75963.8	410.5	
4	16	09/02/23	09/03/23	28	181.7	757.5	77239.5	425.1	421.4
	17	09/02/23	09/03/23	28	179.3	742.7	75735.1	422.4	
	18	09/02/23	09/03/23	28	179.6	732.2	74658.5	415.8	
	19	09/02/23	09/03/23	28	184.6	762.0	77696.9	420.9	
	20	09/02/23	09/03/23	28	181	750.5	76525.6	422.8	

Fuente: Elaboración propia

e- Concreto con sustitución del 50% AGR

Tabla 47

Resistencia a la compresión de muestra sustituyendo 50% AGR

Nº de serie	Nº de testigo	Fecha de ensayo		Edad (días)	Área de testigo	Carga sometida		Resistencia alcanzada	
		Moldeo (día)	Rotura (día)			Lectura (KN)	Corregida (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
1	1	10/02/23	17/02/23	7	181.5	579.8	59123.1	325.8	335.5
	2	10/02/23	17/02/23	7	183.9	596.2	60797.5	330.7	
	3	10/02/23	17/02/23	7	180.3	602.5	61435.8	340.8	
	4	10/02/23	17/02/23	7	182.4	598.6	61039.2	334.6	
	5	10/02/23	17/02/23	7	180.7	612.5	62461.7	345.8	
2	6	10/02/23	24/02/23	14	183.4	669.2	68239.3	372.1	358.3
	7	10/02/23	24/02/23	14	180.5	648.2	66101.0	366.2	
	8	10/02/23	24/02/23	14	181.5	610.9	62293.5	343.3	
	9	10/02/23	24/02/23	14	182.7	625.7	63804.7	349.3	
	10	10/02/23	24/02/23	14	180.3	637.2	64974.3	360.4	
3	11	10/02/23	03/03/23	21	185.1	700.4	71422.8	386.0	368.8
	12	10/02/23	03/03/23	21	186.9	649.4	66216.3	354.3	
	13	10/02/23	03/03/23	21	180.3	646.6	65937.9	365.8	
	14	10/02/23	03/03/23	21	182.7	661.2	67423.6	369.1	
	15	10/02/23	03/03/23	21	180.3	652.2	66505.9	368.9	
4	16	10/02/23	10/03/23	28	183.4	696.4	71011.9	387.3	396.6
	17	10/02/23	10/03/23	28	182.7	730.4	74478.9	407.7	
	18	10/02/23	10/03/23	28	183.9	712.6	72659.7	395.2	
	19	10/02/23	10/03/23	28	183.4	712.8	72684.2	396.4	
	20	10/02/23	10/03/23	28	180.3	701.2	71501.4	396.6	

Fuente: Elaboración propia

De las tablas obtenidas para cada sustitución se tiene el siguiente resumen

Tabla 48

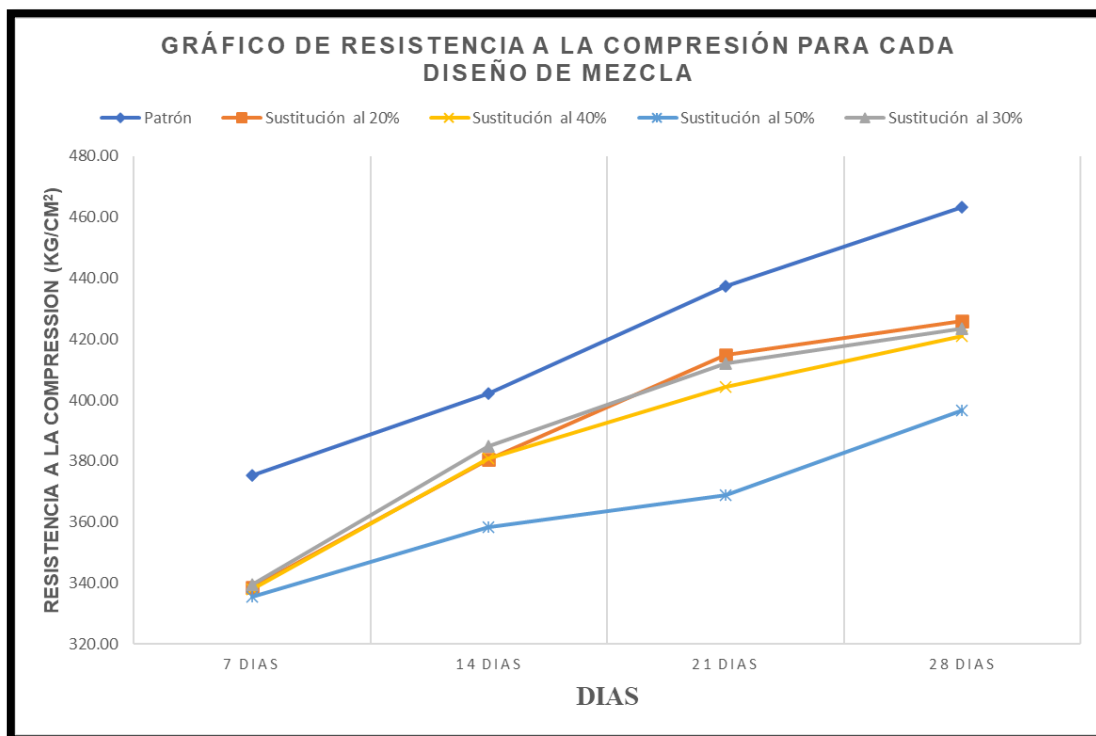
Resistencias promedio de cada diseño en relación a los días de la ejecución del ensayo

Descripción		Días de prueba			
		7	14	21	28
Resistencia a la compresión promedio para cada diseño. (kg/cm^2)	Patrón	375.3	402.3	437.3	463.1
	Sustitución al 20%	338.7	384.6	418.7	435.0
	Sustitución al 30%	338.1	380.9	414.5	426.9
	Sustitución al 40%	337.5	378.7	409.9	421.4
	Sustitución al 50%	335.5	358.3	368.8	396.6

Fuente: Elaboración propia

Figura 4

Comparación de las resistencias a la compresión obtenidas para cada diseño al día: 7,14,21 y 28 días



Fuente: Elaboración propia

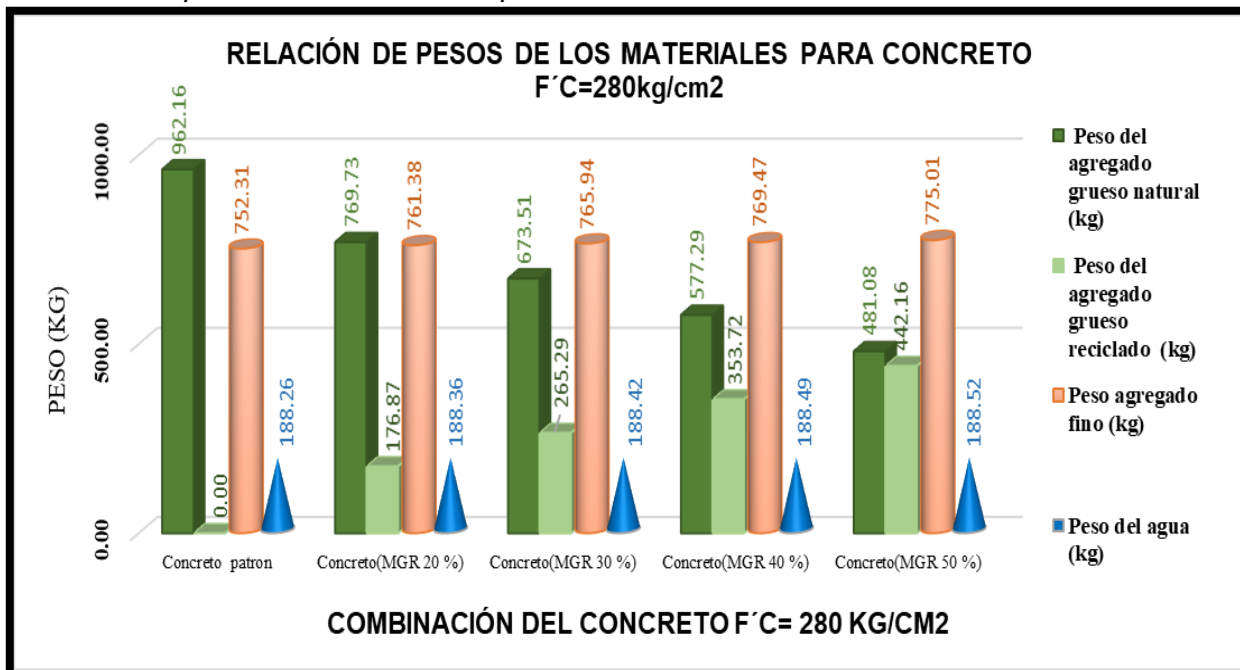
4.2. Discusión de resultados

Prosiguiendo luego de haber realizados los ensayos y para obtener datos llegando a los resultados anteriormente mostrados. Podemos determinar el comportamiento del agregado grueso reciclado al 20%, 30%, 40% y 50% de sustitución dentro del concreto requerido y comprándolo al concreto patrón. Donde primeramente para realizar el diseño de mezcla respectivamente para cada sustitución vemos reflejado la variación en pesos de los elementos como el agregado natural, agredo fino y agua, debido a que cada elemento presenta características físico mecánicas propias y diferentes debido a su naturaleza. Estas a la vez repercuten su influencia en las resistencias obtenidas a lo largo de los días de curado hasta alcanzar los 28 días recomendado para poder determinar una resistencia promedio de diseño completa. Así poder analizar de la misma manera las resistencias obtenidas de concreto con cada sustitución de AGR frente al concreto patrón.

a) Diseño de mezcla

Figura 5

Relación de pesos de los elementos para cada diseño de mezcla

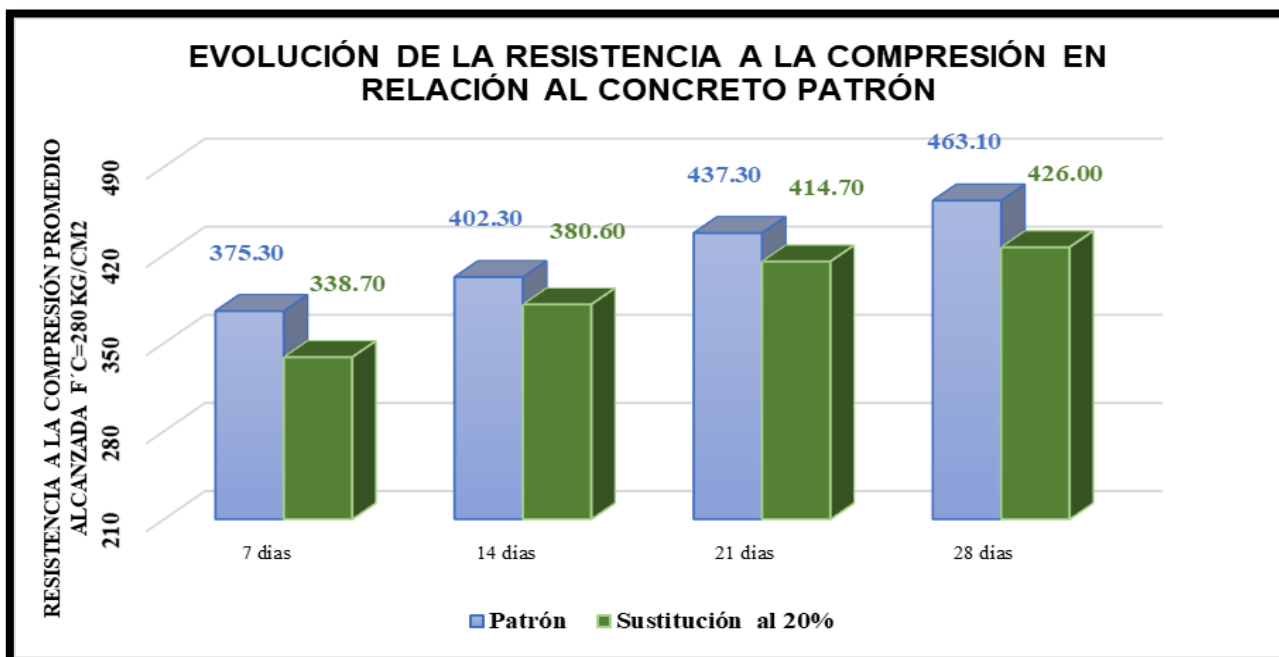


Nota: En el grafico podemos observar la diferencia de pesos de los elementos que componen el concreto en cada variación de sustitución en porcentaje del AGR, esto debido a las características físico-mecánicas que cada uno posee, la sustitución para cada caso de AGR se realizó por volumen debido a que cada tipo de agregado grueso muestra un peso unitario diferente. Razón por la cual a mayor sustitución de AGR; el peso del agregado grueso natural disminuye, el agregado fino aumenta y la cantidad de agua también aumenta, en comparación con los elementos requeridos para el concreto patrón. Fuente: Elaboración propia

b) Resistencia a la compresión

Figura 6

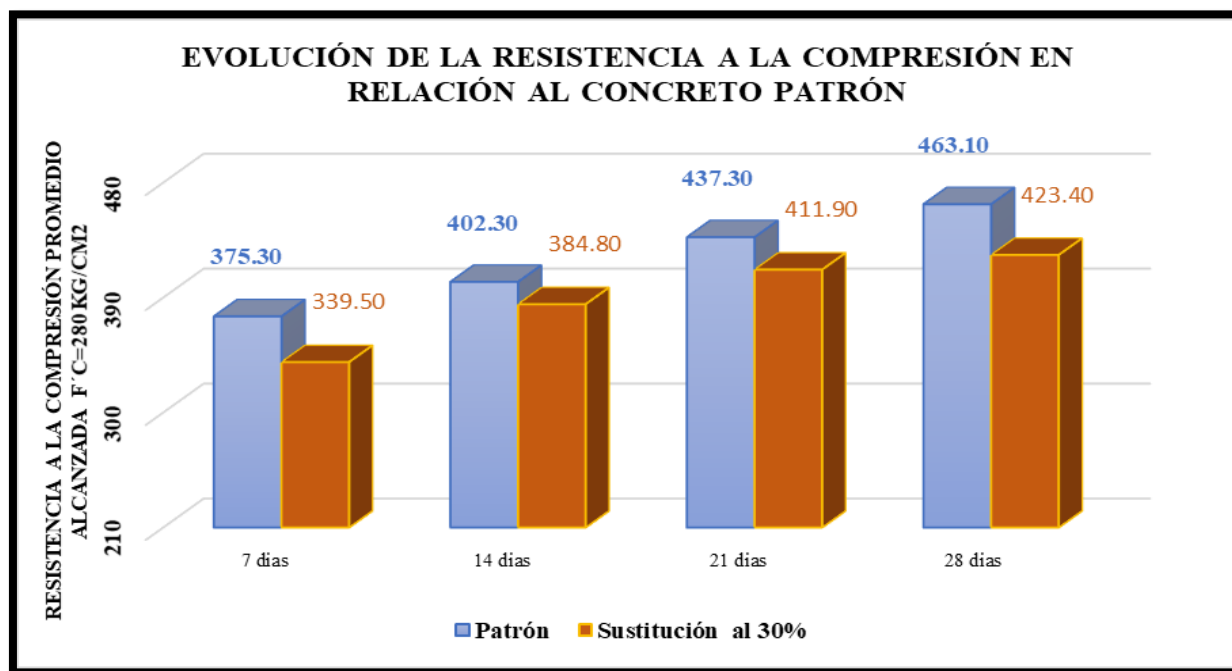
Comparación de (f_c) entre la muestra patrón y sustituido al 20% de AGR



Nota: El grafico muestra (f_c) lograda el día 28, donde en concreto sustituido con 20% de AGR alcanza un f_c de 426.00 kg/cm² y el concreto patrón alcanza un f_c de 463.10 kg/cm², lo cual refleja que el concreto sustituido con 20% de AGR alcanza un 91.99% en relación al concreto patrón. *Fuente:* Elaboración propia.

Figura 7

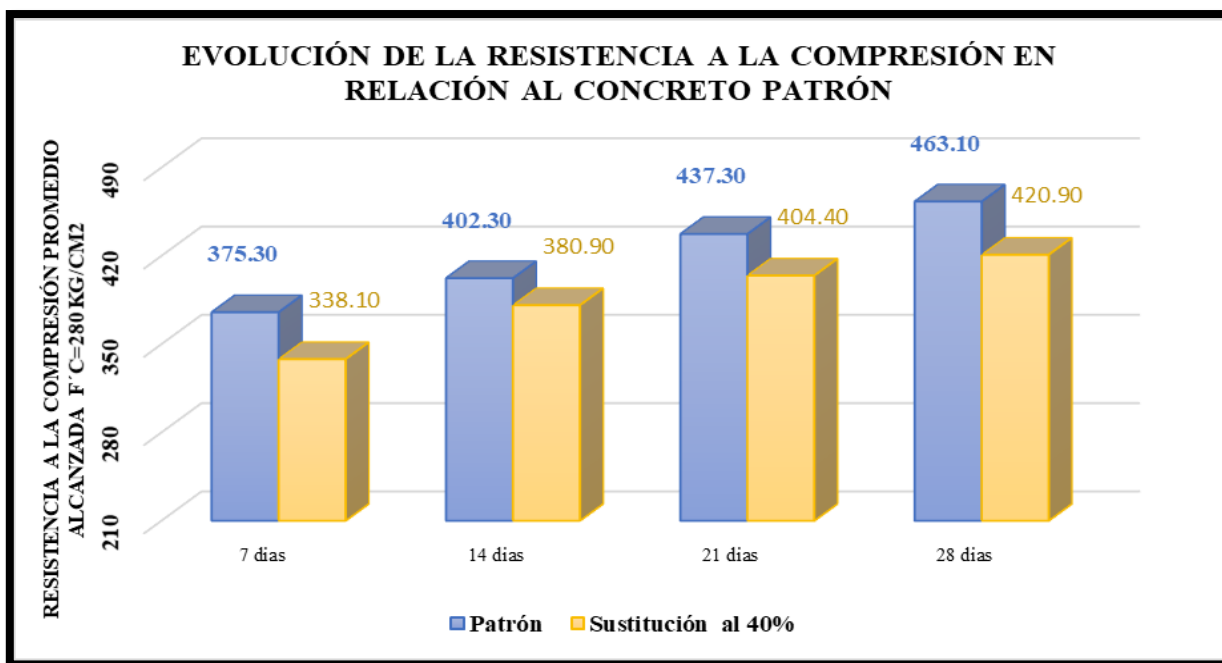
Comparación de (f_c) entre la muestra patrón y sustituido al 30% de AGR



Nota: El grafico muestra (f_c) lograda el día 28, donde en concreto sustituido con 30% de AGR alcanza un f_c de 423.40 kg/cm² y el concreto patrón alcanza un f_c de 463.10 kg/cm², lo cual refleja que el concreto sustituido con 30% de AGR alcanza un 91.43% en relación al concreto patrón. *Fuente:* Elaboración propia.

Figura 8

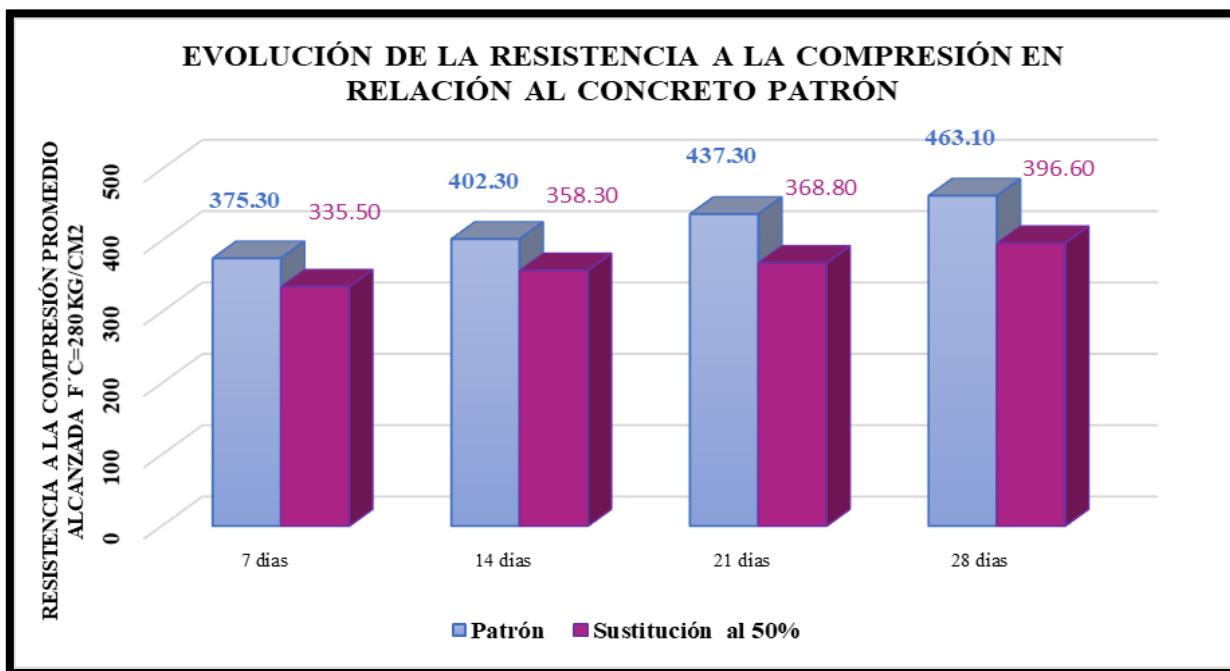
Comparación de (f_c) entre la muestra patrón y sustituido al 40% de AGR



Nota: El grafico muestra (f_c) lograda el día 28, donde en concreto sustituido con 40% de AGR alcanza un f_c de 420.90 kg/cm² y el concreto patrón alcanza un f_c de 463.10 kg/cm², lo cual refleja que el concreto sustituido con 40% de AGR alcanza un 90.89% en relación al concreto patrón. Fuente: Elaboración propia.

Figura 9

Comparación de (f_c) entre la muestra patrón y sustituido al 50% de AGR



Nota: El gráfico muestra (f_c) lograda el día 28, donde en concreto sustituido con 50% de AGR alcanza un f_c de 396.60 kg/cm² y el concreto patrón alcanza una f_c de 463.10 kg/cm², lo cual refleja que el concreto sustituido con 50% de AGR alcanza un 85.94% en relación al concreto patrón. Fuente: Elaboración propia.

De los resultados obtenidos según Carrasco (2018), al utilizar RCD estos conforman propiedades que hacen que sea un material viable para la construcción de elementos prefabricados (bloques), puesto que los agregados de RCD contienen un % de humedad menor que el agregado natural y un % de absorción mayor a la de un agregado natural, y según estas características el elemento prefabricado con material de RCD al 100% cumple con superar el parámetro mínimo de 4 Mpa exigido por la norma ecuatoriana.

Para Remolina (2018), indica que debido a la irregularidad de los valores que obtuvo en la prueba de resistencia con material reciclado, considerando las propiedades de material

de concreto reciclado de pavimentos es viable para utilizar en vías urbanas de tránsito bajo y en elementos de uso no estructural como elementos prefabricados.

De la misma manera para Vega (2018), indica que el concreto elaborado con agregado de concreto reciclado para diseños de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$, cumplen con las resistencias a la compresión solicitadas, posee un menor peso específico y supera en el módulo de elasticidad al concreto elaborado de forma convencional,

Para Campos y Sáenz (2020), en su investigación señala que para una edad de 28 días y una relación a/c de 0.56, el concreto elaborado con 40% y 80 % de agregado reciclado, supera en resistencia a la compresión y resistencia a la tracción pero disminuye en resistencia a la flexión en relación a un concreto elaborado con agregado natural, además al utilizar agregado en 20% de HR y 80% natural, 40% de HR y 60% natural y 60% de HR y 40 natural, en el diseño de mezcla concluye en que se mejora la resistencia a la compresión en comparación al diseño de mezcla del concreto patrón.

Según Medina (2022), indica que el agregado de concreto reciclado influye en el comportamiento de concreto en la resistencia a la compresión y flexión al sustituir el 50% y el 75%, mas no en la sustitución del 25% de agregado reciclado, de la misma manera señala que al añadir mayor porcentaje de agregado reciclado la resistencia a la compresión y flexión disminuye, pero aun así estas resistencias son superiores a las requeridas ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$).

Para Anampa y Bernaola (2019), señala que el agregado de concreto reciclado posee un porcentaje al desgaste de 31.29% el cual está dentro de los parámetros del MTC, por otro lado indica que para cada diseño de mezcla la cantidad de agregados y agua son diferentes, y que en todos los casos de las sustituciones de agregado reciclado (20%, 50%, 75%, y 100%) no superan en resistencia a la compresión al que posee el concreto patrón elaborado con material de cantera.

4.3. Prueba de hipótesis

a) Hipótesis N°1

H₁: El concreto reciclado de demoliciones de pavimentos rígidos como agregado grueso influye significativamente en el diseño de mezcla para la elaboración de buzones de alcantarillado.

H₀: El concreto reciclado de demoliciones de pavimentos rígidos como agregado grueso no influye significativamente en el diseño de mezcla para la elaboración de buzones de alcantarillado.

Tabla 49

Cantidades de los materiales que varían su peso en el diseño de mezcla

Diseño de mezcla	Peso del agregado grueso (kg)	Peso agregado fino (kg)	Peso del agua (kg)
Concreto patrón	962.16	752.31	188.26
Concreto (AGR 20 %)	946.60	761.38	188.36
Concreto (AGR 30 %)	938.80	765.94	188.42
Concreto (AGR 40 %)	931.02	769.47	188.47
Concreto (AGR 50 %)	923.24	775.01	188.52

Fuente: Elaboración propia

Para poder desarrollar la prueba estadística y teniendo en cuenta que utilizaremos un grupo de muestra por su naturaleza componente del diseño de mezcla en este caso utilizaremos la prueba t de una muestra, considerando un valor de prueba que en este caso será para cada uno el correspondiente al concreto patrón.

Tabla 50

Datos estadísticos de las muestras de los elementos del concreto

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. estándar	Media de error estándar
Agregado Grueso	4	934.94	10.05685	5.02842
Agregado fino	4	767.2525	5.86244	2.93122
Agua	4	188.435	0.07234	0.03617

Fuente: Elaborado con el software SPSS

Como se mencionó anteriormente este caso utilizaremos “la prueba t para una sola muestra” con un nivel de significancia (α)=5%=0.05. considerando el número de datos de cada elemento calcularemos el valor crítico (tc) que será el mismo para cada grupo de muestra.

a- Considerando:

- $gl = n-1 = 3$
- $\alpha=0.05$

b- obtenemos el valor crítico (tc) = 3.1824

c- posteriormente calcularemos el valor de la distribución (t)

Tabla 51

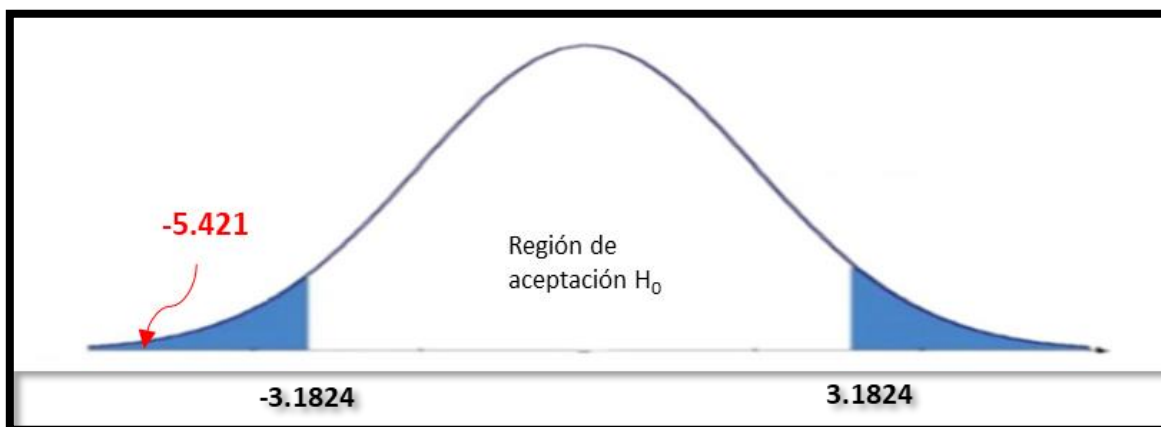
Cálculo del valor estadístico para el agregado grueso

Prueba para una muestra							
Valor de prueba = 962.16							
	t	gl	Significación		Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
			P de un factor	P de dos factores		Inferior	Superior
Agregado Grueso	-5.421	3	0.006	0.012	-27.26	-43.2627	-11.2573

Fuente: Elaborado con el software SPSS

Figura 10

Gráfico de la prueba de significancia al 0.05 para el agregado grueso



Nota: del gráfico podemos observar que el valor estadístico está fuera de la región de aceptación, por lo tanto, se rechaza la H_0 . Fuente: elaboración propia

Tabla 52

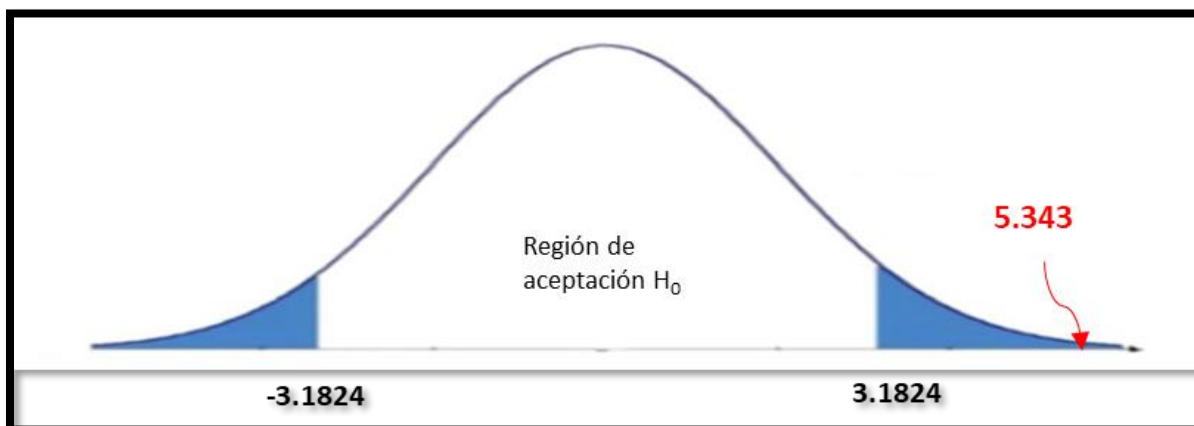
Cálculo del valor estadístico para el agregado fino

Prueba para una muestra							
Valor de prueba = 752.31							
	t	gl	Significación		Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
			P de un factor	P de dos factores		Inferior	Superior
Agregado Fino	5.343	3	0.006	0.013	15.6625	6.334	24.991

Fuente: Elaborado con el software SPSS

Figura 11

Gráfico de la prueba de significancia al 0.05 para el agregado fino



Nota: del gráfico podemos observar que el valor estadístico está fuera de la región de aceptación, por lo tanto, se rechaza la H_0 . Fuente: Elaboración propia

Tabla 53

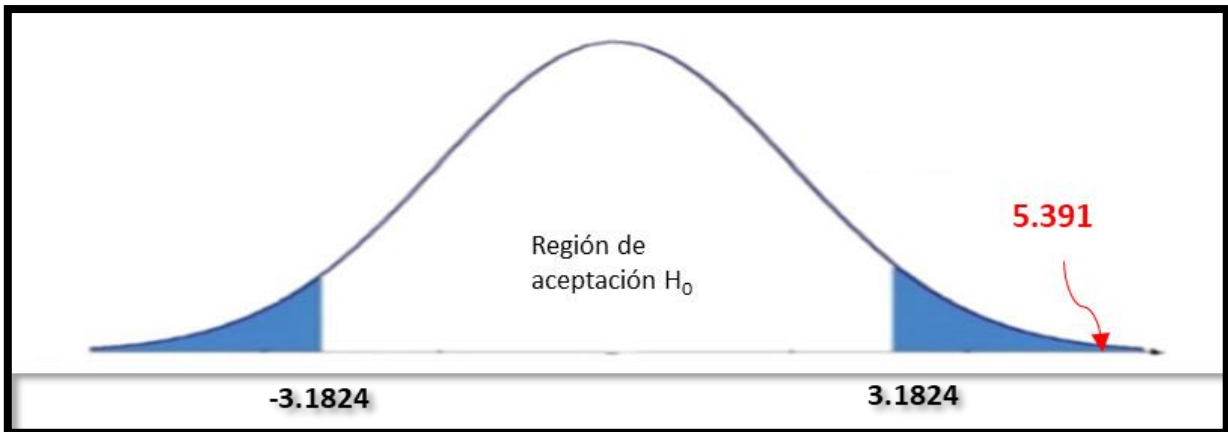
Calculo del del valor estadístico para el agua

Prueba para una muestra							
Valor de prueba = 188.26							
t	gl	Significación		Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
		P de un factor	P de dos factores		Inferior	Superior	
Agua	5.391	3	0.006	0.013	0.195	0.0799	0.3101

Fuente: Elaborado con el software SPSS

Figura 12

Gráfico de la prueba de significancia al 0.05 para el agua



Nota: del gráfico podemos observar que el valor estadístico está fuera de la región de aceptación, por lo tanto, se rechaza la H_0 . Fuente: Elaboración propia

En este caso, para cada elemento del concreto: agregado grueso, agregado fino y agua; cada valor estadístico respectivamente se encuentra en la región de rechazo de la H_0 . Por lo que se acepta la H_1 entonces, el concreto reciclado de demoliciones de pavimentos rígidos como agregado grueso **influye significativamente** en el diseño de mezcla para la elaboración de buzones de alcantarillado.

b) Hipótesis N°2

H₁: El concreto reciclado de demoliciones de pavimentos rígidos como agregado grueso influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto nuevo para la elaboración de buzones de alcantarillado

H₀: El concreto reciclado de demoliciones de pavimentos rígidos como agregado grueso no influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto nuevo para la elaboración de buzones de alcantarillado

Tabla 54

Tabla de resumen de resistencia a la compresión alcanzada al día 28

Concreto $f'c=280$ kg/cm ²	Resistencia promedio alcanzada a los 28 días (kg/cm ²)
Concreto patrón	463.10
Concreto (AGR 20 %)	426.00
Concreto (AGR 30 %)	423.40
Concreto (AGR 40 %)	420.90
Concreto (AGR 50 %)	396.60

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55

Datos estadísticos de las muestras de resistencia a la compresión al día 28

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. estándar	Media de error estándar
Resistencia a la compresión promedio al día 28.	4	416.725	13.57728	6.78864

Fuente: Elaboración propia

De la misma manera este caso utilizaremos “la prueba t para una sola muestra” con un nivel de significancia (α)=5%=0.05. considerando el número de datos de cada elemento calcularemos el valor crítico (t_c) que será el mismo para cada grupo de muestra.

a- Considerando:

$$gl = n-1 = 3$$

$$\alpha=0.05$$

b- obtenemos el valor crítico (t_c) = 3.1824

c- posteriormente calcularemos el valor de la distribución (t)

Tabla 56

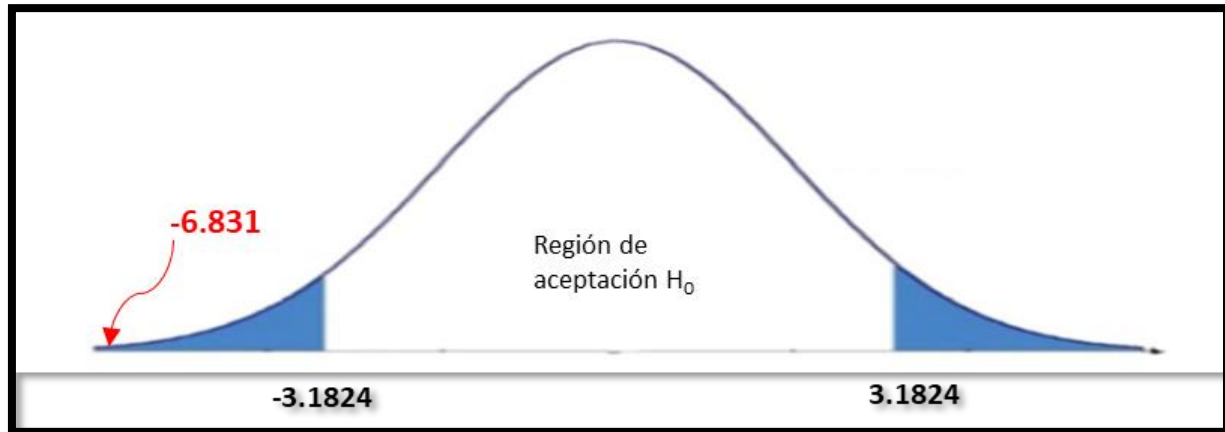
Calculo del del valor estadístico para la resistencia a la compresión promedio a los 28 días

Prueba para una muestra							
Valor de prueba = 463.1							
	t	gl	Significación		Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
			P de un factor	P de dos factores		Inferior	Superior
Resistencia a la compresión promedio a los 28 días	-6.831	3	0.003	0.006	-46.375	-67.9795	-24.7705

Fuente: Elaborado con el software SPSS

Figura 13

Gráfico de la prueba de significancia al 0.05 para la resistencia a la compresión promedio a al día 28



Nota: del gráfico podemos observar que el valor estadístico está fuera de la región de aceptación de H_0 . Fuente: Elaboración propia

En este caso, el valor estadístico para la resistencia a la compresión promedio al día 28, se encuentra en la región de rechazo de la H_0 . Por lo que se acepta la H_i entonces; El concreto reciclado de demoliciones de pavimentos rígidos como agregado grueso **influye significativamente** en la resistencia a la compresión del concreto nuevo para la elaboración de buzones de alcantarillado

CONCLUSIONES

Conclusión N°1 del objetivo general

La sustitución parcial del agregado grueso producto del reciclado de concreto de demoliciones de pavimentos rígidos si influye en el comportamiento del concreto nuevo elaborado, para cada caso de sustitución del agregado grueso (20%, 30%, 40% y 50%) en el diseño de mezcla así como también en la resistencia a la compresión, la proporciones de AGR, agregado grueso natural, agregado fino y agua de mezcla, es diferente para cada del diseño de mezcla esto debido a sus propiedades físico-mecánicas de cada elemento. Se refleja en la resistencia a la compresión alcanzada al día 28, que cada vez que el porcentaje de sustitución del AGR es mayor, la resistencia a la compresión promedio alcanzada al día 28 va disminuyendo, pero a pesar de ello estas resistencias son mayores a la resistencia promedio requerida (f'_{cr}), lo cual concluye que están dentro de lo establecido para el diseño del concreto $f'_{c}= 280 \text{ kg/cm}^2$.

Conclusión N°2 del primer objetivo

Para cada caso de diseño de mezcla con sustituciones de AGR al 20%, 30%, 40% y 50%; los materiales como el AGR, agregado grueso natural, arena fina y agua difieren en proporciones en cada diseño respectivamente, esto debido a la propiedades físico mecánicas de cada elemento. La sustitución parcial del AGR se realizó en función al volumen de agregado grueso esto debido a que cada tipo de agregado tiene diferente peso unitario para el AGR es 1618 kg/m^3 y AGN es 1467 kg/m^3 , por otro lado para la obtención del agregado fino se consideró la variación del agregado grueso tanto en peso como en volumen, obteniendo así diferente cantidad para cada caso del diseño de mezcla; de la misma manera para la obtención del agua de mezcla efectiva sufrió una leve variación debido a que el AGR presenta un % de humedad de 2.17 y % de absorción de 2.262; el agregado natural presenta un % de humedad de 0.794 y % de absorción de 0.718 y el agregado fino presenta un % de humedad de 4.00 y

% de absorción de 1.781, provocando dicha variación debido al ajuste por el % de humedad y el % absorción que cada elemento posee.

Conclusión N°3 del segundo objetivo

Se muestra que las resistencias a la compresión promedio alcanzada para cada caso al día 28, considerando la resistencia promedio requerida de $F'_{cr} = 364 \text{ kg/cm}^2$; el concreto patrón se alcanzó una resistencia $f'_c = 463.10 \text{ kg/cm}^2$ el cual representa 127.23 % de la resistencia promedio requerida, al elaborar el concreto con 20% de sustitución de AGR se alcanzó una resistencia $f'_c = 435.00 \text{ kg/cm}^2$ el cual representa 117.03 % de la resistencia promedio requerida, al elaborar el concreto con 30% de sustitución de AGR se logró una resistencia $f'_c = 426.90 \text{ kg/cm}^2$ el cual representa 116.32 % de la resistencia promedio requerida, al elaborar el concreto con 40% de sustitución de AGR se logró una resistencia de $f'_c = 421.60 \text{ kg/cm}^2$ el cual representa 115.63 % de la resistencia promedio requerida y al elaborar el concreto con 50% de sustitución de AGR se alcanzó una resistencia de $f'_c = 396.60 \text{ kg/cm}^2$ el cual representa 108.96 % de la resistencia promedio requerida. Para cada caso la resistencia obtenida supera a la resistencia requerida, además cuanto más AGR se sustituya al agregado natural, la resistencia a la compresión se reduce.

RECOMENDACIONES

Recomendación N°1 del objetivo general

De acuerdo a los resultados para todos los casos de sustitución de AGR, se recomienda su uso dentro de las elaboraciones de concreto a ser utilizados en buzones de alcantarillado, así como también su uso en distintos elementos estructurales y no estructurales que sean convenientes teniendo en cuenta la viabilidad de la obtención del AGR.

Recomendación N°2 del primer objetivo específico

Se recomienda establecer las proporciones de los materiales teniendo en cuenta la realización correcta y verídica de los ensayos establecidos por la normativa, además de considerar las cantidades de los agregados tanto natural como reciclado calculando el volumen necesario de agregado con el peso unitario de cada tipo.

Recomendación N°3 del segundo objetivo específico

Se recomienda que, durante la preparación del concreto, colocación del concreto a los moldes(testigos), curado de concreto y durante el ensayo de la resistencia a la compresión realizarlos correctamente considerando las exigencias impuestas por la normativa, con el fin de alcanzar a la resistencia promedio requerida y en el mejor de los casos superar dicha resistencia.

Otras recomendaciones

- a. Se recomienda que durante la etapa de recolección de concreto a reciclar se verifique la edad del concreto y el tipo y fuente de agregado con que se elaboró el pavimento. Debido a que, en las vías de la ciudad, los pavimentos se realizaron con agregado de río o cantera y estos podrían variar en sus propiedades físico-mecánicas.
- b. Se recomienda realizar más investigaciones relacionadas a la reutilización de agregados reciclados implementando aditivos y/o otros elementos con el fin de mejorar las propiedades físico mecánicas del nuevo concreto a ser utilizado.

- c. Se recomienda a las autoridades dar iniciativa para la creación de una planta recicladora de RCD, debido a la gran cantidad que se produce en esta localidad y además a la demanda por agregados que se tiene para las nuevas construcciones.
- d. Se recomienda a las canteras implementar un plan que permita la reutilización del concreto reciclado para obtener agregados, así contribuir con el desarrollo sostenible de la población y así evitar los daños ambientales que estos residuos puedan ocasionar.

ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

RECURSOS

Dentro de los recursos encontramos tanto la información, el recurso humano los equipos y materiales que se utilizaron para esta investigación las cuales consisten

Recursos humanos:

Los cuales incluyen al tesista, el asesor de tesis, personal de apoyo para realizar el traslado de material, así como también el técnico laboratorista de concreto

Información

Para esta investigación se realizó una extensa búsqueda de información de antecedentes de investigación, textos informativos sobre concreto, normas nacionales, manuales de redacción y procedimientos de ensayos relacionados a la investigación

Equipos

El estudio requirió de diversos equipos tales como vehículos para traslado, equipos de triturado de agregado, equipos de laboratorio como tamices, balanzas, recipientes; además de equipos de medición como máquina de los ángeles y equipo de ensayo a compresión axial.

Materiales

Se utilizaron materiales para la elaboración de concreto tales como agregado fino y grueso natural, agregado grueso reciclado, agua y cemento.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 57

Cronograma de actividades realizadas de tesis

Actividades	Meses																			
	mes 1				Mes 2				Mes 3				mes 4				mes 5			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Formulación del plan de investigación	■																			
Desarrollo de los antecedentes de la investigación		■																		
Desarrollo de las bases teóricas y marco teórico			■																	
Formulación de y desarrollo de la metodología				■																
Desarrollo de los resultados					■															
Desarrollo de la discusión, conclusión y recomendación								■												
Desarrollo de la biografía y anexos																				■

Fuente: Elaboración propia

PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO

Presupuesto

Tabla 58

Presupuesto para la elaboración del proyecto de investigación

Etapa	Descripción	precio
Elaboración de proyecto de tesis	Movilidad	S/ 120.00
	Materiales y equipos de redacción	S/ 80.00
	Impresión de informes	S/ 180.00
	Movilidad	S/ 150.00
	Materiales y equipos de redacción	S/ 180.00
Elaboración de tesis	Recolección de material reciclado	S/ 550.00
	Traslado y triturado de material reciclado	S/ 600.00
	Laboratorio externo de concreto	S/ 4,500.00
	Materiales para elaboración de concreto nuevo	S/ 600.00
	Impresión de informes	S/ 300.00
total		S/ 7,260.00

Fuente: Elaboración propia

Financiamiento

Para esta investigación el financiamiento fueron con recursos propios ya que los gastos fueron cubiertos por el tesista

BIBLIOGRAFÍA

- Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnología del concreto*. Lima: Editorial San Marcos.
- Anampa Rios, M. M., & Bernaola Melendez, E. L. (2019). Influencia del material reciclado proveniente del pavimento deteriorado en el jr. Puno y av. Abancay de la ciudad de Abancay para la elaboración de concreto nuevo a ser reutilizados en pavimentos. (*Tesis de grado*), *Universidad Tecnológica de los Andes*. Abancay, Peru.
- Ander-Egg, E. (2011). *Aprende a investigar-nociones basicas para la investigacion socila*. Cordoba, Argentina: Editorial Brujas.
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigacion. Introduccion a la metodologia cientifica*. Caracas, Venezuela: Editorial EPISTEME, C.A.
- Bazalar La Puerta, L. R., & Cadenillas Calderon, M. J. (2019). Propuesta de agregado reciclado para la elaboración de concreto estructural con $f'c=280$ kg/cm² en estructuras porticadas en la ciudad de Lima para reducir la contaminación ambiental. (*Tesis de grado*), *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas*. Lima, Peru.
- Campos Ochoa, E. N., & Saenz Zabala, J. E. (2020). Hormigón estructural con agregados reciclados para la construcción de viviendas. (*Tesis de grado*), *Universidad Ricardo Palma*. Lima, Peru.
- Carrasco Motesdeoca, R. B. (2018). Aplicación del uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloque de hormigón en la ciudad de Riobamba, análisis de costo impacto ambiental. (*Tesis de maestria, Pontificia universidad catolica del ecuador*). Quito, Ecuador.
- Contreras Marin, E. (2016). Evaluación de agregados reciclados, para su implementación en pavimentos rígidos. (*Tesis de maestria*), *Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo*. Morelia, Mexico.

- De Santos, M., Monercillo, B., & Garcia, A. (2011). *Gestion de residuos en obras de construccion y demolicion*. Madrid: Tornapunta Ediciones S.L.U.
- E.060, N. (2009). *Concreto armado*. Lima, Peru .
- Hernandez-Sampieri, R. (2014). *Metodologia de la investigacion*. Mexico D.F, Mexico.
- Hernandez-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodologia de la investigacion: Rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Illinois, EE.UU: Portland Cement Association.
- Martines Ureles, P. E. (2020). El concreto con agregado reciclado como proyecto de sostenibilidad urbana. (*Tesis de grado*), *Universidad cooperativa de colombia*. Santa marta, Colombia.
- Medina Montalvo, A. L. (2022). Influencia de la incorporacion de agregados grueso de concreto reciclado, en las propiedades mecanicas a compresion y flexion del concreto $f'c=210$ kg/cm²- Abancay 2021. (*Tesis de grado*), *universidad Tecnologica de los Andes*. Abancay, Peru.
- Mejia, E. (2005). *Tecnicas e instrumentos de investigacion*. Lima, Peru.
- Melendez Cueva, A. R. (2016). Utilización del concreto reciclado como agregado (grueso y fino) para un diseño de mezcla $f'c=210$ kg/cm² en la ciudad de Huaraz-2016. (*Tesis de grado*), *Universidad San Pedro*. Huaraz, Peru.
- MTC. (2016). Manual de ensayo de materiales. (M. 2016, Ed.)
- MTC. (2022). Reglamento de gestion de manejo de residuos solidos de la construccion y demolicion. Lima, Peru: El Peruano.
- Navarro Calderon, A. (2014). Uso y fomento del arido reciclado en hormigon estructural como oprtunidad de mejora medioambiental y economica. Aplicacion a la comunidad autonoma de la Rioja. *Tesis Doctoral, Universidad de la Rioja*. Logroño, España.
- Norma OS. 070. (2006). *Redes de aguas residuales*.

- NTP 339.034. (2015). Concreto. Metodo de ensayo normalizado para la determinacion de la resistencia a la compresion del concreto en muestras cilindricas. Lima, Peru: INACAL.
- NTP 339.047. (2014). *Concreto. Definiciones y terminologia relativas al concreto y agregados*. Lima, Peru: INACAL.
- NTP 339.185. (2013). Agregados. Metodo de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. (I. 2013, Ed.)
- NTP 400.011. (2008). Agregados. Definicion y clasificacion de los agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). (I. 2013, Ed.)
- NTP 400.017. (2011). Agregado. Metodo de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacios en los agregados.
- NTP 400.019. (2014). Agregados. metodo de ensayo normalizado para la determinacion de la resistencia a la degradacion en agregados gruesos de tamaños menores por abrasion e impacto en la maquina de los angeles. (I. 2014, Ed.)
- NTP 400.021. (2013). Agregados. Metodo de ensayo normalizado para la densidad relativa (peso especifico) y absorcion del agregado grueso. (I. 2018, Ed.)
- NTP 400.022. (2013). Agregados. Metodo de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso especifico) y absorcion del agregado fino. (I. 2013, Ed.)
- NTP 400.037. (2018). Agregados para concreto. Requisitos. (I. 2018, Ed.)
- NTP 400.053. (1999). *Manejo de residuos de la actividad de la construccion. Reciclaje de concreto de demolicion*. Lima, Peru: INDECOPI.
- Quiroz, V., & Salamanca, L. (2006). *Tecnologia del Hormigon*. Cochabamba.
- Ramos Chagoya, E. (2018). *Metodos y tecnicas de investigacion*. Retrieved from <https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion/>
- Remolina Duran, J. G. (2018). Determinación de parámetros físico-mecánicos y de durabilidad en concreto reciclado con residuos de construcción y demolición (RCD). (*Tesis de grado, Universidad de la Costa*). Barranquilla, Colombia.

- Rengifo Candela, M. D. (2017). Influencia de la calidad de concreto reciclado, en la resistencia de un pavimento rígido, Jr. Sargenteo Lores, distrito Morales-san martin-2017. (*Tesis de grado*), Universidad Cesar Vallejo. San martin, Peru.
- Rivva Lopez, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima, Peru: ACI-Peru.
- Sanchez De Guzman, D. (1993). *Tecnología del concreto y del mortero* (3ra edición). Bogota: Bhandar editores.
- SEDAPAL. (2015). *Especificaciones técnicas para la ejecución de obras* . Lima.
- Tarazona Beraun , K. D. (2019). Aprovechamiento del concreto reciclado proveniente de los residuos de demolición de pavimentos rígido en la producción de concreto nuevo en la ciudad de huanuco-2018. (*Tesis de Grado*), Univeridad Nacional Hermilio Valdizan. Huanuco, Peru.
- Torre, A. (2004). *Curso basico de tecnologia del concreto*. Lima.
- Vega Bazan Anicama, N. P. (2018). Agregado de concreto reciclado, su influencia en las propiedades mecánicas de concreto 210,280 y 350 Kg/cm², Lima-2018. (*Tesis de grado*), Universiada Cesar Vallejo. Lima, Peru.
- Vera Mosos , J. F., & Cuenca Prada, C. A. (2016). Diagnóstico para la elaboración de concreto a partir de la utilización de concreto reciclado. (*Tesis de grado*), Universidad piloto de Colombia selecciona alto magdalena. Giradot, Colombia.