



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y
AGRIMENSURA



INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE AGREGADO RECICLADO
EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DEL
CONCRETO PERMEABLE EN LA CIUDAD DE PUNO

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. MARILUZ ALEJO CALLE

Bach. MIRIAM PILAR QUISPE MOROCCO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR

PUNO – PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE AGREGADO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DEL CONCRETO

AUTOR

MARILUZ ALEJO CALLE, MIRIAM PILAR QUISPE MOROCCO

RECuento de palabras

19945 Words

RECuento de caracteres

95458 Characters

RECuento de páginas

122 Pages

Tamaño del archivo

4.7MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 18, 2024 2:13 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 18, 2024 2:14 PM GMT-5

● 19% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 22 palabras)
- Material citado

Dr. Luis Alberto Mamani Huancu.
Subdirector de Coordinación de Investigación Científica, EPIA.

Dr. Jorge Luis Alorta V.
Director de tesis

Resumen



DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se los dedico en especial para mis padres Juan Alejo y Angélica Calle que me brindaron el apoyo constante para ser un profesional que preste servicio a la sociedad como Ingeniero Topógrafo y Agrimensor.

Así mismo dedico a mi esposo Alex Willy y mis hijas Loreley Daniela y Crisley Valeria (†), quien me motiva día a día a cumplir con mis objetivos brindándome amor y comprensión en cada momento.

Mariluz



DEDICATORIA

La concepción de este proyecto está dedicada a mi madre Delia Modesta (†), quien siempre me apoyo incondicionalmente durante mis años de estudio y que ahora desde el cielo me bendice y me protege; a mis hermanos que aún están formándose como profesionales y a mi padre

Miriam Pilar



AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno por haberme permitido estudiar y culminar mis estudios de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, para ser un profesional al servicio de la sociedad.

Así mismo el agradecimiento para mi Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura y a todos los docentes que compartieron sus conocimientos y experiencias.

Mariluz Alejo Calle



AGRADECIMIENTOS

A nuestra Universidad Nacional del Altiplano de Puno, a la Escuela Profesional de Topográfica y Agrimensura. A nuestro director de tesis Dr. Jorge Luis Aroste Villa. A los Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura por compartir sus conocimientos en todo momento.

Miriam Pilar Quispe Morocco



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 16

ABSTRACT..... 17

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 18

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... 19

1.2.1 Problema general..... 19

1.2.2 Problema específico 19

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 19

1.4 OBJETIVOS..... 19

1.4.1 Objetivo general 19

1.4.2 Objetivos específicos..... 20

1.5 HIPÓTESIS 20



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	MARCO TEÓRICO	21
2.1.1	Permeabilidad.....	21
2.1.2	Concreto permeable.....	21
2.1.3	Cemento	23
2.1.4	Agregados.....	24
2.1.5	Agregados finos.....	24
2.1.6	Agregado grueso	25
2.1.7	Agua	27
2.1.8	Diseño de mezcla concreto permeable	30
2.2	ANTECEDENTES	34
2.2.1	Internacionales	34
2.2.2	Nacional	35

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	LUGAR DE ESTUDIO	38
3.2	POBLACIÓN	38
3.3	MUESTRA	38
3.4	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	39
3.4.1	Tipo de investigación	39
3.1.1	Diseño de investigación	39



3.1.2	Nivel de estudio.....	40
3.5	VARIABLES.....	40
3.5.1	Variable Dependiente.....	40
3.5.2	Variable Independiente	40
3.6	MÉTODOS.....	40
3.6.1	Métodos de ensayos	40
3.6.2	Métodos estadísticos	42
3.7	MATERIALES.....	45
3.8	EQUIPOS.....	46

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	RESULTADOS.....	48
4.1.1	Características Físicas del agregado.....	48
4.1.2	Diseño de mezcla	52
4.1.3	Permeabilidad del Concreto	72
4.1.4	Prueba de Resistencia a la compresión	76
4.2	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	78
4.2.1	Prueba de homogeneidad de los datos.....	79
4.2.2	Determinación del coeficiente de variación	79
4.2.3	Análisis estadístico de ANOVA multivariable	81
4.2.4	Discusión.....	85
4.2.5	Prueba de homogeneidad de los datos.....	85



4.2.6	Determinación del coeficiente de variabilidad.....	86
4.2.7	Análisis estadístico de ANOVA multivariable	88
4.2.8	Discusión.....	91
V.	CONCLUSIONES.....	92
VI.	RECOMENDACIONES	93
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA	94
ANEXOS.....		99

ÁREA: Ingeniería de la construcción

TEMA: Topografía

Fecha de sustentación: 29 de enero del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Limites granulométricos del Agregado fino.....	25
Tabla 2	Granulometría del Agregado grueso NTP 400.037.....	27
Tabla 3	Contenido máximo de iones cloruro para la protección contra la corrosión del refuerzo.....	28
Tabla 4	Límites del agua de mezcla	29
Tabla 5	Cantidad de diseño de mezclas con % de AGR según TMN.....	38
Tabla 6	Cantidad de muestras por diseño de mezclas con % de AGR según TMN....	39
Tabla 7	Precisión.....	43
Tabla 8	Tabla de ANOVA de un Cuadro Latino.....	44
Tabla 9	Agregado grueso según ACI 211-3 R-2.....	45
Tabla 10	Porcentaje de humedad en el agregado	48
Tabla 11	Peso Específico y absorción de los agregados gruesos.....	50
Tabla 12	Peso Específico y absorción del agregado fino natural.....	50
Tabla 13	Resultados del promedio de Peso unitario suelto y compactado.....	51
Tabla 14	Resultados del promedio de % de vacíos suelto y compactado	51
Tabla 15	Características físicas de los agregados.....	53
Tabla 16	Valores efectivos de b/bo	59
Tabla 17	Volumen y pesos de los agregados	60
Tabla 18	Diseño del concreto permeable con AGR N° 8 y AFN húmedos	62



Tabla 19	Diseño del concreto permeable con AGN N° 8 y AFN húmedos	62
Tabla 20	Resumen de diseño de mezcla para AGR	63
Tabla 21	Características físicas de los agregados.....	64
Tabla 22	Valores efectivos de b/bo	68
Tabla 23	Volumen y pesos de los agregados	69
Tabla 24	Diseño del concreto permeable con AGR N° 67 y AFN húmedos	70
Tabla 25	Diseño del concreto permeable con AGN N° 8 y AFN húmedos	71
Tabla 26	Resumen de diseño de mezcla para AGR TMN N° 67	71
Tabla 27	Propiedades del agua.....	75
Tabla 28	Permeabilidad del concreto	76
Tabla 29	Resistencia a la compresión de los concretos permeables	78
Tabla 30	Determinación de la desviación Estándar	80
Tabla 31	Resumen del coeficiente de variación de permeabilidad	80
Tabla 32	Análisis de Varianza para permeabilidad.....	82
Tabla 33	Pruebas de Múltiple Rangos Duncan al 95% para permeabilidad por TMN .	83
Tabla 34	Pruebas de Múltiple Rangos Duncan al 95% para permeabilidad por %AGR	84
Tabla 35	Coeficiente de variación para especímenes de concretos.....	86
Tabla 36	Resumen de coeficiente de variación en la resistencia del concreto	87
Tabla 37	Análisis de Varianza para resistencia a la compresión.....	88
Tabla 38	Pruebas de Múltiple Rangos Duncan al 95% para permeabilidad por TMN .	89



Tabla 39 Pruebas de Múltiple Rangos Duncan al 95% para resistencia por %AGR 90



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Porcentaje de vacíos	31
Figura 2	Resistencia a la compresión vs contenido de vacíos	32
Figura 3	Contenido de pasta	34
Figura 4	Porcentaje de humedad de los agregados	49
Figura 5	Diagrama de diseño de mezcla del concreto permeable.....	52
Figura 6	Porcentaje de vacíos VS filtración	54
Figura 7	Relación entre el contenido de vacíos y la resistencia a la compresión	55
Figura 8	Relación del % de vacíos y contenido de pasta.....	56
Figura 9	Porcentajes de vacíos VS filtración.....	65
Figura 10	Relación entre el contenido de vacíos y la resistencia a la compresión	66
Figura 11	Relación del % de vacíos y contenido de pasta.....	66
Figura 12	Interacciones entre la permeabilidad, TMN del AGR y % AGR	85
Figura 13	Interacciones entre la permeabilidad, TMN del AGR y % AGR	91



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ACI	: American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto)
ACR	: Agregado de Concreto Reciclado
AFN	: Agregado Fino Natural
AGN	: Agregado Grueso Natural
AGR	: Agregado Grueso reciclado
ANOVA	: Análisis de Varianza
ASTM	: American Society for Testing and Materials (Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales)
DCD	: Desperdicio De Construcción y Demolición
DIRESA	: Dirección Regional de Salud
E.060	: Norma técnica de Edificación, Concreto Armado
IP	: Cemento tipo I, Puzolánico
MVCS	: Ministerio de vivienda, Construcciones y Saneamiento
NTP	: Norma Técnica Peruana
PRONIED	: Programa Nacional de infraestructura Educativa
PU	: Peso Unitario
PVSC	: Peso Volumétrico Seco Compactado
PVSS	: Peso Volumétrico Seco Suelto
TMN	: Tamaño Máximo Nominal



RESUMEN

La presente investigación titulada “Influencia del porcentaje de agregado reciclado en el comportamiento físico - mecánico del concreto permeable en la ciudad de Puno”, se realizó en el laboratorio de materiales y Ensayos de la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, tuvo como objetivo general determinar la influencia del porcentaje de agregado reciclado en el comportamiento físico – mecánico de concreto permeable, realizando ocho diseños de mezclas de concreto permeable con porcentajes de 100%, 75%, 50% y 25% de agregado grueso reciclado del N° 8 y N° 67 y dos diseños patrón, utilizándose el procedimiento de la norma ACI 522R-10. Las muestras de investigación consistieron en 30 especímenes en la determinación del coeficiente de permeabilidad y la resistencia a la compresión. Se utilizaron la NTP 400.012 de Análisis granulométrico del agregado fino y grueso, NTP 400.017, para el peso Unitario, NTP.400.021 para el peso específico y absorción del agregado grueso, NTP.400.022 de Peso específico y absorción del agregado fino, NTP 339.185 contenido de humedad total, y la NTP 339.034, resistencia a la compresión del concreto. La investigación concluyo que el coeficiente de permeabilidad del AGR de TMN de N° 8 son en promedio de 1.084 cm/s y del AGR de TMN de N° 67 son en promedio de 2.458 cm/s, concluyéndose que el AGR de TMN del N° 67 influye de forma positiva en la permeabilidad del concreto y se pude obtener mayores permeabilidades conforme se aumenta el porcentaje de AGR en el concreto. Según el análisis ANOVA el TMN del AGR tienen mayor influencia en la permeabilidad del concreto con un valor de Razón-F de 15,548.47, en comparación con el porcentaje de AGR que tiene un valor de Razón-F de 413.89.

Palabras clave: Agregados reciclados, diseño de mezcla, Concreto permeable, permeabilidad, resistencia.



ABSTRACT

The thesis "influence of the percentage of recycled aggregate on the physical - mechanical behavior of permeable concrete in the city of Puno", was carried out in the materials and testing laboratory of the Professional School of Topographical Engineering and Surveying, whose general objective was to determine how the percentage of recycled aggregate influences the physical - mechanical behavior of permeable concrete, making eight designs of permeable concrete mixtures with percentages of 100%, 75%, 50% and 25% of recycled coarse aggregate of No. 8 and No. 67 and two standard designs, using the procedure of the ACI 522R-10 standard. The research samples consisted of 30 specimens in the determination of the permeability coefficient and the compressive strength. NTP 400.012 for granulometric analysis of fine and coarse aggregate, NTP 400.017 for unit weight, NTP.400.021 for specific weight and absorption of coarse aggregate, NTP.400.022 for specific weight and absorption of fine aggregate, NTP 339.185 content of total humidity, and NTP 339.034 compressive strength of concrete. The investigation concluded that the permeability coefficient of the AGR of TMN of No. 8 is on average 1,084 cm/s and of the AGR of TMN of No. 67 is on average 2,458 cm/s, concluding that the AGR of TMN of No. 67 has a positive influence in the permeability of the concrete and greater permeabilities can be obtained as the percentage of AGR in the concrete increases. According to the ANOVA analysis, the TMN of the AGR has a greater influence on the permeability of the concrete with an F-Ratio value of 15,548.47, compared to the percentage of AGR that has an F-Ratio value of 413.89.

Keywords: Recycled aggregates, mix design, Pervious concrete, permeability, resistance.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial las actividades constructivas como la renovación, reparación, y construcción de nuevas estructuras de obras civiles actualmente están generando muchos desperdicios, desmontes y residuos de construcción, especialmente en la ciudad de Puno, que actualmente se están realizando reparación de vías y pavimentos antiguos, extrayendo enormes bloques de pavimentos, que son eliminados y evacuados a botaderos clandestinos ubicados a orillas del Lago Titicaca, generando contaminación e impactos ambientales irreversibles, ya que estos bloques de concreto presentan tiempos de degradación de cientos de años se vuelven contaminantes de años en degradarse.

En el campo de las ingenierías es un problema la disposición final de estos residuos de la construcción debida que no existen o no se tienen botaderos certificados para la disposición de los residuos sólidos de construcción, haciendo que las obras inviertan muchos dineros y por consiguiente se incremente el costo de la edificación.

Actualmente se vienen utilizando estos desechos en la elaboración de agregados reciclados y su uso en nuevos concretos, utilizados en elementos no estructurales como veredas, sardineles, etc.

Con el fin de seguir investigando la utilización de los agregados reciclados se ha determinado si se podría utilizar como agregado en los concretos permeables para pavimentos, pero cuál sería su comportamiento físico y mecánico del concreto permeable con la utilización del agregado reciclado, por lo que se generan las siguientes preguntas,



1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2.1 Problema general

¿Cómo influye el porcentaje de agregado reciclado en el comportamiento físico mecánico del concreto permeable en la ciudad de Puno?

1.2.2 Problema específico

¿Cuánto será el coeficiente de permeabilidad del concreto permeable elaborados con agregado grueso reciclado en porcentajes de 25%, 50%, 75% y 100%?

¿Cuánto será la resistencia a la compresión del concreto permeable elaborados con agregado grueso reciclado en porcentajes de 25%, 50%, 75% y 100%?

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Una solución de disminuir el volumen de desechos es la utilización de estos residuos nuevamente en la construcción, y como alternativa es convertir estos bloques de concreto en agregados reciclados y utilizarlos en la preparación de nuevos concretos, por ello es que se quiere investigar sobre la influencia del agregado grueso reciclado en los concretos permeables.

Igualmente, la presente investigación se justifica como propuestas y alternativas de disposición final de los desechos de residuos de construcción y la posible minimización de los impactos ambientales que se están presentando a orillas del Lago Titicaca.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Determinar la influencia del porcentaje de agregado reciclado en el comportamiento físico – mecánico del concreto permeable en la ciudad de Puno.



1.4.2 Objetivos específicos

Determinar el coeficiente de permeabilidad del concreto permeable elaborados con agregado grueso reciclado en porcentajes de 25%, 50%, 75% y 100%.

Determinar la resistencia a la compresión del concreto permeable elaborados con agregado grueso reciclado en porcentajes de 25%, 50%, 75% y 100%.

1.5 HIPÓTESIS

El porcentaje de agregado reciclado influye significativamente en el comportamiento físico mecánico del concreto permeable en la ciudad de Puno.

1.5.1 Hipótesis específicas

El agregado grueso reciclado en porcentajes de 25%, 50%, 75% y 100% incrementa el coeficiente de permeabilidad del concreto permeable.

El agregado grueso reciclado en porcentajes de 25%, 50%, 75% y 100%.
Disminuye la resistencia a la compresión del concreto permeable.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Permeabilidad

La NTP 339.147, (2000) menciona que la permeabilidad es la capacidad de un material para que el agua atraviese por el sin cambiar su estructura interna.

2.1.2 Concreto permeable

Según ACI 522R, (2010) menciona que el concreto permeable es un tipo especial de concreto de alta porosidad ya que tiene muchos poros interconectados. En general, este sistema poroso se compone de cemento, agregado grueso y agua con poca o ninguna cantidad de agregado fino, destacando que el concreto tenga suficiente pasta para cubrir las partículas de agregado grueso, manteniendo así la cohesión del concreto. Los vacíos pueden ser del 18 al 35 % con tensiones de compresión típicas de 400 a 4000 psi. (2.8 a 28 MPa).

Según Gamarra (2019), el concreto permeable, conocido como concreto poroso, es de granulometría discontinua y de alta porosidad, que contiene: cemento, agregado grueso, agregado fino, aditivos y agua. Aquellos materiales permiten tener un material resistente con aberturas de 2 y 8 mm, pudiendo el agua infiltrarse fácilmente en él. Una de sus características principales se atribuye a su contenido de vacíos.

ACI-UNISON, (2021) menciona que el concreto permeable es un concreto hidráulico que, por sus propiedades físicas como densidad, composición, tiempo de fraguado y endurecimiento, son muy diferentes con el concreto ordinario y tiene suficientes poros interconectados que permiten el paso del agua. Este tipo de concreto también deja pasar el aire con facilidad, lo que lo hace acústico, lo que a



su vez deja pasar otros materiales como aceites y residuos, ayudando al medio ambiente.

2.1.2.1 Ventajas

ACI 522R (2010), menciona que las ventajas del concreto permeable es:

- Ayuda a eliminar el agua de lluvia y puede usarse como filtro para reducir los contaminantes en el agua antes del riego o tratamiento para otras actividades.
- Beneficia al medio ambiente al favorecer el ciclo hidrológico del agua.
- Contribuir a la recuperación de las aguas subterráneas y permitir que el aire y el agua lleguen a las raíces.
- Ayuda a prevenir el deslizamiento inducido por el agua en los pavimentos al reducir el ruido de contacto entre los neumáticos y el pavimento al eliminar el brillo o el deslumbramiento del pavimento mojado.

2.1.2.2 Desventajas

ACI 522R, (2010), indica que la desventaja del concreto poroso es cuando se utiliza como capa, su uso se limita únicamente al tráfico ligero, ya que requiere un mayor tiempo de curado y técnicas constructivas especiales. Esto se debe a que, si se construye en un lote amplio o en un clima donde se producen heladas y deshielos, causará problemas con el flujo de la mezcla.



2.1.3 Cemento

Según la Norma ASTM C 150 (2007), el cemento Portland es un producto de la molienda del clinker, que se compone principalmente de silicato de calcio hidráulico, luego pasa por un proceso de calcinación con la adición de agua y sulfato de calcio (yeso). Según sus características se divide en cinco tipos diferentes:

- Tipo I: Para usar cuando no se requieran las propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.
- Tipo IA: Cemento incorporador de aire para los mismos usos que el Tipo I, donde se desea incorporación de aire.
- Tipo II: Para uso general, más específicamente cuando se desea resistencia moderada a los sulfatos o calor de hidratación moderado.
- Tipo IIA: Cemento incorporador de aire para los mismos usos que el Tipo II, donde se desea incorporación de aire.
- Tipo III: Para usar cuando se desea alta resistencia temprana.
- Tipo IIIA: Cemento incorporador de aire para los mismos usos que el Tipo III, donde se desea incorporación de aire.
- Tipo IV: Para usar cuando se desea bajo calor de hidratación.
- Tipo V: Para usar cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

Según el RNE.060 (2020), el cemento es el material recién molido que forma una cantidad de aglutinante con la adición de una adecuada cantidad de agua, formando una pasta aglutinante que puede endurecerse bajo el agua o al aire. No se incluyen cales hidráulicas o cales aéreas.

Según Rivva (2000), los tipos de concretos en el Perú son los siguientes:



- Tipo I: De uso general, sin requisitos de desempeño específicos.
- Tipo II: resistencia moderada a los sulfatos y calor de hidratación moderado. Especialmente indicado para su uso en ambientes corrosivos y/o estructuras con grandes cavidades.
- Tipo III: rápido desarrollo de resistencia, alto calor de hidratación. Es especialmente adecuado para climas fríos.
- Tipo IV: bajo calor de hidratación, recomendado para grandes cantidades.
- Tipo V: recomendado para ambientes agresivos por su alta resistencia a los sulfatos.

2.1.4 Agregados

La NTP 400.011 (2008) menciona que los agregados son un conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por esta NTP. Se les llama también áridos.

2.1.5 Agregados finos

Rodriguez (2019) menciona que el agregado fino se conoce como arena o roca finamente triturada que se pasa a través de un tamiz de 3/8 de pulgada (9,51 mm) y se mantiene retenida en la malla N° 200 (0,074 mm), esta está especificada en la norma para Agregados de Concreto NTP 400.037. La arena se obtiene de forma natural, a través de descomposición de las piedras o por influencia de factores naturales, acumulándose a algunos lugares, como los bancos de arena.

2.1.5.1 Requisitos del Agregado fino

Los límites granulométricos del agregado fino están establecidos en la NTP 400.037 (2001), tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Limites granulométricos del Agregado fino

Tamiz	% que pasa
9,5 mm (3,8")	100
4,75 mm (N° 4)	95 a 100
2,36 mm (N° 8)	80 a 100
1,18 mm (N° 16)	50 a 85
600 μm (N ° 30)	25 a 60
300 μm (N ° 50)	05 a 30
150 μm (N ° 100)	0 a 10

Nota : (NTP 400.037, 2001)

1. Se permite el uso de materiales que no se ajusten a la clasificación especificada en la norma, siempre que se hayan realizado pruebas satisfactorias y que garantice que el material produce concreto de la calidad requerida.
2. Los concretos con contenido de finos cercanos a 300 μm (N° 50) y 150 μm (N° 100), puede que presenten dificultades de trabajabilidad, bombeabilidad o segregado excesivo causado por finos o impurezas.

2.1.6 Agregado grueso

El agregado grueso Según Rivva (2000), se trata de partículas de agregado mayores a 4.75 mm (No. 4) y el tamaño máximo utilizado dependerá de la calidad del agregado producido en la región y cumplir con los límites establecidos por la Norma NTP 400.037, (2001). Puede estar hecho de grava, piedra triturada, agregado metálico natural o artificial, concreto reciclado o una combinación de



ellos. Además, los concretos expuestos a la humedad no deben contener áridos reactivos, ya que estos pueden provocar la expansión del concreto.

De lo contrario, para el concreto poroso se utiliza un agregado grueso de $\frac{3}{4}$ " a $3/8$ ", utilizando agregados redondeados y triturados, ya sean convencionales o ligeros. El agregado utilizado debe cumplir con los requisitos de ASTM D 448 y C 33, y su superficie debe estar libre de protuberancias, como polvo o arcilla, u otros químicos absorbidos, ya que esto puede afectar negativamente la adhesión o unión entre ellos, y la hidratación del cemento (ACI 522R, 2010).

2.1.6.1 Requisitos del Agregado grueso

La NTP 400.037 (2001), menciona que la granulometría del agregado grueso deberá de cumplir con la siguiente gradación según la Tabla 2.

Tabla 2

Granulometría del Agregado grueso NTP 400.037

N° AS TM	TAMA ÑO NOMI NAL	% QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25 mm	19 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,7 5m	2,36 mm	,18 mm
		4"	3.5"	3"	2.5"	2"	1.5"	1"	¾"	½"	3/8"	N°4	N°8	°16
1	31/2"		90		25		0		0					
	a	100	a		a		a		a					
2	11/2"		100		60		15		5					
	21/2"			100	90	35	0		0					
3	a				a	a	a		a					
	11/2"				100	70	15		5					
357	2"					90	35	0		0				
	a				100	a	a	a	a					
4	1"					100	70	15		5				
	2"					95		35		10		0		
467	a				100	a		a		a		a		
	N°4					100		70		30		5		
5	11/2"						90	20	0		0			
	a					100	a	a	a		a			
56	¾"						100	55	15		5			
	11/2"						95		35		10	0		
57	a				100		a		a		a	a		
	N°4						100		70		30	5		
6	1"							90	20	0	0			
	a						100	a	a	a	a			
67	½"							100	55	10	5			
	¾"							90		20	0	0		
7	a							100		a	a	a	a	
	N°4									100	70	15	5	
9	¾"									90	40	0	0	
	a									a	a	a	a	
9	3/8"									100		85	10	0
	N°8										100	30	10	5

Nota: (NTP 400.037, 2001)

2.1.7 Agua

La RNE.060, (2020) menciona que el agua utilizada para la producción y curado del concreto idealmente debe ser potable. Sólo se podrá utilizar agua no potable si:

(a) Están limpios y no contienen cantidades nocivas de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan resultar nocivas para el hormigón, las armaduras o los elementos empotrados.

(b) La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basa en pruebas que utilizan agua de una fuente seleccionada.

(c) La resistencia de los cubos de mortero destinados a ensayos con agua no potable deberá ser al menos del 90% de la resistencia de las correspondientes muestras preparadas con agua potable los días 7 y 28. Los ensayos de durabilidad se compararán con morteros idénticos, excepto agua de amasado, preparados y ensayados de acuerdo con la NTP 334.051.

Para estimar la concentración total de sustancias nocivas, es necesario añadir a las sales de las cargas y/o aditivos u otras sustancias nocivas que pueda aportar el agua de amasado. La suma de las concentraciones de iones cloruro en el agua y otros componentes de la mezcla (reellenos y aditivos) no debe exceder los valores indicados en la Tabla 3.

Tabla 3

Contenido máximo de iones cloruro para la protección contra la corrosión del refuerzo

Tipo de elemento	Contenido máximo de iones de cloruro solubles en agua en el concreto (porcentaje en peso del cemento)
– Concreto presforzado	0,06
– Concreto armado que en servicio estará expuesto a cloruros	0,15
– Concreto armado que en servicio estará seco o protegido contra la humedad	1,00
– Otras construcciones de concreto armado	0,30

Nota: (RNE.060, 2020).

El RNE.060, (2020) menciona que el agua de mar solo se puede utilizar en la fabricación de productos especiales si tiene el permiso del ingeniero y supervisor del proyecto. No se utiliza en los siguientes casos:

- Acero y hormigón pretensado.
- Hormigón con resistencia superior a 17 MPa a los 28 días.
- Hormigón con elementos empotrados de hierro galvanizado o aluminio.
- Hormigones con tratamiento superficial importante.

Si la fuente de agua no es potable se debe de realizar la verificación según los parámetros de la tabla 4.

Tabla 4

Límites del agua de mezcla

Descripción	Límite	Método de ensayo
Concentración máxima en el agua de mezcla combinada, ppm ^A		
Cloruro como Cl, ppm	500 ^B	NTP 339.076
En concreto pretensado, tableros de puentes, o designados de otra manera.	1000 ^B	NTP 339.076
Otros concretos reforzados en ambientes húmedos o que contengan aluminio embebido o metales diversos o con formas metálicas galvanizadas permanentes.	3000	NTP 339.074
Sulfatos como SO ₄ , ppm	600	ASTM C 114
Álcalis como (Na ₂ O + 0.658 K ₂ O), ppm	50000	ASTM C 1603
Sólidos totales por masa, ppm		

A ppm es la abreviación de partes por millón

B Cuando el productor puede demostrar que estos límites para el agua de mezcla pueden ser excedidos, los requerimientos para el concreto del código ACI 318 regirán. Para condiciones que permiten utilizar cloruro de calcio (CaCl₂), como aditivo acelerador, se permitirá que el comprador pueda prescindir de la limitación del cloruro.

Nota NTP 339.088, (2006).



2.1.8 Diseño de mezcla concreto permeable

Según Pereyra (2023), el diseño de mezclas para concreto permeables es similar al diseño de concreto estandarizado por el método ACI, ya que ambos utilizan tablas derivadas empíricamente de otras pruebas de investigación, pero la diferencia radica en su alcance, ya que ambos son diseños completamente diferentes. El diseño de mezcla de concreto considera los procedimientos de diseño proporcionados por ACI 211.3R, "Pautas para la selección de mezclas de concreto sin asentamiento" y ACI 522R-10, "Informes preliminares de concreto", que destaca los métodos de diseño, las consideraciones y las tablas empíricas necesarias para proporcionar materiales para el diseño concreto.

2.1.8.1 Datos necesarios para el diseño de mezcla

Según Pereyra (2023), la norma ACI 522R, (2010), establece los procedimientos para el diseño de mezcla del concreto permeable cuyos datos necesarios para el diseño son los siguientes:

- % de Filtración del concreto permeable
- Valor de resistencia a la compresión
- Tipo de compactación del concreto
- Relación agua/cemento
- Elección de volumen de vacíos
- Determinación del volumen de pasta
- Determinación del porcentaje de agregado
- Diseño por el volumen absoluto
- Corrección por humedad
- Diseño de proporciones de materiales húmedos

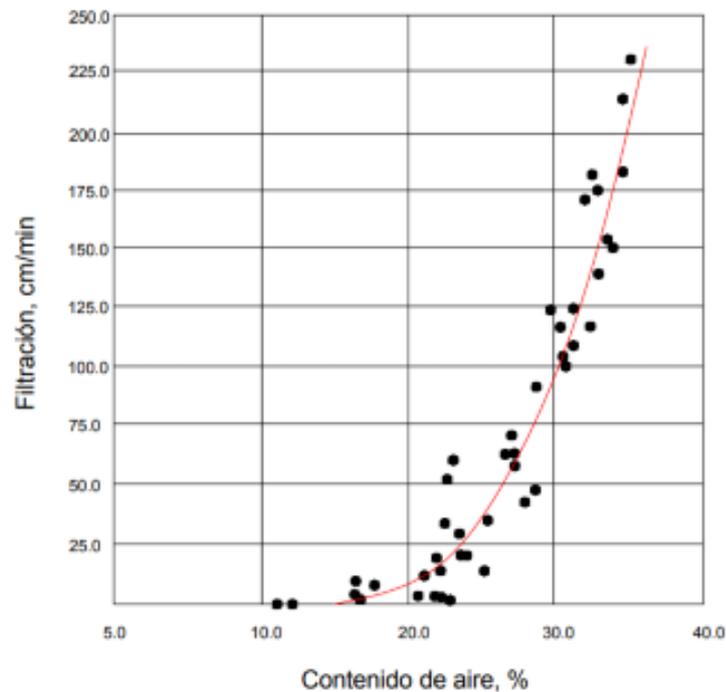
2.1.8.2 Procedimientos para el diseño de mezclas

- Porcentaje de vacíos

Según ACI 522R (2010), para garantizar que el agua se filtre a través de concreto permeable, el porcentaje huecos, calculados como porcentaje de aire por el método gravimétrico (ASTM C 138), debe ser de 15 % o superior, como se muestra en la figura 1. Cuantos mayores sean los huecos por ciento, la mayor será el caudal de percolación y menor la resistencia a la compresión. También, la resistencia a la compresión aumenta a medida que el nominal máximo tamaño de los agregados disminuye.

Figura 1

Porcentaje de vacíos



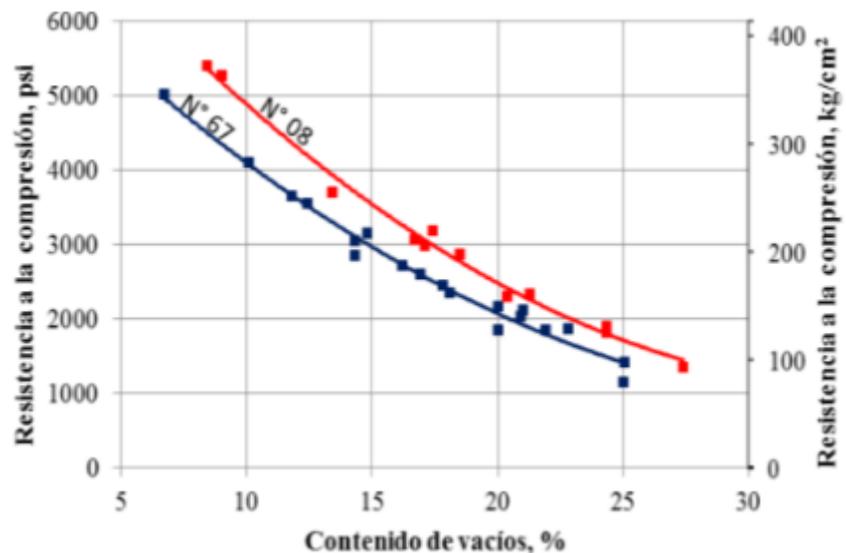
Nota: (Pereyra, 2023)

- Valor de resistencia a la compresión

La ACI 522R, (2010), menciona que una vez elegido el porcentaje de vacíos esta se puede relacionar con la resistencia del concreto, aplicando la tabla, la misma que relaciona el tamaño del agregado grueso N° 8 y N° 67 correspondientes a un tamaño de 3/8” y 3/4” respectivamente.

Figura 2

Resistencia a la compresión vs contenido de vacíos



Nota: (Pereyra, 2023), adaptado del ACI 522R, (2010)

Según Pereyra (2023), menciona que también es importante aclarar que estas resistencias no se ven afectadas por el contenido de huecos, porque si miramos Figura 2, con un porcentaje menor de huecos, ambos tipos de agregados tendrán mejores resistencias y por lo tanto son factores muy importantes, y lo que defina la resistencia a la compresión es la relación agua/cemento.



- **Relación agua/cemento**

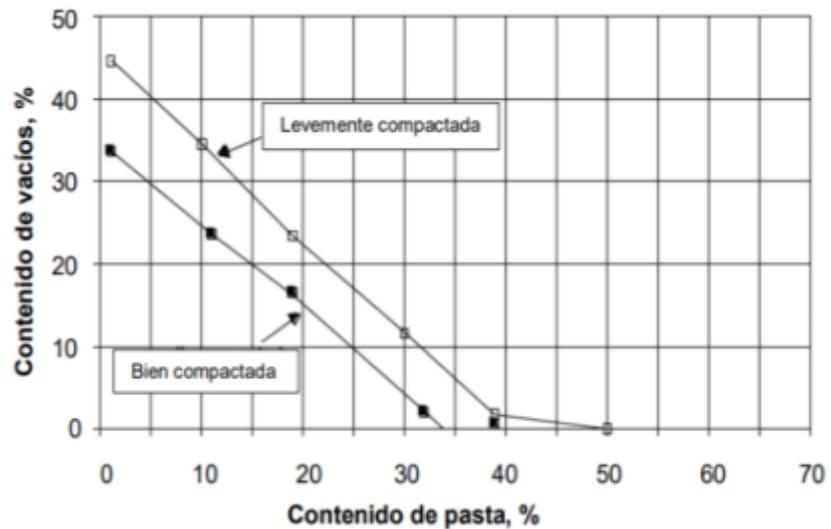
Según ACI 522R (2010) , la relación agua/cemento (a/c) es una consideración importante para mantener la fuerza y la estructura de vacío del concreto . A altas relaciones a/c reduce la adhesión de la pasta al agregado y causa que la pasta fluya y llene los vacíos, incluso cuando se compacta de manera ligera. A bajas relaciones a/c tenderán a causar brumos en el mezclador y prevenir una distribución uniforme de los materiales. La experiencia ha demostrado un rango de 0,35 - 0,45 de relación a/c , la misma que proporcionará el mejor recubrimiento agregado y pegue de las mismas. Los valores más altos de a/c sólo deben ser utilizados si el concreto está ligeramente apisonado o compactado. La a/c frente a la relación resistencia a la compresión normalmente se utiliza con el concreto convencional, mas no se aplica a concreto permeable.

- **Determinación del volumen de pasta**

Según ACI 522R (2010), menciona que partiendo del porcentaje de vacíos elegido, se puede obtener el porcentaje de volumen de pasta en el diseño de la mezcla de un concreto permeable, utilizando la figura 3, la que muestra la relación entre el contenido de vacíos (%) y el contenido de pasta (%) para concretos permeables.

Figura 3

Contenido de pasta



Nota: (Pereyra, 2023), adaptado del ACI 522R, (2010)

2.2 ANTECEDENTES

2.2.1 Internacionales

Gallo & Posada (2017), mencionan que las características físicas y mecánicas del árido de concreto reciclado le permiten comportarse bien al no verse afectados por los procesos de trituración y separación. La resistencia a la compresión del concreto permeable elaborados es de 10,06 MPa (50% material reciclado) y 16,41 MPa (25% material reciclado), que son valores bajos en comparación con la resistencia (10,98 MPa) del concreto compuesto por áridos naturales. Esto se debe a la presencia de lechada en la superficie del árido reciclado. Se utilizó ASTM No.6 para el diseño de la mezcla. Las mediciones del tamaño de las partículas se realizaron de acuerdo con esta norma y se informaron tamaños de agregados grandes (tamaño máximo de 1 pulgada). Este tamaño crea una separación significativa entre las partículas, lo que resulta en una reducción del 26% en la resistencia mecánica del hormigón. La mezcla en la que se



reemplazó el 50% del árido natural por árido reciclado presentó el mejor comportamiento en el ensayo de permeabilidad, con un elevado número de huecos entre el árido reciclado y una conductividad hidráulica de 3,76 mm/s, en comparación con la mezcla al 75%-25%, la penetración es de 1,96 mm/s y el tiempo es de 1:04,86 min 33,84 s. La mezcla al 100% se completó en 1:48,15 minutos. a una velocidad de 1,18 mm/s.

Barreto & Cufiño (2014), mencionan que según el ensayo de permeabilidad del hormigón elaborados con AR, la relación agua-cemento tiene una gran influencia en la permeabilidad al agua, cuanto menor sea la relación agua-cemento, menor será la permeabilidad. Las muestras sin curar fueron más permeables que las muestras curadas debido a que la hidratación causada por el endurecimiento de las muestras durante el proceso de secado causó menos grietas en la estructura interna del concreto, lo que indica que las condiciones óptimas para reducir la permeabilidad al agua se dieron en el 30% AR. Las otras alternativas AR no tuvieron una reducción significativa en comparación con las probetas piloto, ya que la adición de microsílíce ayuda a ocupar los huecos existentes y así evitar una mayor ausencia de agua al concreto. No fue posible detectar una tendencia causada por la cantidad de AR utilizada como sustituto porque el comportamiento de los iones mostró una alta agresividad independientemente de las características del concreto, lo que llevó a resultados diferentes.

2.2.2 Nacional

Collantes & Eslava (2018), determinaron el efecto de reemplazar el agregado grueso natural del concreto por agregado reciclado grueso del concreto permeable, obteniendo que medida que aumenta la proporción de agregado



reciclado en el concreto, la trabajabilidad disminuye y el asentamiento máximo registrado fue de 6 2/3" usando 0% ARC; La resistencia a la compresión aumenta con la proporción de agregado de concreto reciclado, alcanzando un máximo de 238 kg/cm² a 40 % de dosis de ARC, y luego disminuye. Por otro lado, no hay un cambio constante en el desgaste, encontraron que la resistencia máxima al desgaste fue del 13.5% cuando utilizaron 45% de ARC, finalmente, la permeabilidad también aumenta con el aumento de la proporción de agregado reciclado, alcanzando un valor máximo de 2.88 mm/s cuando el contenido de ARC es del 45% para luego disminuir.

Guerrero & Ramírez (2020), mencionan que el diseño de mezcla de concreto permeable se puede realizar utilizando diferentes tipos de agregados y combinaciones porcentuales, encontrando que el 25% y 50% de los residuos de construcción y demolición pueden reemplazar el agregado natural de cantera diseñado para 280 kg/cm² y 210 kg/cm². El contenido de agua de los residuos de construcción aumenta, para un 75% de residuos de construcción y un 25% de áridos naturales. A la mezcla se le agregan 300 ml adicionales de agua y a los materiales se le agregan 200 ml de agua, determinando así que el impacto hídrico aumentará en un 5% por cada 25% de aumento en la cantidad de residuos de construcción y demolición respecto al diseño del Hormigón permeable tradicional. El hormigón compuesto 100% de árido natural a desarrollado una resistencia de $f'c = 284 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días, este valor se establece como parámetro de diseño a alcanzar en un diseño de combinación de 75% de árido natural más 25% de reciclado, alcanzando la carga de trabajo básica $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$. Aunque los resultados de los demás tratamientos fueron inferiores a los



resultados especificados, con valores de $f'c = 139 \text{ kg/cm}^2$ (100% RCD), $f'c = 170 \text{ kg/cm}^2$ (75% RCD más 25% AN) y $f'c = 241 \text{ kg/cm}^2$ (50% RCD más 50% AN).

Quispe (2021), menciona que la incorporación de áridos reciclados tiene un efecto positivo en las propiedades físicas y mecánicas del hormigón no estructural. En las pruebas de permeabilidad, el concreto con materiales reciclados tuvo mayor permeabilidad, así como propiedades de compresión y flexión que el concreto convencional. Se observó que estaban cerca de la resistencia de las muestras estándar.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE ESTUDIO

El lugar de estudio fue en la Universidad Nacional del Altiplano, ya que la investigación es experimental esta se realizó en el laboratorio de materiales y Ensayos de la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura.

3.2 POBLACIÓN

La investigación tuvo como población los 10 diseños de mezclas de concretos provenientes de la combinación de diferentes Tamaños del Agregado Grueso del N° 8 y N° 67 (N° ASTM), de la adición de diferentes porcentajes en 100%, 75%, 50%, 25% de AGR, y del diseño patrón con 100% AGN. En la Tabla 5 se muestran los diferentes diseños de mezclas elaborados en la investigación.

Tabla 5

Cantidad de diseño de mezclas con % de AGR según TMN

TMN (ASTM)	% de AGR y AGN				
	100% AGR +0% AGN	75% AGR +25% AGN	50% AGR +50% AGN	25% AGR +75% AGN	0% AGR +100% AGN
N° 8	1	1	1	1	1
N° 67	1	1	1	1	1
Sub total	2	2	2	2	2
Total	10				

3.3 MUESTRA

La investigación cuenta con 30 especímenes, 3 por cada diseño de mezcla muestreados de las mezclas de concretos elaborados de la adición de diferentes porcentajes en 100%, 75%, 50%, 25% de AGR y del diseño patrón con 100% AGN, tal como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6*Cantidad de muestras por diseño de mezclas con % de AGR según TMN*

TMN (ASTM)	% de AGR y AGN				
	100% AGR +0% AGN	75% AGR +25% AGN	50% AGR +50% AGN	25% AGR +75% AGN	0% AGR +100% AGN
N° 8	3	3	3	3	3
N° 67	3	3	3	3	3
Sub total	6	6	6	6	6
Total	30				

3.4 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.4.1 Tipo de investigación

La investigación se considera descriptiva, lo que requiere una comprensión y conocimiento previo del área en estudio para poder formular las preguntas específicas que busca responder. La investigación descriptiva puede hacer predicciones, aunque sean rudimentarias, y es un tipo de investigación que aprende sobre quién, dónde, por qué, cuándo y cómo del sujeto. Se utiliza para definir las características de ciertos grupos y calcular la proporción de personas con características específicas, en este caso intenta determinar el efecto de los residuos de construcción transformados en agregados reciclados en el comportamiento del concreto permeable.

3.1.1 Diseño de investigación

Según Ramos (2021), La investigación experimental se caracteriza por la manipulación deliberada de variables independientes y el análisis de sus efectos sobre las variables dependientes con uno o más grupos de intervención, grupos de control y dividiendo a los participantes en diferentes grupos, la misma que la Probabilidad es de forma aleatoria.

Muestra investigación es experimental, ya que se está manipulando una variable independiente que es el Agregado Grueso Natural (AGN) por el



Agregado Grueso Reciclado (AGR) de diferentes tamaños nominales según la ASTM, y se mide su efecto sobre la variable dependiente que es la resistencia a la compresión del concreto en kg/cm^2 .

3.1.2 Nivel de estudio

Debido a la naturaleza de este estudio, al ser unidimensional, se deben considerar factores presentes en su entorno. Estos factores a menudo se denominan caracterización porque están relacionados con la variable de interés y se obtienen de la población. El número de factores característicos depende de la experiencia del investigador y son enfoques empíricos.

Debido a que el nivel de investigación del estudio es descriptivo porque presenta una sola variable de investigación que es la permeabilidad influenciada por el agregado reciclado.

3.5 VARIABLES

3.5.1 Variable Dependiente

Permeabilidad del concreto cm/s

3.5.2 Variables Independiente

- Porcentajes de agregado grueso reciclado
- Agregado grueso natural

3.6 MÉTODOS

3.6.1 Métodos de ensayos

Los métodos utilizados en los análisis de los agregados tanto reciclado como naturales son los siguientes:

- **Análisis Granulométrico del agregado.**



La NTP 400.012 (2001) del AGREGADO. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global, en la que establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas.

- **Peso unitario y masa por unidad de volumen o densidad.**

La NTP 400.017 (2011), del AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“peso Unitario”) en condiciones suelto o compactado y calcula los vacíos entre las partículas en el agregado fino, grueso o en la mezcla de ambos, aplicándose esta norma solo a los agregados que no excedan los 125 mm como tamaño nominal máximo (TNM).

- **Peso específico y absorción del agregado grueso.**

La norma NTP.400.021 (2002), del AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para el peso específico y absorción del agregado grueso, donde se establece los procedimientos para determinar la densidad promedio del agregado grueso, no incluyendo los orificios entre las partículas, y la determinación de la absorción del agregado grueso.

- **Peso específico y absorción del agregado fino.**

La NTP.400.022 (2013), del AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (Peso específico) y absorción del agregado fino, tiene por objetivo el establecer los procedimientos para determinar la densidad promedio de partículas del agregado fino, no incluyendo los orificios entre partículas, y la determinación de la absorción del agregado fino.



- **Contenido de humedad en los agregados.**

La NTP 339.185 (2011), del AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado, donde se explica el método para determinar la cantidad de humedad que tienen los agregados finos y gruesos, aplicándose este método a la corrección de las proporciones de las tandas de los ingredientes para producir concreto.

- **Diseño de mezcla.**

Para le diseño de mezcla se utilizó el método del comité 211.1 del ACI .

- **Resistencia del concreto a compresión.**

La NTP 339.034 (2015) del HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas, establece el procedimiento para establecer y determinar la resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de concreto y extracciones diamantinas de concreto, limitándose su aplicación a concretos con masa unitaria mayor a 800 kg/m³.

3.6.2 Métodos estadísticos

- **Coefficiente de variación**

Según Trapero et al. (2010) El coeficiente de variación es una medida de dispersión relativa, definida como la relación entre la desviación estándar y la media, y se expresa normalmente en porcentaje y se calcula con la siguiente formula:

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \times 100 , \quad CV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$$

El CV es útil para conocer el éxito de un experimento y si resulta más elevado de lo esperado habría que buscar las causas para aumentar la precisión. Sin embargo, no es posible saber si un CV es muy grande o muy pequeño sin tener experiencia con datos similares. Como el CV es la razón de dos promedios que tienen la misma unidad de medida, es independiente de la unidad que se utilice, lo que lo hace útil para comparar distribuciones con unidades diferentes.

La NTP 339.034 (2015) menciona que el coeficiente de variación representa la variación esperada en las mediciones de resistencia para cilindros fabricados a partir de la misma muestra de concreto y probados en el laboratorio a la misma edad. Los valores de los coeficientes de variación de laboratorio para cilindros de 150 x 300 mm del año 2000 son para resistencias a la compresión de 15 MPa a 55 MPa y para cilindros de 100 mm x 200 mm para resistencias a la compresión de 17 MPa a 32 MPa.

La siguiente tabla muestra la repetibilidad de cilindros de prueba de 150 mm x 300 mm y 100 mm x 200 mm fabricados a partir de muestras de concreto fabricadas en condiciones de laboratorio y de obra.

Tabla 7

Precisión

Dimensiones del espécimen	Coeficiente de variación	Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales	
		2 Cilindros	3 Cilindros
Cilindros de 150 mm x 300 mm			
- Condiciones de laboratorio	2,4 %	6,6 %	7,8 %
- Condiciones de Obra	2,9 %	8,0 %	9,5 %
Cilindros de 100 mm y 200 mm			
- Condiciones de laboratorio.	3,2 %	9,0 %	10,6 %

Nota: NTP 339.034, (2015)

- **Análisis de la varianza ANOVA**

Dicovski (2012) menciona que el ANOVA es el modelo más simple y más utilizado, que tiene un factor, variable, grupos de desempeño o tratamientos y una variable dependiente continua. Este modelo funciona incluso si el número de repeticiones por tratamiento no es constante. Este modelo supone que las réplicas de diferentes tratamientos se distribuyen aleatoriamente a lo largo del experimento y que cada grupo o tratamiento no necesariamente tiene el mismo número de réplicas. El desarrollo de un modelo estadístico de este tipo se denomina diseño totalmente estocástico y a menudo proporciona un buen control del error experimental en ausencia de perturbaciones externas en cualquier dirección particular (por ejemplo, viento, diferentes tipos de suelo, variaciones térmicas, etc).

Tabla 8

Tabla de ANOVA de un Cuadro Latino

Causa de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio, CM	F calculado
Tratamiento	SC_T	$t-1$	S^2_t	S^2_t/S^2_{error}
Filas	SC_F	$c-1$	S^2_f	S^2_f/S^2_{error}
Columnas	SC_C	$f-1$	S^2_c	SC^2/S^2_{error}
Error	$SC_{Tot} - (SC_T + SC_F + SC_C)$	Difer.	S^2_{error}	
Total	SC_{Tot}	$n-1$		

Las sumas de cuadrados de las filas, columnas y tratamientos se resuelven con procedimientos similares como si fueran tres ANOVA.

Nota: Dicovski (2012)

Walpole *et al.*, (2012), mencionan que para las variables que no son iguales al sacar conclusiones y obtener resultados de ANOVA, se debe realizar una prueba de comparación múltiple TUKEY o DUNCAN para

determinar qué grupos son significativamente diferentes entre sí al nivel de significancia del 5%.

3.7 MATERIALES

3.7.1 Agregado reciclado

El agregado reciclado proviene de la trituración de especímenes de concretos endurecidos que han sido recolectados de las obras que se viene ejecutando en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano.

El proceso de trituración se realizó con ayuda de un percutor y un partillo manual. El material triturado paso por un proceso de tamizado por la malla de 1", el material retenido fue nuevamente triturado y el material pasante fue tamizado por la malla ¼", el material pasante fue considerado agregado fino y el material retenido fue considerado agregado grueso.

3.7.1.1 Tamaño del agregado grueso

La granulometría del agregado grueso recomendado por la ACI 211-3 R-2 utilizado para concreto permeable y que debe de cumplir con la norma ASTM C 33 son los siguientes:

Tabla 9

Agregado grueso según ACI 211-3 R-2

Tamaño	Tamiz (mm)	Tamiz (pulg)
Nº 8	9.5 mm a 2.36 mm	3/8"
Nº 67	19.0 mm a 4.75 mm	3/4"

Nota: ACI 211 (2002)

Con fines que el agregado grueso reciclado y natural cumpla con la granulometría del agregado Nº 8 se ha tamizado el agregado grueso



reciclado por la malla $\frac{1}{2}$ ", el material retenido ha sido separado y el material pasante ha sido tamizado por la malla N° 16, donde el material retenido ha sido considerado Agregado grueso del N° 8. Igualmente, para conseguir el agregado grueso N° 67 se ha tamizado por las mallas 1" y N° 8.

3.7.2 Agregado natural

Los materiales naturales como agregados finos y gruesos fueron recolectados del Proyecto de reservorio que se viene construyendo en el bosque de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano, así como el agua utilizada para el mezclado y curado del concreto se obtenido del abastecimiento público de agua de la red de agua de la Ciudad Universitaria UNA Puno. El cemento como es comercial se compró en una ferretería de la Ciudad de Puno.

3.8 EQUIPOS

Los equipos para la presente investigación son los siguientes:

- Prensa digital Marca YF – STYE-200 para ensayos y prueba del concreto a la compresión.
- Balanza electrónica Marca AYA, 120607096 para determinar el peso específico de los agregados
- Horno Eléctrico Digital marca PYS EQUIPOS - SKU: STHX-2A con termostato.
- Termómetro electrónico marca AMARELL – 438.
- Cono de Abrams según especificaciones ASTM C-192, ASTM C-470, marca IGNACIO MENDOZA.



- Briquetas de metal según especificaciones ASTM C-192, ASTM C-470, marca IGNACIO MENDOZA,
- Juego de tamices marca FORNEY-USA
- Cono de absorción de arenas marca FORNEY - LA-0519, incluye Picnómetro con molde cónico y golpeador.
- Conjunto para pruebas de gravedad específica y absorción marca FORNEY – LA-0520-05, en agregado grueso
- Mezcladora marca Dinamic – MR 120C para concreto



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Características Físicas del agregado

4.1.1.1 Contenido de Humedad del agregado grueso y fino

El contenido de humedad en los agregados gruesos y finos reciclados y naturales se ha obtenido utilizando el procediendo establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 339.185 (2011) del Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado, la misma que está basado en la norma ASTM C 566-13 Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying (Método de prueba estándar para el contenido de humedad total evaporable del agregado mediante secado).

Se obtuvo como resultado promedio del porcentaje de humedad en el agregado grueso reciclado de 0.965%, del agregado grueso natural de 1.290% del AGN, y del AFN de 2.420%.

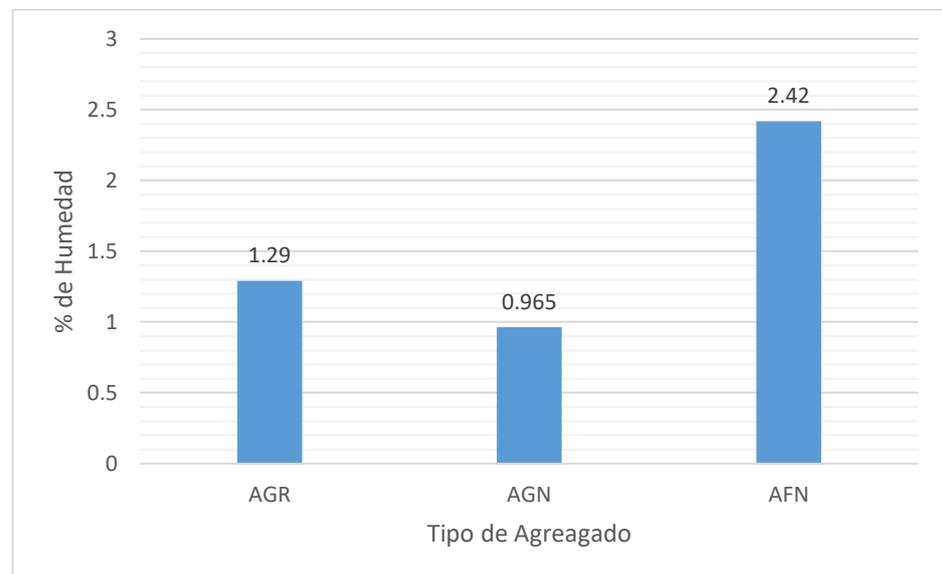
Tabla 10

Porcentaje de humedad en el agregado

Tipo de agregado	% de Humedad
Agregado Grueso Reciclado	0.965
Agregado grueso Natural	1.290
Agregado Fino Natural	2.420

Figura 4

Porcentaje de humedad de los agregados



4.1.1.2 Peso Específico y Absorción de agregado Grueso

Para la determinación del peso específico y absorción en el agregado grueso reciclado y natural se ha utilizado el procedimiento establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 400.021 del 2013 de AGREGADOS, Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso, la misma que está basado en la norma ASTM C 127-2012 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate (Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agregado grueso).

En la Tabla 11 se presentan los resultados obtenidos del peso específico y absorción de los agregados.

Tabla 11

Peso Específico y absorción de los agregados gruesos.

Agregado	Peso Específico gr/cm³	Absorción %
AGR	2.147	8.464
AGN	2.344	3.216

4.1.1.3 Peso Específico y Absorción de agregado fino

Para la determinación del peso específico y absorción en el agregado fino natural se ha utilizado el procedimiento establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 400.022 del 2013 de AGREGADOS, Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino, la misma que está basado en la norma ASTM C 128-2012 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate (Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agregado fino).

En la Tabla 12 se presentan los resultados obtenidos del peso específico y absorción del agregado fino natural.

Tabla 12

Peso Específico y absorción del agregado fino natural

Agregado	Peso Específico gr/cm³	Absorción %
AFN	2.368	5.062

4.1.1.4 Peso Unitario del Agregado Grueso y Fino

Para la determinación del peso unitario del agregado grueso reciclado y natural y del agregado fino natural se ha utilizado el procedimiento establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 400.017 del

2011 de AGREGADOS, Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados, la misma que está basado en la norma ASTM C 29-2009 Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate (Método de prueba estándar para densidad aparente (“peso unitario”) y vacíos en el agregado). La norma describe los pasos para determinar el Peso Unitario en condiciones seco suelto y seco apisonado.

En la Tabla 13 y Tabla 14 se presentan los resultados obtenidos del peso unitario y porcentajes de vacíos del agregado grueso y fino.

Tabla 13

Resultados del promedio de Peso unitario suelto y compactado

Agregado	Peso Unitarios Seco Suelto kg/m³	Peso Unitarios Seco Compactado kg/m³
AGR	1195.099	1325.380
AGN	1526.041	1607.086
AFN	1401.824	1500.207

Tabla 14

Resultados del promedio de % de vacíos suelto y compactado

Agregado	% de vacío Seco Suelto kg/m³	% de vacío Seco Compactado kg/m³
AGR	44.354	44.138
AGN	34.896	32.250
AFN	40.893	36.740

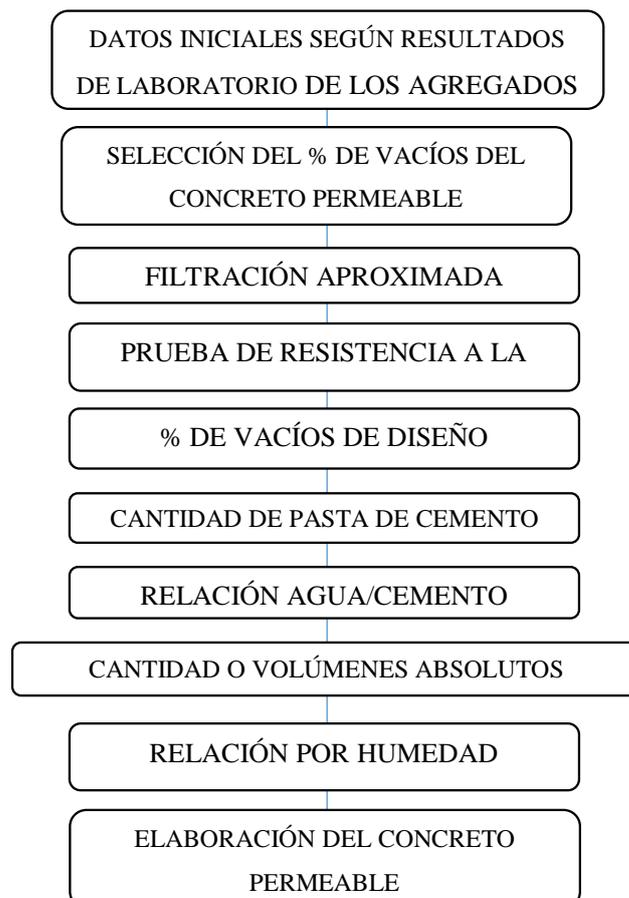
4.1.2 Diseño de mezcla

4.1.2.1 Diseño de mezcla del concreto permeable con AG del N° 8

Para el diseño de mezcla del concreto permeable se ha seguido las recomendaciones establecidas en la Norma ACI 522 R-10 donde se proporciona información técnica sobre el método de diseño del concreto permeable, sus propiedades, proporciones de la mezcla, pruebas e inspección. Igualmente se consultó la norma ACI 211.3 R-2, para el diseño de mezcla del concreto permeable. A continuación, se muestra Figura 5 del diagrama utilizado para el diseño de mezcla del concreto permeable.

Figura 5

Diagrama de diseño de mezcla del concreto permeable



- **Características del agregado**



En la Tabla 15, se presentan los promedios de los resultados finales de los análisis físicos de los agregados gruesos reciclados y naturales y agregados finos naturales.

Tabla 15

Características físicas de los agregados

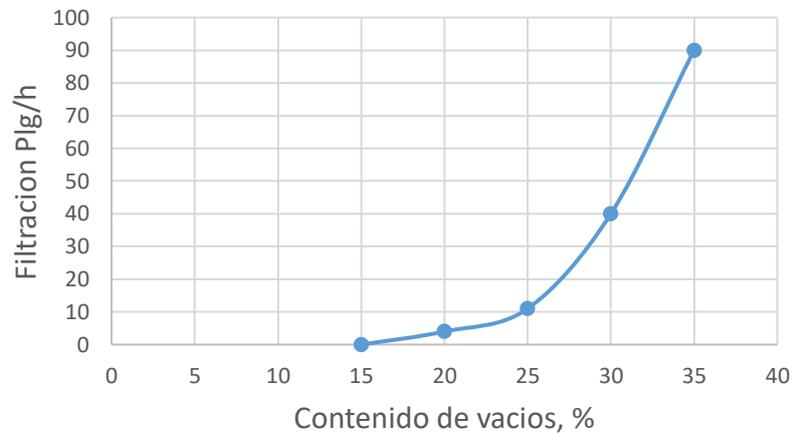
Descripción de Análisis	AGR	AGN	AFN
Peso Unitario Seco Suelto (kg/m ³)	1195.099	1526.041	1401.824
Peso Unitario Seco Compactado (kg/m ³)	1325.380	10607.086	1500.207
Peso específico (gr/cm ³)	2.147	2.344	2.368
Porcentaje de Absorción (%)	8.464	3.216	5.062
Porcentaje de Humedad (%)	1.290	0.965	2.420
Porcentaje de Vacío Seco Suelto (%)	44.354	34.896	40.893
Porcentaje de Vacío Seco Compactado (%)	44.138	32.250	36.740

- **Selección de % de vacíos**

La norma 522-R menciona que el porcentaje de vacíos en el concreto permeable varia de 15% a 35%, según la figura 6, eligiéndose un 20% con fines que nuestro concreto pueda tener una buena resistencia a la compresión.

Figura 6

Porcentaje (%) vacíos VS filtración



Nota: ACI 522R-10 (2010).

- **Resistencia Referencial Según Contenido de Vacíos, a los 28 días**

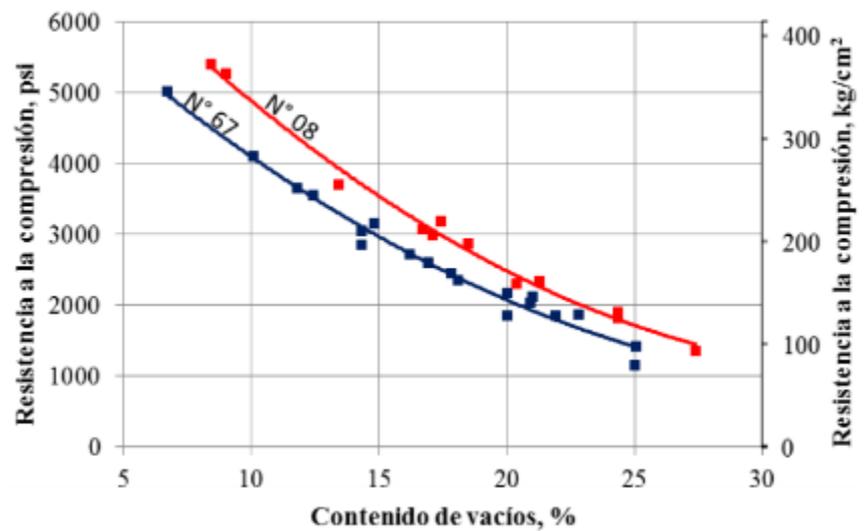
Con el porcentaje de vacíos calculado a 20%, y utilizando la Figura 7 donde se observa las resistencias de los concretos permeables elaborados con 02 tipos de tamaños estándares de agregados gruesos que son el N° 08 y el N° 67, se puede tabular la curvas para un agregado grueso del N° 8.

En la figura 13, se observa que se tiene dos curvas, las cuales definen el tipo de compactación que se tendrá en cuenta durante el vaciado del concreto permeable y durante la elaboración de probetas in situ, estas son: ligeramente compactada, donde se incrementa el volumen de pasta y la bien compactada disminuye el volumen de pasta, esta condición se identifica en un mismo porcentaje de vacíos.

En la figura 7 se puede observar que la curva del agregado N° 8 para un contenido de porcentaje de vacíos nos da una resistencia promedio de 175 kg/cm².

Figura 7

Relación entre el contenido de vacíos y la resistencia a la compresión



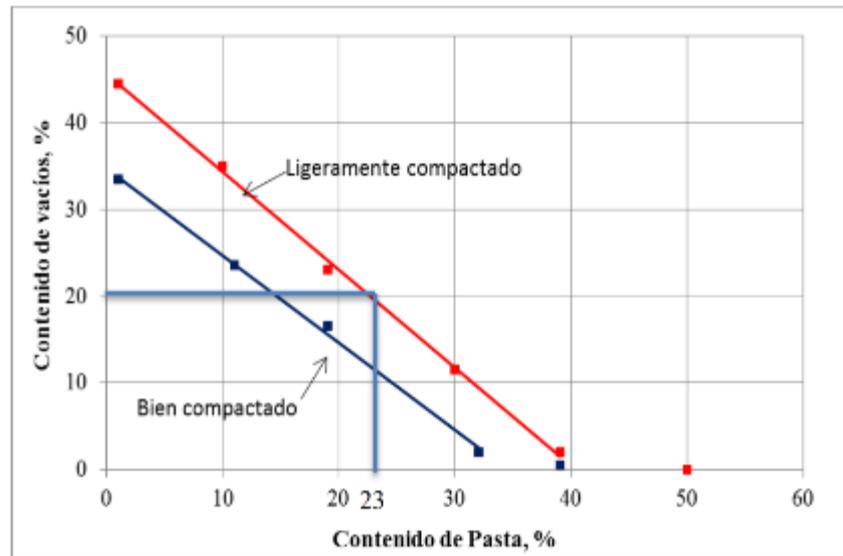
Nota: ACI 522(2010) ACI 211.3 R-(2002)

- Volumen de pasta

Según la resistencia a la compresión de nuestro concreto permeable de 175 kg/cm² se ha de determinar la cantidad de pasta, para ello se ha seguido las recomendaciones de la norma ACI 522R-10 y ACI-211.3R-02 del cual propone que con el contenido de vacíos se puede obtener la cantidad de volumen de pasta para la mezcla del concreto permeable tabulando la Figura 8.

Figura 8

Relación del % de vacíos y contenido de pasta



Nota: ACI 522(2010) ACI 211.3 R-(2002)

Haciendo la interpolación correspondiente en la Figura 8 tomando como referencia un porcentaje de vacíos del 20% se obtiene un porcentaje de pasta del 23%.

- **Relación agua/cemento**

La norma ACI 211.3 R menciona que la relación a/c para mantener la fuerza y estructura de vacíos del concreto permeable. Igualmente menciona que a altas relaciones a/c reduce la adhesión de la pasta al agregado y causa que la pasta fluya y llene los vacíos. A bajas relaciones a/c tenderán a causar pelotas de concreto en el mezclador. Como recomendación la norma da los valores de 0.35 a 0.45 de relación a/c del cual proporcionara un mejor recubrimiento del agregado.



Para la investigación se ha optado por un valor de a/c de 0.35.

- **Contenido de cemento**

Una vez determinado el porcentaje de pasta necesario para el concreto permeable, y conociendo que la pasta es la combinación del volumen de cemento mezclado con el volumen de agua y utilizando la siguiente expresión se ha determinado los pesos necesarios de cemento y agua para un metro cúbico de concreto.

$$VP = VC + VA$$

Donde:

VP : Cantidad de pasta de cemento (m^3)

VC : Cantidad de cemento (m^3)

VA : Cantidad de agua (m^3)

Si el Volumen del cemento y del agua lo relacionamos con sus pesos específicos, y el agua lo relacionamos con la relación a/c la anterior fórmula quedaría de la siguiente manera:

$$VP = \frac{c}{Pe.c} + \frac{\frac{a}{c} * c}{Pe.a}$$

Donde:

c : Peso del cemento por m^3 de concreto

a : Peso del agua por m^3 de concreto

$Pe.c$: Peso específico del cemento

$Pe.a$: Peso específico del agua



Considerando que el peso específico del cemento tiene un valor de 2.80 gr/cm^3 y del agua de 1.000 gr/cm^3 , y reemplazando en la anterior formula se tiene:

$$0.23 = \frac{c}{2,800} + \frac{0.35 * c}{1,000}$$

$$c = 325.25 \text{ kg}$$

- **Cantidad de agua**

Según la relación a/c de 0.35, despejamos y encontramos el valor de cantidad de agua = $0.35 * 325.26$ que es de 133.84 litros.

- **Cantidad de agregado fino**

Con fines que nuestro concreto permeable tenga un buen comportamiento a la resistencia a la compresión se utilizara un 10% de agregado fino natural.

- **Cantidad de agregado grueso**

La norma ACI 211.3 R-02 del 2009 donde nos da los valores en relación de b/b_o , donde b es volumen solido del agregado grueso en una unidad de volumen de concreto y b_o es Volumen solido del agregado grueso en una unidad de volumen de agregado grueso compactado.

b/b_o = Relación de peso del agregado grueso/peso unitario seco compactado



Tabla 16

Valores efectivos de b/bo

Porcentaje de agregado fino	<i>b/bo</i>	
	Tamaño N° 8	Tamaño N° 67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Nota: (ACI 211.3R-02, 2009)

Según la tabulación de la tabla 16 se tiene un valor de *b/bo* = 0.93.

Para obtener el peso del agregado grueso multiplicamos la relación *b/bo* por el peso unitario seco compactado del agregado grueso.

- Peso Agregado Grueso = $0.93 * PUSC$
- Peso Agregado Grueso = $0.93 * 1325.380 \text{ kg/cm}^3$
- Peso Agregado Grueso = 1232.60 kg

Para el peso húmedo del agregado grueso, multiplicamos el peso del agregado por el porcentaje de humedad.

- Peso agregado Grueso Húmedo = $1232.60 \text{ kg} * (1 + 1.29\%/100)$
- Peso agregado Grueso Húmedo = 1248.50 kg/húmedo

Para obtener el volumen de agregado grueso, dividimos el peso del agregado por su peso específico.

- vol. agregado Grueso = $1248.50 \text{ kg} / 2147 \text{ kg/m}^3$
- vol. agregado Grueso = 0.58 m³/húmedo
- **Cantidad de agregado fino**



Como se mencionó anteriormente, se va a considerar el 10% de AFN, por lo que la cantidad de agregado fino es:

- Volumen de AFN = $10\%/100 * 0.58$
- Volumen de AFN = 0.0582 m^3

Si se va a utilizar 10 % de A.F. el diseño de mezcla tendrá los siguientes volúmenes de agregado:

Tabla 17

Volumen y pesos de los agregados

agregado	Volumen m³	Peso kg
Vol. AFN	0.0582	137.702
Vol. AGR	0.523	1123.654

- **Corrección por humedad y absorción**

La corrección por humedad y absorción del agregado se da en vista que el agregado presenta la propiedad de retener agua en su superficie como en el interior de ella, lo cual es un agua que se debe de considerar en el diseño de mezcla con el fin de que el agua de diseño se corrija.

- **Corrección del peso del agregado**

- Peso del agregado grueso reciclado húmedo
 - $\text{Peso AGR húmedo} = (1 + \%H/100) * \text{peso seco}$
 - $\text{Peso AGR húmedo} = (1 + 1.29/100) * 1232.603$
 - $\text{Peso AGR húmedo} = 1248.504 \text{ kg}$
- Peso del agregado fino natural húmedo
 - $\text{Peso AFN húmedo} = (1 + \%H/100) * \text{peso seco}$



- $\text{Peso AFN húmedo} = (1 + 2.42 / 100) * 137.702$
- $\text{Peso AFN húmedo} = 141.034 \text{ kg}$

- **Corrección de la cantidad de agua de diseño**
 - Agua de aporte del agregado grueso reciclado
 - $\text{Agua del AGR} = (\%H - \%ABS) / 100 * \text{peso seco AGR}$
 - $\text{Agua del AGR} = (1.29 - 8.464) / 100 * 1232.603$
 - $\text{Agua del AGR} = -88.427 \text{ litros}$
 - Agua de aporte del agregado fino natural
 - $\text{Agua del AGR} = (\%H - \%ABS) / 100 * \text{peso seco AGR}$
 - $\text{Agua del AGR} = (2.42 - 5.062) / 100 * 137.702$
 - $\text{Agua del AGR} = -3.638 \text{ litros}$
 - Corrección del agua de diseño
 - $\text{Agua de diseño} = 133.838 - 88.427 - 3.638$
 - $\text{Agua de diseño} = 205.903 \text{ litros}$

Al final del diseño, se obtuvo las proporciones para un metro cúbico de concreto permeable con agregados húmedos (Tabla 18).



Tabla 18

Diseño del concreto permeable con AGR N° 8 y AFN húmedos

materiales	Peso kg
cemento	325.253
agua	205.903
Agregado grueso reciclado	1248.504
Agregado fino natural	141.034

El mismo procedimiento se siguió para el concreto permeable con AGN y AFN, los resultados del diseño se presentan en la Tabla 19.

Tabla 19

Diseño del concreto permeable con AGN N° 8 y AFN húmedos

materiales	Peso kg
cemento	325.253
agua	151.509
Agregado grueso reciclado	1509.013
Agregado fino	156.136

A continuación, se presenta la Tabla 20 con el resumen de diseño de mezcla para AGR de 100%, 75%, 50% y 25% para un agregado grueso del N° 8.

Tabla 20*Resumen de diseño de mezcla para AGR*

materiales	100% AGR	75%	50%	25%	100% AGN
		AGR + 25% AGN	AGR + 50% AGN	AGR + 75% AGN	
cemento	325.253	325.253	325.253	325.253	325.253
agua	205.903	192.305	178.706	165.108	151.509
AGR	1248.50				
húmedo	4	936.378	624.252	312.126	0.000
AGN					1509.01
húmedo	0.000	377.253	754.506	1131.760	3
AFN					
húmedo	141.034	144.810	148.585	152.360	156.136

4.1.2.2 Diseño de mezcla del concreto permeable con AG N° 67

- Características del agregado

Al igual que en el diseño del concreto con AG N° 8, para el diseño de mezcla del concreto permeable con AG N° 67 se ha trabajado con los promedios de los resultados finales de los análisis físicos de los agregados gruesos reciclados y naturales y agregados finos naturales presentados en la Tabla 21.



Tabla 21

Características físicas de los agregados

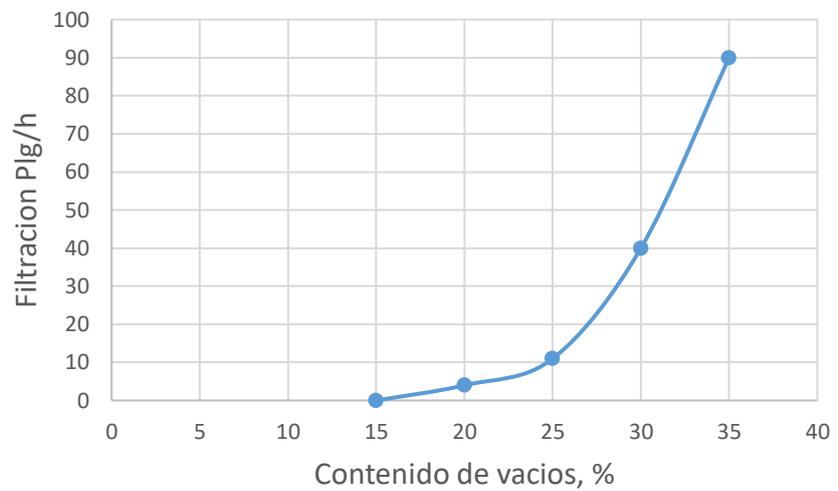
Descripción de Análisis	AGR	AGN	AFN
Peso Unitario Seco Suelto			
(kg/m ³)	1195.099	1526.041	1401.824
Peso Unitario Seco Compactado			
(kg/m ³)	1325.380	10607.086	1500.207
Peso específico (gr/cm ³)	2.147	2.344	2.368
Porcentaje de Absorción (%)	8.464	3.216	5.062
Porcentaje de Humedad (%)	1.290	0.965	2.420
Porcentaje de Vacío Seco			
Suelto (%)	44.354	34.896	40.893
Porcentaje de Vacío Seco			
Compactado (%)	44.138	32.250	36.740

- **Selección de % de vacíos**

La norma 522-R menciona que el porcentaje de vacíos en el concreto permeable varia de 15% a 35%, según la figura 9, eligiéndose un 20% con fines que nuestro concreto pueda tener una buena resistencia a la compresión.

Figura 9

Porcentaje % vacíos VS filtración



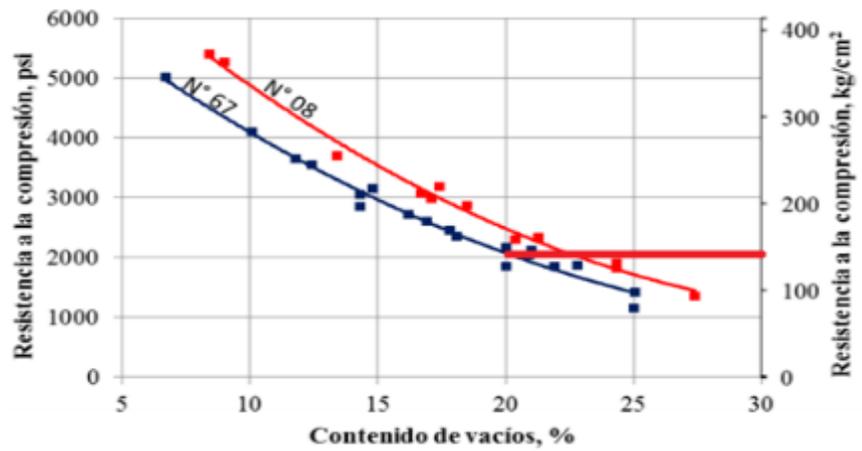
Nota: ACI 522R-10 (2010).

- **Resistencia Referencial Según Contenido de Vacíos, a los 28 días**

Al igual que en el diseño anterior se ha utilizado la Figura 10, para determinar la resistencia del concreto permeable, donde se ha observado que la curva del agregado N° 67 para un contenido de porcentaje de vacíos del 20% nos da aproximadamente una resistencia promedio de 145 kg/cm²

Figura 10

Relación entre el contenido de vacíos y la resistencia a la compresión



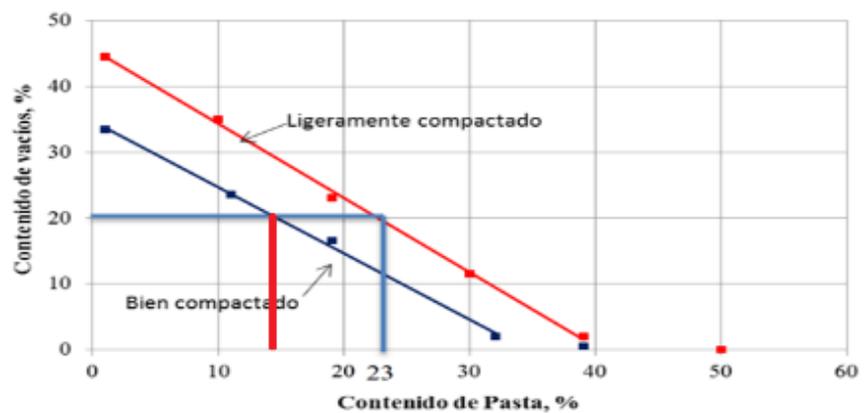
Nota: ACI 522(2010) ACI 211.3 R-(2002)

- Volumen de pasta

Según la resistencia a la compresión de nuestro concreto permeable de 145 kg/cm² y con un contenido de vacíos del 20% se ha calculado la cantidad de volumen de pasta de 15% para la mezcla del concreto permeable utilizando la Figura 11.

Figura 11

Relación del % de vacíos y contenido de pasta



Nota: ACI 522(2010) ACI 211.3 R-(2002)



- **Relación agua/cemento**

Al igual que en el anterior diseño, se ha utilizado una relación de a/c de 0.35.

- **Contenido de cemento**

Como el procedimiento anterior se ha calculado el contenido de cemento utilizando la siguiente formula;

$$VP = \frac{c}{Pe.c} + \frac{\frac{a}{c} * c}{Pe.a}$$

Considerando que el peso específico del cemento tiene un valor de 2.80 gr/cm^3 y del agua de 1.000 gr/cm^3 , y que el volumen de pasta es del 15% y la relación a/c es de 0.35 se tiene el siguiente resultado:

$$0.15 = \frac{c}{2,800} + \frac{0.35 * c}{1,000}$$

$$c = 212.121 \text{ kg}$$

- **Cantidad de agua**

Según la relación a/c de 0.35, despejamos y encontramos el valor de cantidad de agua = $0.35 * 212.121$ que es de 74.242 litros.

- **Cantidad de agregado fino**

Al igual que el anterior diseño para que nuestro concreto permeable tenga un buen comportamiento a la resistencia a la compresión se ha utilizado un 10% de agregado fino natural.

- **Cantidad de agregado grueso**

Se ha utilizado la tabla 22 para determinar la relación de peso del agregado grueso/peso unitario seco compactado (b/bo).



Tabla 22

Valores efectivos de b/bo

Porcentaje de agregado fino	<i>b/bo</i>	
	Tamaño N° 8	Tamaño N° 67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Nota: (ACI 211.3R-02, 2009)

Según la tabulación de la tabla 22 para un porcentaje de AF de 10% y un Tamaño de AG de N° 67, se tiene un valor de $b/bo = 0.93$.

Para obtener el peso del agregado grueso multiplicamos la relación b/bo por el peso unitario seco compactado del agregado grueso.

- Peso Agregado Grueso = $0.93 * PUSC$
- Peso Agregado Grueso = $0.93 * 1325.380 \text{ kg/cm}^3$
- Peso Agregado Grueso = 1232.60 kg

Para el peso húmedo del agregado grueso, multiplicamos el peso del agregado por el porcentaje de humedad.

- Peso agregado Grueso Húmedo = $1232.60 \text{ kg} * (1 + 1.29\%/100)$
- Peso agregado Grueso Húmedo = 1248.50 kg/húmedo

Para obtener el volumen de agregado grueso, dividimos el peso del agregado por su peso específico.

- vol. agregado Grueso = $1248.50 \text{ kg} / 2147 \text{ kg/m}^3$
- vol. agregado Grueso = $0.58 \text{ m}^3/\text{húmedo}$



- **Cantidad de agregado fino**

Como se mencionó anteriormente, se va a considerar el 10% de AFN, por lo que la cantidad de agregado fino es:

- Volumen de AFN = $10\%/100 * 0.58$
- Volumen de AFN = 0.0582 m^3

Si se va a utilizar 10 % de A.F. el diseño de mezcla tendrá los siguientes volúmenes de agregado:

Tabla 23

Volumen y pesos de los agregados

agregado	Volumen m³	Peso kg
Vol. AFN	0.0582	137.702
Vol. AGR	0.523	1123.654

- **Corrección por humedad y absorción**

- **Corrección del peso del agregado**

- Peso del agregado grueso reciclado húmedo
 - $\text{Peso AGR húmedo} = (1 + \%H/100) * \text{peso seco}$
 - $\text{Peso AGR húmedo} = (1 + 1.29 / 100) * 1232.603$
 - $\text{Peso AGR húmedo} = 1248.504 \text{ kg}$
- Peso del agregado fino natural húmedo
 - $\text{Peso AFN húmedo} = (1 + \%H/100) * \text{peso seco}$
 - $\text{Peso AFN húmedo} = (1 + 2.42 / 100) * 137.702$
 - $\text{Peso AFN húmedo} = 141.034 \text{ kg}$

- **Corrección de la cantidad de agua de diseño**

- Agua de aporte del agregado grueso reciclado
 - $\text{Agua del AGR} = (\%H - \%ABS) / 100 * \text{peso seco AGR}$



- Agua del AGR = $(1.29 - 8.464) / 100 * 1232.603$
- Agua del AGR = -88.427 litros
- Agua de aporte del agregado fino natural
 - Agua del AGR = $(\%H - \%ABS) / 100 * \text{peso seco AGR}$
 - Agua del AGR = $(2.42 - 5.062) / 100 * 137.702$
 - Agua del AGR = -3.638 litros
- Corrección del agua de diseño
 - Agua de diseño = $74.242 - -88.427 - -3.638$
 - Agua de diseño = 166.307 litros

Al final del diseño, se obtuvo las proporciones para un metro cúbico de concreto permeable con agregados húmedos (Tabla 24).

Tabla 24

Diseño del concreto permeable con AGR N° 67 y AFN húmedos

materiales	Peso kg
cemento	212.121
agua	166.307
Agregado grueso reciclado	1248.504
Agregado fino natural	141.034

El mismo procedimiento se siguió para el concreto permeable con AGN del N° 67 y AFN. Los resultados del diseño se presentan en la Tabla 25.



Tabla 25

Diseño del concreto permeable con AGN N° 8 y AFN húmedos

materiales	Peso kg
cimento	212.121
agua	111.913
Agregado grueso reciclado	1509.013
Agregado fino	156.136

A continuación, se presenta la Tabla 26 con el resumen de diseño de mezcla para AGR de 100%, 75%, 50% y 25% para un agregado grueso del N° 67.

Tabla 26

Resumen de diseño de mezcla para AGR TMN N° 67

Materiales	100% AGR	75% AGR + 25% AGN	50% AGR + 50% AGN	25% AGR + 75% AGN	100% AGN
cimento	212.121	212.121	212.121	212.121	212.121
agua	166.307	152.709	139.11	125.512	111.913
AGR húmedo	1248.50 4	936.378	624.252	312.126	0
AGN húmedo	0	377.253	754.506	1131.76	1509.01 3
AFN húmedo	141.034	144.81	148.585	152.36	156.136



4.1.3 Permeabilidad del Concreto

Para determinar la permeabilidad del concreto se ha elaborado especímenes de concreto permeable de diámetro de 15 cm por con una longitud de 15 cm.

Para determinar la permeabilidad del concreto permeable, se siguió las recomendaciones de la norma ACI 522R-10, que establece que se deben usar una variedad de medidores de permeabilidad de flujo.

El valor del coeficiente de permeabilidad del concreto es directamente proporcional a la viscosidad cinemática del agua, expresada como una relación.

$$v = \frac{n}{\rho} = \frac{n \cdot g \text{ m}^2}{\gamma_w \text{ seg}}$$

Donde:

v = Viscosidad cinemática del agua.

n = Viscosidad del agua.

g = Aceleración de la gravedad.

γ_w = Peso específico del agua.

Para la determinación del coeficiente de permeabilidad se utilizó el métodos de prueba alternativos estandarizado propuesto por la (ACI 522R, 2010); “informe de concreto permeable”, donde se utiliza para el cálculo del coeficiente de permeabilidad la ley de Darcy según la siguiente formula:

$$k = \frac{a}{A} \times \frac{L}{t_2 - t_1} \times \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$

Donde:



k = Coeficiente de permeabilidad (cm/s).

L = Longitud de la muestra (cm).

A = Área de la muestra (cm²).

a = Área de la tubería de carga (cm²).

t_2 = Tiempo en que demora en pasar la h_2 (seg).

t_1 = Tiempo en que demora en pasar la h_1 (seg).

h_1 = Altura de columna de agua medida del nivel de referencia (cm).

h_2 = Altura de tubería de salida del agua con respecto al nivel de referencia (cm).

Reemplazando valores para el primer espécimen se consiguió el siguiente resultado:

$$k = \frac{\frac{\pi x (\phi_a)^2}{4}}{\frac{\pi x (\phi_A)^2}{4}} \times \frac{L}{t_2 - t_1} \times \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$

$$k = \frac{\frac{\pi x (15)^2}{4}}{\frac{\pi x (15)^2}{4}} \times \frac{15}{29 - 0} \times \ln\left(\frac{55}{10}\right)$$

$$k = \frac{176.715}{176.715} \times 0.517 \times 1.705$$

$$k = 0.882 \text{ cm/s}$$

El coeficiente de permeabilidad está en relación a la temperatura del agua a la que se han realizado los ensayos y que una temperatura



diferente a 20 °C se debe de aplicar un factor de corrección representado por la siguiente ecuación:

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{v_2}{v_1}, \quad k_t = k_{20} \frac{v_{20}}{v_t}$$

Donde:

k_t = Coeficiente de permeabilidad a temperatura de ensayo

k_{20} = Coeficiente de permeabilidad a temperatura de 20 °C

v_{20} = Viscosidad cinemática del agua a temperatura de 20 °C

v_t = Viscosidad cinemática del agua a temperatura de ensayo

Reemplazando valores para el primer espécimen se consiguió el siguiente resultado:

$$k_{20} = k_t \frac{v_t}{v_{20}}$$

Al momento de realizar el ensayo la temperatura del agua era de 12 °C, y para esta temperatura se tienen una viscosidad cinemática del agua de $1.225 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Para una temperatura de 20 °C, se tiene una viscosidad cinemática de $1.007 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Tabla 27*Propiedades del agua*

Temperatura (°C)	densidad (kg/m ³)	Viscosidad (N*s/m ²)	Viscosidad cinemática (m ² /s)
0	999.9	1.792x10 ⁻³	1.792x10 ⁻⁶
5	1000	1.519 x10 ⁻³	1.519 x10 ⁻⁶
10	999.7	1.308 x10 ⁻³	1.308 x10 ⁻⁶
15	999.1	1.14 x10 ⁻³	1.141 x10 ⁻⁶
20	998.2	1.005 x10 ⁻³	1.007 x10 ⁻⁶
30	995.7	0.801 x10 ⁻³	0.804 x10 ⁻⁶
40	992.2	0.656 x10 ⁻³	0.661 x10 ⁻⁶
50	988.1	0.549 x10 ⁻³	0.556 x10 ⁻⁶
60	983.2	0.469 x10 ⁻³	0.477 x10 ⁻⁶
40	977.8	0.406 x10 ⁻³	0.415 x10 ⁻⁶
80	971.8	0.357 x10 ⁻³	0.367 x10 ⁻⁶
90	965.3	0.317 x10 ⁻³	0.328 x10 ⁻⁶
100	958.4	0.284 x10 ⁻³	0.296 x10 ⁻⁶

Nota: (Turmero, 2015) *Propiedades del fluido*

Reemplazando valores se tiene un coeficiente de permeabilidad para una temperatura de 20 °C de:

$$k_{20} = 0.882 \frac{1.225 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}{1.007 \times 10^{-6}}$$

$$k_{20} = 1.073 \text{ cm/s}$$

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de permeabilidad en los diferentes especímenes de concretos.

Tabla 28

Permeabilidad del concreto

AG	diseño	L (cm)	Øe (cm)	Øa (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	t (s)	temp (°C)	viscosidad Cinemática	K _t (cm/s)	K ₂₀ (cm/s)
Nº 8	100% AGR	15	15	15	55	10	29.0	12	1.23E-06	0.882	1.073
Nº 8	100% AGR	15	15	15	55	10	29.3	12	1.23E-06	0.873	1.062
Nº 8	100% AGR	15	15	15	55	10	30.1	12	1.23E-06	0.850	1.033
Nº 8	75% AGR	15	15	15	55	10	26.2	12	1.23E-06	0.976	1.187
Nº 8	75% AGR	15	15	15	55	10	26.9	12	1.23E-06	0.951	1.156
Nº 8	75% AGR	15	15	15	55	10	26.5	12	1.23E-06	0.965	1.174
Nº 8	50% AGR	15	15	15	55	10	23.0	12	1.23E-06	1.112	1.352
Nº 8	50% AGR	15	15	15	55	10	23.3	12	1.23E-06	1.097	1.335
Nº 8	50% AGR	15	15	15	55	10	22.8	12	1.23E-06	1.122	1.364
Nº 8	25% AGR	15	15	15	55	10	20.9	12	1.23E-06	1.224	1.488
Nº 8	25% AGR	15	15	15	55	10	21.5	12	1.23E-06	1.189	1.447
Nº 8	25% AGR	15	15	15	55	10	21.3	12	1.23E-06	1.201	1.460
Nº 8	0% AGR	15	15	15	55	10	20.1	12	1.23E-06	1.272	1.548
Nº 8	0% AGR	15	15	15	55	10	20.3	12	1.23E-06	1.260	1.532
Nº 8	0% AGR	15	15	15	55	10	20.0	12	1.23E-06	1.279	1.555
Nº 67	100% AGR	15	15	15	33	10	5.1	12	1.23E-06	3.512	4.272
Nº 67	100% AGR	15	15	15	33	10	5.2	12	1.23E-06	3.444	4.190
Nº 67	100% AGR	15	15	15	33	10	5.1	12	1.23E-06	3.512	4.272
Nº 67	75% AGR	15	15	15	33	10	7.2	12	1.23E-06	2.487	3.026
Nº 67	75% AGR	15	15	15	33	10	7.0	12	1.23E-06	2.558	3.112
Nº 67	75% AGR	15	15	15	33	10	7.0	12	1.23E-06	2.558	3.112
Nº 67	50% AGR	15	15	15	40	10	9.2	12	1.23E-06	2.260	2.750
Nº 67	50% AGR	15	15	15	40	10	9.5	12	1.23E-06	2.189	2.663
Nº 67	50% AGR	15	15	15	40	10	9.0	12	1.23E-06	2.310	2.811
Nº 67	25% AGR	15	15	15	55	10	11.0	12	1.23E-06	2.325	2.828
Nº 67	25% AGR	15	15	15	55	10	11.1	12	1.23E-06	2.304	2.802
Nº 67	25% AGR	15	15	15	55	10	11.3	12	1.23E-06	2.263	2.753
Nº 67	0% AGR	15	15	15	40	10	12.2	12	1.23E-06	1.704	2.073
Nº 67	0% AGR	15	15	15	40	10	12.0	12	1.23E-06	1.733	2.108
Nº 67	0% AGR	15	15	15	40	10	12.1	12	1.23E-06	1.719	2.091

4.1.4 Prueba de Resistencia a la compresión

La NTP 339.034 (2015) del HORMIGÓN (CONCRETO), Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas, determina la resistencia a la compresión simple que es la propiedad mecánica más importante del



concreto. Se define como la capacidad de soportar una carga por unidad de área y se expresa como esfuerzo, generalmente en kg/cm^2 .

Este método implica aplicar una carga de compresión axial a un cilindro de concreto a una velocidad uniforme hasta que falle el espécimen. La resistencia a la compresión de la muestra se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo por el área de la sección transversal de la muestra.

Los resultados de este método sirven como punto de referencia para el control de la calidad del concreto, proporción de mezcla, operaciones de mezclado y colocación; determinar el cumplimiento de las especificaciones.

Para la prueba de resistencia a la compresión de los especímenes de concretos se realizó en el laboratorio de Análisis y Ensayos de la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura de la Universidad Nacional del Altiplano que cuenta con el equipo de Prensa digital Marca YF – STYE-200 para ensayos y prueba del concreto a la compresión, en ella se introdujeron los especímenes de 30 cm de altura x 15 cm de diámetro. Se dio una velocidad de carga entre 5 a 7 de KN/s hasta la rotura del espécimen.

A continuación, se muestran los resultados de resistencia a compresión de los concretos permeables (Tabla 29).

Tabla 29*Resistencia a la compresión de los concretos permeables*

Mezcla	Cód.	Peso (gr)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso volum. (kg/m ³)	Carga (KN)	Resistencia (kg/cm ²)
M-1	1	7,934	176.715	5301.438	1496.6	172.11	99.28
M-1	2	7,896	175.930	5277.902	1496.0	162.94	94.41
M-1	3	7,905	176.715	5301.438	1491.1	179.65	103.63
M-2	4	8,202	176.715	5301.438	1547.1	194.05	111.94
M-2	5	8,252	176.715	5307.328	1554.8	199.45	115.05
M-2	6	8,230	176.715	5307.328	1550.7	182.74	105.41
M-3	7	8,506	176.715	5301.438	1604.5	211.65	122.09
M-3	8	8,501	176.715	5301.438	1603.5	215.54	124.33
M-3	9	8,510	176.715	5307.328	1603.4	215.62	124.38
M-4	10	8,672	176.715	5301.438	1635.8	245.12	141.40
M-4	11	8,680	176.715	5301.438	1637.3	240.30	138.62
M-4	12	8,675	176.715	5301.438	1636.3	243.01	140.18
M-5	13	8,847	176.715	5301.438	1668.8	275.69	159.03
M-5	14	8,851	176.715	5301.438	1669.5	271.69	156.72
M-5	15	8,846	176.715	5301.438	1668.6	281.65	162.47
M-6	16	8,665	176.715	5301.438	1634.5	152.65	88.06
M-6	17	8,661	176.715	5307.328	1631.9	155.84	89.90
M-6	18	8,663	176.715	5301.438	1634.1	154.59	89.17
M-7	19	8,701	176.715	5301.438	1641.3	174.98	100.94
M-7	20	8,709	176.715	5301.438	1642.8	171.62	99.00
M-7	21	8,703	176.715	5301.438	1641.6	173.41	100.03
M-8	22	8,736	176.715	5301.438	1647.9	197.54	113.95
M-8	23	8,741	176.715	5301.438	1648.8	193.58	111.67
M-8	24	8,739	176.715	5307.328	1646.6	190.65	109.98
M-9	25	9,160	176.715	5301.438	1727.8	221.44	127.74
M-9	26	9,155	176.715	5301.438	1726.9	215.69	124.42
M-9	27	9,158	176.715	5295.547	1729.4	218.74	126.18
M-10	28	9,582	176.715	5301.438	1807.4	236.99	136.71
M-10	29	9,590	176.715	5301.438	1808.9	237.65	137.09
M-10	30	9,587	177.501	5330.942	1798.4	245.68	141.09

4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con el fin de verificar si el agregado reciclado utilizados en diferentes porcentajes influye positivamente en el comportamiento físico – mecánico del concreto permeable, se utilizará el análisis estadístico de ANOVA multivariable.

4.2.1 Prueba de homogeneidad de los datos

Con el fin de determinar si los datos de permeabilidad de los concretos provienen de una distribución normal de los datos se utilizará la prueba de coeficiente de variación según el siguiente criterio:

- $CV \leq 30\%$ = los datos de la muestra son relativamente homogéneos, por tanto, la media es representativa.
- $30\% < CV \leq 70\%$ = los datos de la muestra son heterogéneas, por lo tanto, la media no es representativa.
- $CV > 70\%$ = los datos de la muestra son muy variables o heterogéneos, por lo tanto, la media no es representativa.

4.2.2 Determinación del coeficiente de variación

El coeficiente de variabilidad se obtiene de dividir la desviación estándar de las muestras entre el promedio de las muestras.

Según Mayorga et al. (2021), la desviación estándar se define como la raíz cuadrada de la variación. Su objetivo es devolver la medida de variabilidad a las mismas unidades en las que se presentaron originalmente los datos y se recomienda con fines descriptivos, y está definida por la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Donde:

S = desviación estándar

x_i = Observación número i de la variable x

\bar{x} = Es la media de la variable x

N = Numero de observaciones

A continuación, se muestra la tabla 30 para determinar la desviación estándar de los 03 datos de coeficiente de permeabilidad del concreto con 100% de AGR.

Tabla 30

Determinación de la desviación Estándar

Operación	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
	0.8818	0.0138	0.0002
	0.8727	0.0047	0.0000
	0.8495	-0.0185	0.0003
suma	2.6040		0.0006
N	3.0000		2.0000
Promedio	0.868	$S =$	0.01662

Para la determinación del coeficiente de variación se ha dividido la desviación estándar por la media de la muestra.

$$CV = \frac{0.01662}{0.868} \times 100$$

$$CV = 1.9147$$

A continuación, se muestra el resumen del coeficiente de variación de los demás datos de permeabilidad según diseño del concreto por porcentaje de AGR.

Tabla 31

Resumen del coeficiente de variación de permeabilidad

AG	diseño	K_t (cm/s)	CV
Nº 8	100% AGR	0.882	
Nº 8	100% AGR	0.873	1.915
Nº 8	100% AGR	0.850	



Nº 8	75% AGR	0.976	
Nº 8	75% AGR	0.951	1.280
Nº 8	75% AGR	0.965	
Nº 8	50% AGR	1.112	
Nº 8	50% AGR	1.097	1.133
Nº 8	50% AGR	1.122	
Nº 8	25% AGR	1.224	
Nº 8	25% AGR	1.189	1.476
Nº 8	25% AGR	1.201	
Nº 8	0% AGR	1.272	
Nº 8	0% AGR	1.260	0.756
Nº 8	0% AGR	1.279	
Nº 67	100% AGR	3.512	
Nº 67	100% AGR	3.444	1.125
Nº 67	100% AGR	3.512	
Nº 67	75% AGR	2.487	
Nº 67	75% AGR	2.558	1.617
Nº 67	75% AGR	2.558	
Nº 67	50% AGR	2.260	
Nº 67	50% AGR	2.189	2.699
Nº 67	50% AGR	2.310	
Nº 67	25% AGR	2.325	
Nº 67	25% AGR	2.304	1.373
Nº 67	25% AGR	2.263	
Nº 67	0% AGR	1.704	
Nº 67	0% AGR	1.733	0.844
Nº 67	0% AGR	1.719	

Como todos los coeficientes de variación están por debajo de 30% podemos decir que los datos de las muestras son homogéneos.

4.2.3 Análisis estadístico de ANOVA multivariable

Para determinar la influencia del agregado grueso reciclado (AGR) en la permeabilidad del concreto se ha realizado el análisis estadístico del ANOVA multivariable.

Tabla 32*Análisis de Varianza para permeabilidad*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A: TMN	14.1797	1	14.1797	15548.47	0.0000
B: %AGR	1.50982	4	0.377456	413.89	0.0000
Interacciones					
AB	3.87461	4	0.968652	1062.16	0.0000
Residuos	0.0182393	20	0.000911967		
Total (corregido)	19.5824	29			

Nota: Resultados del ANOVA Stat graphics versión 19

La tabla 32 del ANOVA descompone la variabilidad de permeabilidad en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-*P* prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 3 valores-*P* son menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre permeabilidad con un 95.0% de nivel de confianza.

En la Tabla 32 se puede observar que estadísticamente el TMN del AGR del N° 8 y N° 67 influye en la permeabilidad del concreto al igual que el %AGR, siendo el TMN del agregado grueso que influye más en la permeabilidad.

Igualmente, en la Tabla 32, se puede apreciar que el TMN del AGR y el porcentaje de AGR en el concreto interactúan entre sí, con fines de contribuir en la permeabilidad del concreto.

Para determinar cuáles de estas variables presentan variaciones de permeabilidad se ha realizado la prueba de múltiples rangos de Duncan.

Tabla 33*Pruebas de Múltiple Rangos Duncan al 95% para permeabilidad por TMN*

<i>TMN</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
N° 8	15	1.08353	0.00779729	X
N° 67	15	2.45853	0.00779729	X

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. Se ha colocado un asterisco junto a 1 par, indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Como puede verse en la Tabla 33 existe una diferencia estadística en la permeabilidad del concreto con el uso del AGR en TMN de N° 8 y N° 67, con una diferencia estadística del -1.375, donde se consigue mejor permeabilidad con el uso del AGR TMN de N° 67.



Tabla 34

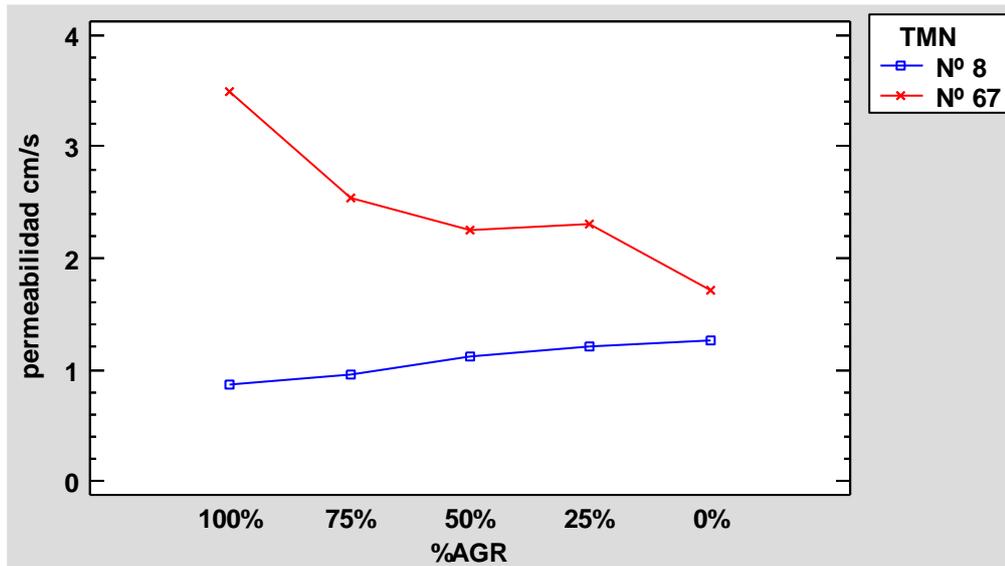
Pruebas de Múltiple Rangos Duncan al 95% para permeabilidad por %AGR

%AGR	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
0%	6	1.495	0.0123286	X
50%	6	1.682	0.0123286	X
25%	6	1.749	0.0123286	X
75%	6	1.751	0.0123286	X
100%	6	2.179	0.0123286	X

En la Tabla 34 se puede apreciar que conformemente aumente el porcentaje de AGR en el concreto esta aumenta su permeabilidad, consiguiéndose la mayor permeabilidad con el uso al 100% del AGR, como se puede ver en la figura, donde el AGR mejora la permeabilidad de los concretos elaborados con TMN del N° 67, presentándose lo contrario en los concretos con agregado de TMN del N° 8 donde el AGR disminuye la permeabilidad.

Figura 12

Interacciones entre la permeabilidad, TMN del AGR y % AGR



4.2.4 Discusión

Según Casilla & Condori (2023) al emplear residuos de construcción en la elaboración de concreto influye sobre la permeabilidad que tiene el concreto permeable en la localidad de Juliaca, y que con el reemplazo 5%, 10% y 15% de AGR los valores de la permeabilidad disminuyeron en 22.5%, 47.5% y 71.7% respectivamente con respecto a la permeabilidad del concreto patrón, conclusiones idénticas a los obtenidos con el AGR de TMN del N° 67.

Sin embargo Quispe (2021), menciona que la permeabilidad en el concreto con adición de agregados reciclado muestra más permeabilidad que el concreto convencional, resultados semejantes a los obtenidos en la presente investigación para un concreto permeable con TMN de N° 8.

Influencia del agregado reciclado en la resistencia del concreto permeable

4.2.5 Prueba de homogeneidad de los datos

Con el fin de determinar si los datos de resistencia a la compresión de los concretos provienen de una distribución normal de los datos se utilizara la prueba



de coeficiente de variación propuesta en la NTP 339.034 (2015), tal como se muestra en la Tabla 35.

Tabla 35

Coefficiente de variación para especímenes de concretos

Dimensiones del espécimen	Coeficiente de variación	Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales	
		2 Cilindros	3 Cilindros
Cilindros de 150 mm x 300 mm			
- Condiciones de laboratorio	2,4 %	6,6 %	7,8 %
- Condiciones de Obra	2,9 %	8,0 %	9,5 %
Cilindros de 100 mm y 200 mm			
- Condiciones de laboratorio.	3,2 %	9,0 %	10,6 %

Nota: NTP 339.034, (2015)

4.2.6 Determinación del coeficiente de variabilidad

El coeficiente de variabilidad se obtiene de dividir la desviación estándar de las muestras entre el promedio de las muestras.

Tabla 36*Resumen de coeficiente de variación en la resistencia del concreto*

AG	diseño	f'c (kg/cm ²)	CV
Nº 8	100% AGR	99.28	
Nº 8	100% AGR	94.41	4.65
Nº 8	100% AGR	103.63	
Nº 8	75% AGR	111.94	
Nº 8	75% AGR	115.05	4.44
Nº 8	75% AGR	105.41	
Nº 8	50% AGR	122.09	
Nº 8	50% AGR	124.33	1.06
Nº 8	50% AGR	124.38	
Nº 8	25% AGR	141.40	
Nº 8	25% AGR	138.62	0.99
Nº 8	25% AGR	140.18	
Nº 8	0% AGR	159.03	
Nº 8	0% AGR	156.72	1.81
Nº 8	0% AGR	162.47	
Nº 67	100% AGR	88.06	
Nº 67	100% AGR	89.90	1.04
Nº 67	100% AGR	89.17	
Nº 67	75% AGR	100.94	
Nº 67	75% AGR	99.00	0.97
Nº 67	75% AGR	100.03	
Nº 67	50% AGR	113.95	
Nº 67	50% AGR	111.67	1.78
Nº 67	50% AGR	109.98	
Nº 67	25% AGR	127.74	
Nº 67	25% AGR	124.42	1.32
Nº 67	25% AGR	126.18	
Nº 67	0% AGR	136.71	
Nº 67	0% AGR	137.09	1.75
Nº 67	0% AGR	141.09	

Como todos los coeficientes de variación están por debajo de 7.8% podemos decir que los datos de las muestras son homogéneos.

4.2.7 Análisis estadístico de ANOVA multivariable

Para determinar la influencia del agregado grueso reciclado en la resistencia del concreto se ha realizado el análisis estadístico del ANOVA multivariable.

Tabla 37

Análisis de Varianza para resistencia a la compresión

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A: TMN	1373.77	1	1373.77	2.79	0.1106
B: %AGR	1690.22	4	422.555	0.86	0.5061
Interacciones					
AB	83.0755	4	20.7689	0.04	0.9963
Residuos	9855.99	20	492.8		
Total (corregido)	13003.1	29			

Nota: Resultados del ANOVA Stat graphics versión 19

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Resistencia en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que ningún valor-P es menor que 0.05, ninguno de los factores ó interacciones tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Resistencia con un 95.0% de nivel de confianza.

En la Tabla 37 se pudo observar que estadísticamente el TMN del AGR del N° 8 y N° 67 no influye en la resistencia a la compresión del concreto al igual que él %AGR.

Igualmente, en la Tabla 37, se puede apreciar que el TMN del AGR y el porcentaje de AGR en el concreto no interactúan entre sí, con fines de contribuir en la resistencia a la compresión del concreto.

Con fines de determinar cuáles de estas variables presentan variaciones de la resistencia del concreto se ha realizado la prueba de múltiples rangos de Duncan.

Tabla 38

Pruebas de Múltiple Rangos Duncan al 95% para permeabilidad por TMN

<i>TMN</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
N° 67	15	113.062	5.73178	X
N° 8	15	126.596	5.73178	X

* indica una diferencia significativa.

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Como puede verse en la Tabla 38 no existe una diferencia estadística en la resistencia del concreto con el uso del AGR en TMN de N° 8 y N° 67, con una diferencia estadística del 13.534, pero se consigue mejor resistencia con el uso del AGR TMN de N° 8.

Tabla 39

Pruebas de Múltiple Rangos Duncan al 95% para resistencia por %AGR

%AGR	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
100%	6	109.303	9.06274	X
75%	6	114.452	9.06274	X
50%	6	120.757	9.06274	X
25%	6	123.508	9.06274	X
0%	6	131.125	9.06274	X

* indica una diferencia significativa.

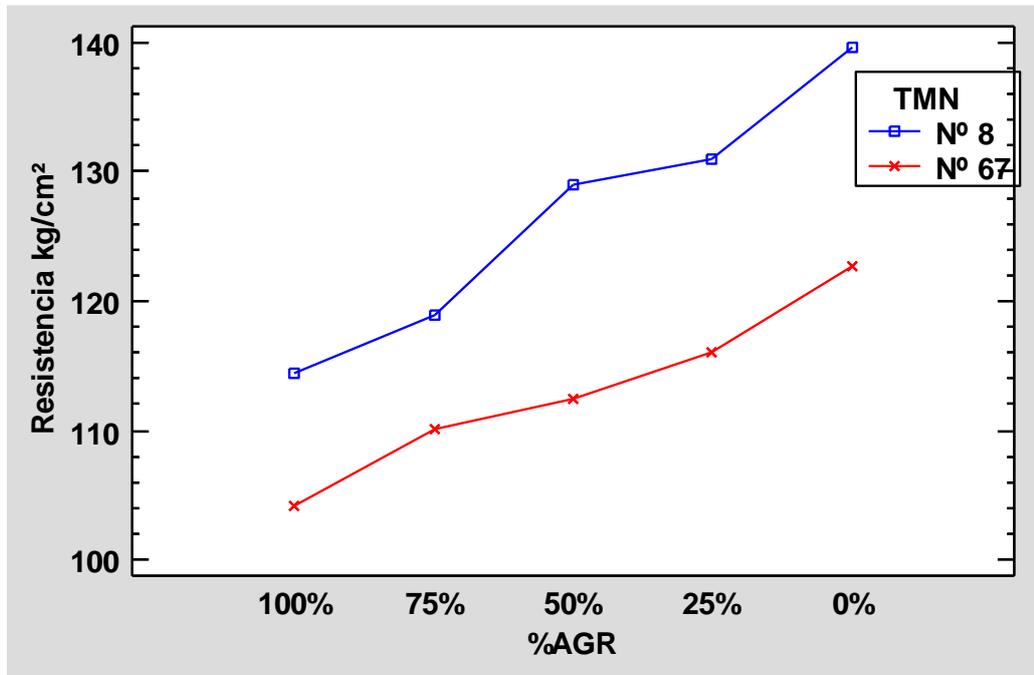
Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

En la figura 13 se puede apreciar que conforme disminuye el porcentaje de AGR en el concreto la resistencia a la compresión aumenta, pero sin embargo en

ambos casos no se llega a conseguir la resistencia de diseño, esto posiblemente debido a la granulometría y forma del agregado grueso natural.

Figura 13

Interacciones entre la permeabilidad, TMN del AGR y % AGR



4.2.8 Discusión

Las resistencias obtenidas presentan altas variabilidades y comportamientos inestables, lo cual se puede deber en un principio al curado de las mezclas dado que como se evidencia la resistencia del concreto disminuyó a los 28 días, donde los resultados obtenidos en los ensayos de la resistencia de la mezcla, presento resultados muy bajos para la aplicación de la propuesta. Resultados muy similares a los obtenidos en la presente investigación que con los usos de AGR disminuyen la resistencia del concreto.



V. CONCLUSIONES

- Como conclusiones en términos generales el agregado grueso reciclado AGR influye de forma positiva en las propiedades físicas del concreto de permeabilidad, dándose que incrementa la permeabilidad conforme aumenta del porcentaje.
- El coeficiente de permeabilidad del AGR de TMN de N° 8 son en promedio de 1.084 cm/s y del AGR de TMN de N° 67 son en promedio de 2.458 cm/s, concluyéndose que el AGR de TMN del N° 67 influye positivamente en la permeabilidad del concreto y se puede obtener mayores permeabilidades conforme se aumenta el porcentaje de AGR en el concreto. Según el análisis ANOVA el TMN del AGR tienen mayor influencia en la permeabilidad del concreto con un valor de Razón-F de 15,548.47, en comparación con el porcentaje de AGR que tiene un valor de Razón-F de 413.89.
- La resistencia a la compresión de los concretos permeables baja conforme se incrementa el porcentaje de AGR en el concreto, sin embargo, no existe diferencia estadística significativa, consiguiéndose mejores resistencias con el uso del TMN del N° 8.



VI. RECOMENDACIONES

- En la presente investigación se ha utilizado la relación a/c según las recomendaciones del ACI, por lo que se recomienda utilizar otras relaciones de agua/cemento con el fin de mejorar la resistencia del concreto.
- Se recomienda trabajar con otros porcentajes de agregado fino natural con el fin de incrementar la resistencia a la compresión del concreto permeable.
- Se recomienda seguir investigando los usos re agregados reciclado en la elaboración de concretos con otros fines aplicados en obra, ya sea en concretos simple, estructuras o permeables.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ACI-UNISON. (2021). *Conferencia “CONCRETO ERMEABLE” por Ing. Genaro Salinas*. capitulo estudiantil.
- ACI 211. (2002). Standard Practice for Selecting Proportions for normal Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91) Reapproved 1997. *American Concrete Institute (ACI)*.
- ACI 211. (2016). Diseño de mezclas de concreto. *American Concrete Institute (ACI)*.
- ACI 522R. (2010). ACI522 - Pervious Concrete. *American Concrete Institute*.
- ASTM C 150. (2007). Especificación normalizada para cemento Portland. *American Society for Testing and Materials*, 1–11.
- Barreto, J., & Cufiño, D. (2014). Influencia del porcentaje de agregado reciclado en la penetrabilidad al ion cloruro y en la permeabilidad al agua para concretos reciclados. *Universidad la Gran Colombia, Facultad de Ingeniería Civil, Estructuras*.
- Casilla, Y., & Condori, L. (2023). Influencia de la Fibra de Vidrio en las Propiedades del Concreto Permeable $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en la Ciudad de Juliaca – 2023. *Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura*.
- Collantes, J., & Eslava, D. (2018). Influencia del agregado reciclado sobre la compresión, abrasión, asentamiento y permeabilidad en el concreto permeable no estructural. En *Universidad Nacional de Trujillo* (Vol. 1, Número None).
- Dicovski, L. (2012). *Estadística Básica para Ingenieros* (U. N. de Ingeniería (ed.); Vol. 1).



- Gallo, C., & Posada, E. (2017). Diseño De Un Pavimento En Concreto Poroso Con Adición De Agregados De Concreto Reciclado Para La Construcción De Un Modelo a Escala. *Universitas Nusantara PGRI Kediri*, 91, 255.
<http://www.albayan.ae>
- Gamarra, R. (2019). Estudio comparativo de la permeabilidad y la resistencia a la compresión del concreto poroso con el uso de agregado fino y aditivo plastificante – Huánuco 2019. *Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Facultad de Ingeniería Civil*.
- Guerrero, J., & Ramírez, A. (2020). Diseño de mezcla de un Concreto Permeable utilizando Residuos de Construcción y Demolición en el Sector la Sullanera de la carretera Canchaque - Huancabamba. En *Universidad Cesar Vallejo*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/97399>
- Mayorga, R., Reyes, S., Baltazar, R., & Martínez, A. (2021). Medidas de Dispersión. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 9(18), 77–79.
<https://doi.org/10.29057/icsa.v9i18.7115>
- Nicomenes, E. (2018). Tipos de investigación: Metodología de la Investigación. *Repositorio Institucional USDG*, 1–4.
<http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34>
- NTP.400.021. (2002). Agregados . Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. *Norma Técnica Peruana, Lima* 41.
https://www.academia.edu/26938679/NORMA_TÉCNICA_NTP_400_021_PE_RUANA_2002



- NTP.400.022. (2013). Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (Peso específico) y absorción del agregado fino. *Norma Técnica Peruana*. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-privada-del-norte/ingenieria/372901324-ntp-400-012-2013-pdf/5739579>
- NTP 339.034. (2015). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. *INDECOPI*, 4(3), 22. https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=4303
- NTP 339.088. (2006). *HORMIGÓN (CONCRETO)*. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. *Requisitos*.
- NTP 339.147. (2000). *SUELOS*. Método de ensayo de permeabilidad de suelos granulares (carga constante). I(Lima 41), 1–18.
- NTP 339.185. (2011). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. *Norma Técnica Peruana*.
- NTP 400.011. (2008). Agregados. definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones. *Norma Técnica Peruana*, 16.
- NTP 400.012. (2001). *AGREGADOS*. Análisis granulométrico del agregado. Lima 41.
- NTP 400.017. (2011). Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ('Peso Unitario') y los vacíos en los agregados. *INDECOPI*, 14. <https://www.scribd.com/document/343664826/NTP-400-017-2011-Agregados-Metodo-de-Ensayo-Para-Determinar-El-Peso-Unitario-Del-Agregado>



- NTP 400.037. (2001). *AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.*
- Ochoa, J., & Yunkor, Y. (2020). El estudio descriptivo en la investigación científica The descriptive study in scientific research. *El estudio descriptivo en la investigación científica,* 1–19.
<http://revistas.autonoma.edu.pe/index.php/AJP/article/view/224/191>
- Pereyra, F. (2023). Evaluación de un concreto permeable adicionando diferentes porcentajes de puzolana de vidrio reciclado para su aplicación en veredas y ciclovías en el distrito de Reque-Chiclayo 2021. *Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.*
- Quispe, J. (2021). Influencia de la incorporación de agregado reciclado sobre el comportamiento físico mecánico de un concreto permeable no estructural, Juliaca 2021. *Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, Escuela Profesional de Ingeniería Civil.*
- Ramirez, J., Castillo, B., Benavides, J., Peralta, Y., Berrios, J., Lanuza, F., Moncada, H., Navarro, M., Molina, M., Flores, Y., Navarro, S., & Alfaro, J. (2018). Metodología de la Investigación e Investigación Aplicada para Ciencias Económicas y Administrativas. *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Facultad Regional Multidisciplinaria, FAREM Estelí,* 1–92.
https://scholar.google.com/scholar?as_ylo=2018&q=tipo+de+investigación+aplicada&hl=es&as_sdt=0,5
- Ramos, C. (2021). Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica,* 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>



- Rivva, E. (2000). Naturaleza y Materiales del concreto. En *La Naturaleza Del Concreto* (p. 402). www.ucacue.edu.ec
- RNE.060. (2020). *Reglamento Nacional de Edificaciones, NORMA E.060 CONCRETO ARMADO.*
- Rodriguez, B. (2019). Influencia De Los Superplastificantes Tipo F Sobre Sus Propiedades Fisicas Y Mecanicas De Un Concreto Autocompactante. *Universidad Privada del Norte*, 246.
- Trapero, A., Escobar, F., & Dominguez, J. (2010). *Experimentación en Agricultura* (Número January 2010). Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación.
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (I. Pearson Education (ed.); Novena edi). University of Texas at San Antonio.

ANEXOS

Anexo 1. Evidencias fotográficas



Fotografía 01: *Trituración preliminar de especímenes de concreto.*



Fotografía 02: *Tamizado del Agregado reciclado por la malla 1”.*



Fotografía 03: *Análisis Granulométrico del Agregado.*



Fotografía 04: *Peso unitario del agregado reciclado.*



Fotografía 05: *Peso específico del Agregado grueso reciclado.*



Fotografía 06: *dosificación del concreto permeable.*



Fotografía 07: *Elaboración del concreto permeable.*



Fotografía 08: *prueba de permeabilidad del concreto*



Fotografía 09: *Determinación de las dimensiones del espécimen de concreto*



Fotografía 10: *Prueba de resistencia a la compresión del concreto permeable*



Anexo 1. Distribución F (0.05)

En las columnas se encuentran los valores F que corresponden al área 0.05 a la derecha

En las columnas se encuentran los grados de libertad del numerador

En los renglones se encuentran los grados de libertad del denominador.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20	24	30	40	60	120
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.0	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.87	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35

Fuente: (Trapero et al., 2010)



Anexo 3. Humedad en el agregado grueso reciclado



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA
LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES



HUMEDAD EN EL AGREGADO GRUESO

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE AGREGADO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DEL CONCRETO PERMEABLE EN LA CIUDAD DE PUNO, 2023"
 REALIZADO POR : Bach. MARILUZ ALEJO CALLE
 REALIZADO POR : Bach. MIRIAM PILAR QUISPE MOROCCO
 FECHA : 16 OCTUBRE DEL 2023
 MUESTRA : AGREGADO GRUESO RECICLADO
 CANTERA : MUESTRA PROPIO DE LOS TESISISTAS

Ensayo no.	1	2	
Tara No.	01	2	
Peso de tara (gr)	212.000	217.000	
Peso de tara + agregado húmedo (gr)	1154.000	1261.000	
Peso de agregado húmedo (gr)	942.000	1044.000	
Peso de tara + agregado seco (gr)	1145.000	1251.000	
Peso de agregado seco (gr)	933.000	1034.000	
Contenido de humedad (%)	0.96	0.970	
Contenido de humedad promedio (%)	0.965		

U^oB^o

 WQP-COIN S.R.L.
 Ing. William Quispe Pari
 COMISIÓN DE CONTROL Y CALIDAD
 DE LABORATORIO



Anexo 4. Humedad en el agregado grueso natural



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA
LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES



HUMEDAD EN EL AGREGADO GRUESO

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE AGREGADO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DEL CONCRETO PERMEABLE EN LA CIUDAD DE PUNO, 2023"

REALIZADO POR : Bach. MARILUZ ALEJO CALLE
Bach. MIRIAM PILAR QUISPE MOROCCO

MUESTRA : AGREGADO GRUESO NATURAL

FECHA : 16 OCTUBRE DEL 2023

CANTERA : MUESTRA PROPIO DE LOS TESISISTAS

Ensayo no.	1	2	
Tara No.	01	2	
Peso de tara (gr)	210.000	216.000	
Peso de tara + agregado húmedo (gr)	1398.000	996.000	
Peso de agregado húmedo (gr)	1188.000	780.000	
Peso de tara + agregado seco (gr)	1383.000	986.000	
Peso de agregado seco (gr)	1173.000	770.000	
Contenido de humedad (%)	1.28	1.300	
Contenido de humedad promedio (%)	1.290		

VUB

Miriam Quispe Parí

MIRIAM QUISPE PARÍ S.R.L.
INGENIERA DE CONTROL Y CALIDAD
DE LABORATORIO



Anexo 5. Humedad en el agregado fino natural



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA
LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES



HUMEDAD EN EL AGREGADO GRUESO

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE AGREGADO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DEL CONCRETO PERMEABLE EN LA CIUDAD DE PUNO, 2023"

Bach. MARILUZ ALEJO CALLE

REALIZADO POR : Bach. MIRIAM PILAR QUISPE MOROCCO MUESTRA : AGREGADO FINO NATURAL

FECHA : 16 OCTUBRE DEL 2023 CANTERA : MUESTRA PROPIO DE LOS TESISTAS

Ensayo no.	1	2	
Tara No.	01	2	
Peso de tara (gr)	211.000	216.000	
Peso de tara + agregado húmedo (gr)	1245.000	954.000	
Peso de agregado húmedo (gr)	1034.000	738.000	
Peso de tara + agregado seco (gr)	1220.000	937.000	
Peso de agregado seco (gr)	1009.000	721.000	
Contenido de humedad (%)	2.48	2.360	
Contenido de humedad promedio (%)	2.420		

VºBº


MIRIAM PILAR QUISPE MOROCCO
INGENIERA DE CONTROL Y CALIDAD
DEL LABORATORIO



Anexo 6. Peso específico y absorción del AGR



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA
LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION EN EL AGREGADO

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE AGREGADO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DEL CONCRETO PERMEABLE EN LA CIUDAD DE PUNO, 2023"
REALIZADO POR : Bach. MARILUZ ALEJO CALLE MUESTRA : AGREGADO GRUESO RECICLADO
Bach. MIRIAM PILAR QUISPE MOROCCO
FECHA : 13 OCTUBRE DEL 2023 CANTERA : MUESTRA PROPIO DE LOS TESISISTAS

AGREGADO GRUESO

METODO DEL CESTO SUMERGIDO

	Numero de ensayo	1	2	Und.
A	Peso del cesto + gancho	989.00	989.00	g
B	Peso del cesto + gancho + Msss	2435.00	1990.00	g
C	Peso del cesto sumergido	908.00	908.00	g
D	Peso del cesto sumergido + Msss	1732.00	1480.00	g
E	Peso charola	417.00	445.00	g
F	Peso charola + material seco	1750.00	1368.00	g
G	Peso de la muestra seca (F-E)	1333.00	923.00	g
H	Peso del material SSS (B-A)	1446.00	1001.00	g
I	Peso en el agua de la muestra SSS (D-C)	824.00	572.00	g
J	Peso específico (G/(H-I))	2.143	2.152	g/cm ³
	Promedio peso específico (G/(H-I))		2.147	g/cm ³
K	Absorción % ((H-G)/G)	8.477	8.451	%
	Promedio absorción % ((H-G)/G)		8.464	%

VºBº
W. Quispe Pari
TOP-CONS.R.L.
Ing. William Quispe Pari
ESPECIALISTA DE CONTROL Y CALIDAD
DE LABORATORIO



Anexo 7. Peso específico y absorción del AGN



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA
LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION EN EL AGREGADO

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE AGREGADO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DEL CONCRETO PERMEABLE EN LA CIUDAD DE PUNO, 2023"

REALIZADO POR : Bach. MARILUZ ALEJO CALLE MUESTRA : AGREGADO GRUESO NATURAL
Bach. MIRIAM PILAR QUISPE MOROCCO

FECHA : 13 OCTUBRE DEL 2023 CANTERA : MUESTRA PROPIO DE LOS TESISITAS

AGREGADO GRUESO

METODO DEL CESTO SUMERGIDO

	Numero de ensayo	1	2	Und.
A	Peso del cesto + gancho	1024.00	1024.00	g
B	Peso del cesto + gancho + Msss	2162.00	2165.00	g
C	Peso del cesto sumergido	918.00	918.00	g
D	Peso del cesto sumergido + Msss	1589.00	1584.00	g
E	Peso charola	452.00	580.00	g
F	Peso charola + material seco	1555.00	1685.00	g
G	Peso de la muestra seca (F-E)	1103.00	1105.00	g
H	Peso del material SSS (B-A)	1138.00	1141.00	g
I	Peso en el agua de la muestra SSS (D-C)	671.00	666.00	g
J	Peso específico (G/(H-I))	2.362	2.326	g/cm ³
	Promedio peso específico (G/(H-I))		2.344	g/cm ³
K	Absorción % ((H-G)/G)	3.173	3.258	%
	Promedio absorción % ((H-G)/G)		3.216	%

V°B°
JOPCON S.R.L.
Ing. William Quispe Pari
INGENIERIA DE CONTROL Y CALIDAD
LABORATORIO



Anexo 8. Peso específico y absorción del AFN



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA
LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION EN EL AGREGADO

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE AGREGADO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DEL CONCRETO PERMEABLE EN LA CIUDAD DE PUNO, 2023"

REALIZADO POR : Bach. MARILUZ ALEJO CALLE MUESTRA : AGREGADO FINO NATURAL
Bach. MIRIAM PILAR QUISPE MOROCCO

FECHA : 13 OCTUBRE DEL 2023 CANTERA : MUESTRA PROPIO DE LOS TESISTAS

AGREGADO FINO METODO DEL PIGNOMETRO

Numero de ensayo	1	2	3	Und.
A.- Peso pignometro	305.00	307.00		g
B.- Peso pignometro + H2O	861.00	862.00		g
C.- Peso pignometro + Msss	624.00	610.00		g
D.- Peso pignometro + H2O + Msss	1053.00	1042.00		g
E.- Peso charola	414.00	411.00		g
F.- Peso charola + M.seco	717.00	700.00		g
G.- Peso de la muestra seca (F-E)	303.00	289.00		g
H.- Peso de la muestra saturada SS (C-A)	319.00	303.00		g
Peso especifico (G/(B+H-D))	2.386	2.350		g/cm ³
Peso especifico promedio		2.368		g/cm³
Absorción ((H-G)/G)	5.281	4.844		%
Absorción promedio		5.062		%

vgo
U. Altiplano
STOP-CONS.R.L.
Ingl. Miriam Quispe Pari
INGENIERA DE CONTROL Y CALIDAD
DE LABORATORIO



Anexo 9. Peso unitario del agregado grueso reciclado



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA
LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES



PESOS UNITARIOS DE LOS AGREGADOS

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE AGREGADO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DEL CONCRETO PERMEABLE EN LA CIUDAD DE PUÑO, 2023"
REALIZADO POR : Bach. MARILUZ ALEJO CALLE MUESTRA : AGREGADO GRUESO RECICLADO
Bach. MIRIAM PILAR QUISPE MOROCCO
FECHA : 13 OCTUBRE DEL 2023 CANTERA : MUESTRA PROPIO DE LOS TESISTAS

AGREGADO GRUESO

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo no.	1	2	3
Molde No.	02	02	
Volumen del molde (cm ³)	8063.350	8063.350	
Peso del molde (kg)	0.717	0.717	
Peso del agregado suelto + molde (kg)	10.305	10.402	
Peso del agregado suelto en el molde (kg)	9.588	9.685	
Peso volumétrico seco suelto (kg/m ³)	1189.084	1201.114	
Peso volumétrico promedio seco suelto (kg/m ³)	1195.099		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo no.	1	2	3
Molde No.	02	02	
Volumen del molde (cm ³)	8063.350	8063.350	
Peso del molde (kg)	0.717	0.717	
Peso del agregado compactado + molde (kg)	11.413	11.395	
Peso del agregado compactado en el molde (kg)	10.696	10.678	
Peso volumétrico seco compactado (kg/m ³)	1326.496	1324.263	
Peso volumétrico promedio seco compact. (kg/m ³)	1325.380		

408-
W. Quispe Pari
TOP-CON S.R.L.
Ing. William Quispe Pari
ESPECIALISTA DE CONTROL Y CALIDAD
DE LABORATORIO



Anexo 10. Peso unitario del agrado grueso natural



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA
LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES



PESOS UNITARIOS DE LOS AGREGADOS

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE AGREGADO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DEL CONCRETO PERMEABLE EN LA CIUDAD DE PUNO, 2023"
REALIZADO POR : Bach. MARILUZ ALEJO CALLE MUESTRA : AGREGADO GRUESO NATURAL
Bach. MIRIAM PILAR QUISPE MOROCCO
FECHA : 13 OCTUBRE DEL 2023 CANTERA : MUESTRA PROPIO DE LOS TESISISTAS

AGREGADO GRUESO

PESO UNITARIO SUELTO

Ensaye no.	1	2	3
Molde No.	02	02	
Volumen del molde (cm ³)	8063.350	8063.350	
Peso del molde (kg)	0.717	0.717	
Peso del agregado suelto + molde (kg)	13.072	12.972	
Peso del agregado suelto en el molde (kg)	12.355	12.255	
Peso volumétrico seco suelto (kg/m ³)	1532.242	1519.840	
Peso volumétrico promedio seco suelto (kg/m ³)	1526.041		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensaye no.	1	2	3
Molde No.	02	02	
Volumen del molde (cm ³)	8063.350	8063.350	
Peso del molde (kg)	0.717	0.717	
Peso del agregado compactado + molde (kg)	13.718	13.633	
Peso del agregado compactado en el molde (kg)	13.001	12.916	
Peso volumétrico seco compactado (kg/m ³)	1612.357	1601.816	
Peso volumétrico promedio seco compact. (kg/m ³)	1607.086		

15080
W. Quispe
WQP-TOM S.R.L.
Ing. William Quispe Pari
INGENIERO EN CONTROL Y CALIDAD
DE LABORATORIO



Anexo 11. Peso unitario del agregado fino natural



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA
LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES



PESOS UNITARIOS DE LOS AGREGADOS

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE AGREGADO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DEL CONCRETO PERMEABLE EN LA CIUDAD DE PUNO, 2023"
REALIZADO POR : Bach. MARILUZ ALEJO CALLE MUESTRA : AGREGADO FINO NATURAL
Bach. MIRIAM PILAR QUISPE MOROCCO
FECHA : 13 OCTUBRE DEL 2023 CANTERA : MUESTRA PROPIO DE LOS TESISISTAS

AGREGADO FINO

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo no.	1	2	3
Molde No.	1	1	
Volumen del molde (cm ³)	2779.950	2779.950	
Peso del molde (kg)	0.333	0.333	
Peso del agregado suelto + molde (kg)	4.243	4.217	
Peso del agregado suelto en el molde (kg)	3.910	3.884	
Peso volumétrico seco suelto (kg/m ³)	1406.500	1397.147	
Peso volumétrico promedio seco suelto (kg/m ³)	1401.824		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo no.	1	2	3
Molde No.	1	1	
Volumen del molde (cm ³)	2779.950	2779.950	
Peso del molde (kg)	0.333	0.333	
Peso del agregado compactado + molde (kg)	4.516	4.491	
Peso del agregado compactado en el molde (kg)	4.183	4.158	
Peso volumétrico seco compactado (kg/m ³)	1504.703	1495.710	
Peso volumétrico promedio seco compact. (kg/m ³)	1500.207		

0080
W. Quispe
STOP-CONS.R.L.
Ing. Wilton Quispe Pari
ESPECIALISTA DE CONTROL Y CALIDAD
DE LABORATORIO



Anexo 12. Porcentaje de vacío Agregado Grueso Reciclado



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA
LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES



PROCENTAJE DE VACIO

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE AGREGADO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DEL CONCRETO PERMEABLE EN LA CIUDAD DE PUNO, 2023"
Bach. MARILUZ ALEJO CALLE
REALIZADO POR : Bach. MIRIAM PILAR QUISPE MOROCCO MUESTRA : AGREGADO GRUESO RECICLADO
FECHA : 17 OCTUBRE DEL 2023 CANTERA : MUESTRA PROPIO DE LOS TESISISTAS

AGREGADO GRUESO SUELTO

Ensaye no.	1	2	3
(A) Peso específico aparente gr/cm^3	2.143	2.152	
(B) Peso unitario suelto gr/cm^3	1.189	1.201	
(C) Peso unitario del agua gr/cm^3	1.000	1.000	
(D) % Vacío del agregado suelto $((A \cdot C) - B) \cdot 100 / A \cdot C$	44.517	44.191	
PROMEDIO		44.354	

AGREGADO GRUESO COMPACTADO

Ensaye no.	1	2	3
(A) Peso específico aparente gr/cm^3	2.386	2.358	
(B) Peso unitario compactado gr/cm^3	1.326	1.324	
(C) Peso unitario del agua gr/cm^3	1.000	1.000	
(D) % Vacío del agregado suelto $((A \cdot C) - B) \cdot 100 / A \cdot C$	44.426	43.851	
PROMEDIO		44.138	

VºBº
WOP-CONS.R.L.
Ing. William Quispe Pari
ESPECIALISTA DE CONTROL Y CALIDAD
DE LABORATORIO



Anexo 13. Porcentaje de Vacío agregado grueso natural



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA
LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES



PROCENTAJE DE VACIO

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE AGREGADO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DEL CONCRETO PERMEABLE EN LA CIUDAD DE PUNO, 2023"
Bach. MARILUZ ALEJO CALLE
REALIZADO POR : Bach. MIRIAM PILAR QUISPE MOROCCO MUESTRA : AGREGADO GRUESO NATURAL
FECHA : 17 OCTUBRE DEL 2023 CANTERA : MUESTRA PROPIO DE LOS TESISISTAS

AGREGADO GRUESO SUELTO

Ensaye no.	1	2	3
(A) Peso específico aparente gr/cm^3	2.362	2.326	
(B) Peso unitario suelto gr/cm^3	1.532	1.520	
(C) Peso unitario del agua gr/cm^3	1.000	1.000	
(D) % Vacío del agregado suelto $((A \cdot C) - B) \cdot 100 / A \cdot C$	35.140	34.652	
PROMEDIO		34.896	

AGREGADO GRUESO COMPACTADO

Ensaye no.	1	2	3
(A) Peso específico aparente gr/cm^3	2.386	2.358	
(B) Peso unitario compactado gr/cm^3	1.612	1.602	
(C) Peso unitario del agua gr/cm^3	1.000	1.000	
(D) % Vacío del agregado suelto $((A \cdot C) - B) \cdot 100 / A \cdot C$	32.439	32.061	
PROMEDIO		32.250	

Urb
W
SOP-CON S.R.L.
Ing. William Quispe Pari
ESPECIALISTA DE CONTROL Y CALIDAD
DE LABORATORIO



Anexo 14. Porcentaje de vacío Agregado Fino Natural



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA
LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES



PROCENTAJE DE VACIO

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE AGREGADO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DEL CONCRETO PERMEABLE EN LA CIUDAD DE PUNO, 2023"
Bach. MARILUZ ALEJO CALLE
REALIZADO POR : Bach. MIRIAM PILAR QUISPE MOROCCO MUESTRA : AGREGADO FINO NATURAL
FECHA : 17 OCTUBRE DEL 2023 CANTERA : MUESTRA PROPIO DE LOS TESISISTAS

AGREGADO FINO SUELTO

Ensayo no.	1	2	3
(A) Peso específico aparente gr/cm^3	2.386	2.358	
(B) Peso unitario suelto gr/cm^3	1.407	1.397	
(C) Peso unitario del agua gr/cm^3	1.000	1.000	
(D) % Vacío del agregado suelto $((A^*C)-B)^*100/A^*C$	41.031	40.755	
PROMEDIO		40.893	

AGREGADO FINO COMPACTADO

Ensayo no.	1	2	3
(A) Peso específico aparente gr/cm^3	2.386	2.358	
(B) Peso unitario compactado gr/cm^3	1.505	1.496	
(C) Peso unitario del agua gr/cm^3	1.000	1.000	
(D) % Vacío del agregado suelto $((A^*C)-B)^*100/A^*C$	36.924	36.556	
PROMEDIO		36.740	

v.g. William Quispe Peri
WQP-CONS.R.L.
Ing. William Quispe Peri
ESPECIALISTA DE CONTROL Y CALIDAD
DE LABORATORIO



Anexo 15. Ensayo de compresión del concreto



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA
LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES



ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE AGREGADO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DEL CONCRETO PERMEABLE EN LA CIUDAD DE PUNO, 2023"

REALIZADO POR : Bach. MARILUZ ALEJO CALLE, Bach. MIRIAM PILAR QUISPE MOROCCO

FECHA : 19 de noviembre del 2023

Mezcla	Cód.	Peso (gr)	Medidas (cm)		Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso volum. (kg/m ³)	Carga (KN)	Resistencia (kg/cm ²)	Fecha		Edad días
			Alt.	Diam.						Moldeo	Rotura	
M-1	1	7,934	30.0	15.0	176.715	5301.438	1496.6	172.11	99.28	16/10/2023	19/11/23	34
M-1	2	7,896	30.0	15.0	176.715	5301.438	1496.0	162.94	94.41	16/10/2023	19/11/23	34
M-1	3	7,905	30.0	15.0	176.715	5301.438	1491.1	179.65	103.63	16/10/2023	19/11/23	34
M-2	4	8,202	30.0	15.0	176.715	5301.438	1547.1	194.05	111.94	16/10/2023	19/11/23	34
M-2	5	8,252	30.0	15.0	176.715	5307.328	1554.8	199.45	115.05	16/10/2023	19/11/23	34
M-2	6	8,230	30.0	15.0	176.715	5307.328	1550.7	182.74	105.41	16/10/2023	19/11/23	34
M-3	7	8,506	30.0	15.0	176.715	5301.438	1604.5	211.65	122.09	16/10/2023	19/11/23	34
M-3	8	8,501	30.0	15.0	176.715	5301.438	1603.5	215.54	124.33	16/10/2023	19/11/23	34
M-3	9	8,510	30.0	15.0	176.715	5307.328	1603.4	215.62	124.38	16/10/2023	19/11/23	34
M-4	10	8,672	30.0	15.0	176.715	5301.438	1635.8	245.12	141.40	16/10/2023	19/11/23	34
M-4	11	8,680	30.0	15.0	176.715	5301.438	1637.3	240.30	138.62	16/10/2023	19/11/23	34
M-4	12	8,675	30.0	15.0	176.715	5301.438	1636.3	243.01	140.18	16/10/2023	19/11/23	34
M-5	13	8,847	30.0	15.0	176.715	5301.438	1668.8	275.69	159.03	16/10/2023	19/11/23	34
M-5	14	8,851	30.0	15.0	176.715	5301.438	1669.5	271.69	156.72	16/10/2023	19/11/23	34
M-5	15	8,846	30.0	15.0	176.715	5301.438	1668.6	281.65	162.47	16/10/2023	19/11/23	34
M-6	16	8,665	30.0	15.0	176.715	5301.438	1634.5	152.65	88.06	17/10/2023	19/11/23	33
M-6	17	8,661	30.0	15.0	176.715	5307.328	1631.9	155.84	89.90	17/10/2023	19/11/23	33
M-6	18	8,663	30.0	15.0	176.715	5301.438	1634.1	154.59	89.17	17/10/2023	19/11/23	33
M-7	19	8,701	30.0	15.0	176.715	5301.438	1641.3	174.98	100.94	17/10/2023	19/11/23	33
M-7	20	8,709	30.0	15.0	176.715	5301.438	1642.8	171.62	99.00	17/10/2023	19/11/23	33
M-7	21	8,703	30.0	15.0	176.715	5301.438	1641.6	173.41	100.03	17/10/2023	19/11/23	33
M-8	22	8,736	30.0	15.0	176.715	5301.438	1647.9	197.54	113.95	17/10/2023	19/11/23	33
M-8	23	8,741	30.0	15.0	176.715	5301.438	1648.8	193.58	111.67	17/10/2023	19/11/23	33
M-8	24	8,739	30.0	15.0	176.715	5307.328	1646.6	190.65	109.98	17/10/2023	19/11/23	33
M-9	25	9,160	30.0	15.0	176.715	5301.438	1727.8	221.44	127.74	17/10/2023	19/11/23	33
M-9	26	9,155	30.0	15.0	176.715	5301.438	1726.9	215.69	124.42	17/10/2023	19/11/23	33
M-9	27	9,158	30.0	15.0	176.715	5295.547	1729.4	218.74	126.18	17/10/2023	19/11/23	33
M-10	28	9,582	30.0	15.0	176.715	5301.438	1807.4	236.99	136.71	17/10/2023	19/11/23	33
M-10	29	9,590	30.0	15.0	176.715	5301.438	1808.9	237.65	137.09	17/10/2023	19/11/23	33
M-10	30	9,587	30.0	15.0	177.501	5330.942	1798.4	245.68	141.09	17/10/2023	19/11/23	33

WQP S.R.L.
Ing. William Quispe Pari
ESPECIALISTA DE CONTROL Y CALIDAD
DE LABORATORIO

Anexo 16. especificaciones técnicas cemento Rumi IP.



DESCRIPCIÓN

EL CEMENTO CLÁSICO DE ALTA DURABILIDAD

RUMI IP es un cemento elaborado bajo los más estrictos estándares de la industria cementera, colaborando con el medio ambiente, debido a que en su producción se reduce ostensiblemente la emisión de CO₂, contribuyendo a la reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos de última generación, logrando un alto grado de finura. La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001, asegurando un alto estándar de calidad.

Sus componentes y la tecnología utilizada en su fabricación, hacen que el CEMENTO DE ALTA DURABILIDAD RUMI TIPO IP, tenga propiedades especiales que otorgan a los concretos y morteros cualidades únicas de ALTA DURABILIDAD, permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, ácidas, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión, u otros tipos de deterioro.

Puede ser utilizado en cualquier tipo de obras de infraestructura y construcción en general. Especialmente para OBRAS DE ALTA EXIGENCIA DE DURABILIDAD.

DURABILIDAD

"Es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción agresiva del medio ambiente que lo rodea, permitiendo alargar su vida útil".

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

REQUISITOS	CEMENTO RUMI TIPO IP		REQUISITOS NORMA NTP 334.090 ASTM C-595		REQUISITOS NORMA NTP 334.009 ASTM C-150 (CEMENTO TIPO I)	
REQUISITOS QUÍMICOS						
MgO (%)			6.00 Máx.			
SO ₃ (%)	1,5 a 3,0		4.00 Máx.			
Pérdida por Ignición (%)	1,5 a 4,0		5.00 Máx.			
REQUISITOS FÍSICOS						
Peso específico (gr/cm ³)	2,75 a 2,85		-			
Expansión en autoclave (%)	0,07 a 0,03		-0.20 a 0.80			
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170 a 270		45 a 420			
Contenido de aire	2,5 a 8,0		12 Máx.			
Resistencia a la compresión						
	Kgf/cm ²	MPa	Kgf/cm ²	MPa	Kgf/cm ²	MPa
3 días	175 a 200	17,1 a 19,6	133 Min	13	122 Min	12Min
7 días	225 a 255	22 a 25	204 Min	20	194 Min	19 Min
28 días	306 a 340	30 a 33,3	255 Min	25	-	-
Retracción y Dilatación						
% Expansión a los 6 meses	< 0,04		0.05 Máx			
% Expansión a 1 año	< 0,05		0.10 Máx			

RUMI



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo MARILUZ ALEJO CALLE
identificado con DNI 76223957 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGROMENSURA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
"INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE AGREGADO RECICLADO EN EL
COMPORTAMIENTO FISICO-MECANICO DEL CONCRETO PERMEABLE
EN LA CIUDAD DE PUNO"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

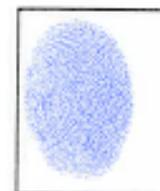
Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 18 de ENERO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo MIRIAM PILAR QUISPE MOROCUO,
identificado con DNI 70832479 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGROMENSURA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE AGREGADO RECICLADO
EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL CONCRETO PERMEABLE
EN LA CIUDAD DE PUNO "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 18 de ENERO del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo MARILUZ ALEJO CALLE
identificado con DNI 76223957 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE AGREGADO RECICLADO EN EL
COMPORTAMIENTO FISICO - MECANICO DEL CONCRETO PERMEABLE
EN LA CIUDAD DE PUNO"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 18 de ENERO del 20 24

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo MIRIAM PILAR QUISPE NOROCCO identificado con DNI 70832479 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE AGREGADO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO FISLO-MECANICO DEL CONCRETO PERMEABLE EN LA CIUDAD DE PUNO"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determina, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 18 de ENERO del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella