



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



EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICA
DEL CONCRETO CON USO TOTAL O PARCIAL DE AGREGADO
FINO RECICLADO ELABORADO EN LA CIUDAD DE PUNO

TESIS

PRESENTADA POR:

ELVIN SONCCO CUNO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO TOPOGRÁFO Y AGRIMENSOR

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios por haberme dado fuerza y perseverancia.

A mi padre Martin que en paz descanse y a mi madre Gabina por sus consejos y su apoyo incondicional.

A mis hijos Kevin Fabrizio y Kristel Nathaly que son la razón de mi vida y a mi esposa Yuly Ccuno que me apoya incondicionalmente en cada etapa de mis estudios, por el tiempo y paciencia que me han tenido durante todo el periodo de mis estudios en nuestra institución, Universidad Nacional del Altiplano, y a la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, por habernos brindado la oportunidad de escalar un peldaño más, en el amplio campo del conocimiento.

Elvin Soncco Cuno



AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, fortaleza, inteligencia, sabiduría, amor y por confiar siempre en mí y no abandonarme en este camino.

A mi asesor, Ing. Jorge Luis Aroste Villa, por su dedicación en la dirección del presente trabajo que con sus conocimientos y su apoyo constante ha sido el camino que guía esta investigación.

A mis padres por darme alientos para poder culminar mi carrera profesional y por su comprensión y paciencia que me tuvieron en mi persona.

A mis pequeños hijos: Kevin Fabrizio y Kristel Nathaly por ser mi fuerza, motivo, razón de mi vida y por hacer de mí, el padre más feliz de este mundo.

A mi esposa Yuly, por su comprensión y apoyo incondicional que me han permitido cumplir con mis objetivos.

Elvin Soncco Cuno



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 11

ABSTRACT..... 12

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 13

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 14

1.2.1. Pregunta general..... 14

1.2.2. Preguntas Específicas..... 14

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 15

1.3.1. Hipótesis general..... 15

1.3.2. Hipótesis específica..... 15

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 15

1.4.1. Objetivo general 15

1.4.2. Objetivos específicos 15

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES 16



2.2. MARCO TEÓRICO	20
2.2.1. Concreto	20
2.2.2. Cemento Pórtland.....	21
2.2.3. Agregados	24
2.2.4. Agregados reciclados	29
2.2.5. Agua Potable	34
2.2.6. Método de diseño de mezcla ACI - 211.....	37

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES	39
3.1.1. Agregados	39
3.1.2. Cemento	40
3.1.3. Agua.....	40
3.2. MÉTODOS	41
3.2.1. Tipo y diseño.....	41
3.2.2. Población y muestra	41
3.2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	42
3.2.4. Diseño Estadístico.....	43

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS.....	46
4.1.1. Análisis físico del agregado	46
4.1.2. Diseño de mezcla	53
4.1.3. Resistencia a la compresión	59
4.2. DISCUSIÓN.....	60



4.2.1. Granulometría del agregado fino	60
4.2.2. Módulo de fineza del agregado fino	62
4.2.3. Peso específico del agregado fino	62
4.2.4. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.....	63
4.2.5. Diseño de mezcla	64
4.2.6. Resistencia a la compresión	65
V. CONCLUSIONES.....	71
VI. RECOMENDACIONES	72
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
ANEXOS.....	79

ÁREA: Ciencias Naturales

LÍNEA: Aplicación de los métodos geo estadísticos al tratamiento de información medioambiental y topográfica.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 20 de septiembre de 2022



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación de los cementos según su composición	23
Tabla 2	Empresas de fabricación de cemento en el Perú.....	24
Tabla 3	Tamices a utilizar para realizar el análisis granulométrico.....	27
Tabla 4	Análisis granulométrico del agregado fino	28
Tabla 5	Requisitos granulométricos del agregado grueso	29
Tabla 6	Clasificación de los agregados gruesos triturado según NTP 400.053 y E.060, Perú.....	32
Tabla 7	valor máximo admisible del agua	37
Tabla 8	Características más importantes del cemento Rumi IP.....	40
Tabla 9	Análisis de varianza para 2 factores con n réplicas	44
Tabla 10	Calculo granulométrico del agregado fino reciclado	47
Tabla 11	Calculo granulométrico del agregado fino natural	48
Tabla 12	Calculo granulométrico del agregado grueso natural	49
Tabla 13	Módulos de finezas en los agregados	50
Tabla 14	Resultado de peso específico y absorción del agregado fino reciclado.....	51
Tabla 15	Resultado del peso específico y absorción del agregado fino natural	51
Tabla 16	Resultado del peso específico y absorción del agregado grueso	51
Tabla 17	Resultados de Peso unitario suelto y compactado	52
Tabla 18	Porcentaje de humedad en los agregados	53
Tabla 19	Diseño de mezcla según el % de AFR y la relación a/c	54
Tabla 20	Características físicas de los agregados	54
Tabla 21	Asentamiento recomendado según consistencia.....	55
Tabla 22	Contenido de aire atrapado	55
Tabla 23	Volumen unitario de agua.....	56



Tabla 24	Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.	56
Tabla 25	Resumen de materiales por 1m ³ de concreto sin AF.	57
Tabla 26	Resumen de materiales seco para 1m ³ de concreto.....	57
Tabla 27	Resumen de materiales húmedo para 1m ³ de concreto.....	58
Tabla 28	Resumen de diseño de mezclas.....	59
Tabla 29	Resistencia del concreto (kg/cm ²) para diferentes AFR	60
Tabla 30	Datos para el análisis ANOVA, a/c, %AFR Vs Resistencia a la compresión	65
Tabla 31	Análisis ANOVA para Resistencia a la compresión	67
Tabla 32	Pruebas de Tukey para Resistencia a la compresión por %AFR al 95%	68
Tabla 33	Pruebas de Contraste para Resistencia a la compresión por %AFR al 95%	68
Tabla 34	Pruebas de Tukey para Resistencia a la compresión por a/c al 95%	69
Tabla 35	Pruebas de Contraste para Resistencia a la compresión por a/c al 95%	69



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Curva granulométrica del agregado fino reciclado.....	47
Figura 2	Curva granulométrica el agregado fino natural	48
Figura 3	Curva granulométrica del agregado grueso natural	49
Figura 4	Comparación granulométrica del AFR y AFN	61
Figura 5	Comparación del módulo de fineza del AFR y AFN.....	62
Figura 6	Comparación del peso específico y absorción del agregado fino.....	63
Figura 7	Comparación del peso unitario suelto y compactado del agregado fino	63
Figura 8	Comparación del diseño de mezcla relacionado al agregado fino y a/c	64
Figura 9	Resistencia del concreto en relación al %AFR y a/c	69
Figura 10	Zarandeo por la malla N° ¼” del agregado fino reciclado.....	80
Figura 11	Prueba del peso unitario seco compactado del AFR.....	80
Figura 12	Determinación del Peso Específico del Agregado fino reciclado.....	81
Figura 13	Especímenes para prueba de resistencia del concreto	81
Figura 14	Determinación del mas dimensiones de los especímenes de concreto	82
Figura 15	Prueba de resistencia a la compresión del concreto.....	82



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ACI	: American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto)
AF	: Agregado Fino
AFN	: Agregado Fino Natural
AFR	: Agregado Fino Reciclado
AFRM	: Agregado Fino Reciclado Molido
AG	: Agregado grueso
ANOVA	: análisis de varianza
ASTM	: American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para
CIED	: Centro de Innovación, Especialización y Desarrollo
f_c	: Resistencia promedio a la compresión del concreto
f_{c_r}	: Resistencia promedio a la compresión del concreto requerida
M.F.	: Módulo de Fineza
MPa	: Mega Pascales
NTP	: Norma Técnica Peruana
ONU	: Organizacion de las Naciones Unidas
PCA	: Portland Cement Association (Asocioacion de Cemento Portland) Pruebas y Materiales)
PUSC	: Peso Unitario Seco Compactado
PUSS	: Peso Unitario Seco Suelto
RCD	: Residuos de Construcción y Demolición
TMN	: Tamaño Máximo Nominal
UTM	: Universal Transverse Mercator (universal transversal de Mercator)



RESUMEN

La presente investigación de “Evaluación de las propiedades físico - mecánica del concreto con uso total o parcial de agregado fino reciclado elaborado en la ciudad de Puno en el año 2022”, se realizó en el laboratorio de Materiales y Ensayos de la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, tuvo como objetivo la determinación de las características físicas de los agregados finos reciclados, y la resistencia del concreto elaborado con el uso total o parcial del AFR, teniéndose una investigación cuantitativa – transversal descriptiva, para ello se ha utilizado la NTP en la caracterización física de los agregados y norma ACI 211 en el diseño de mezcla. Se han elaborado 12 diseños de mezclas con AFR en porcentajes de 100%, 67%, 33% y 0% con relaciones a/c de 0.62, 0.55 y 0.48, realizándose pruebas de resistencia a la compresión en probetas de concreto. Los resultados mostraron que los agregados finos reciclados presentaron características físicas diferentes, presentando una distribución granulometría fuera de los rangos permitidos, con módulo de fineza superior en 52%, con Absorción superior a 67%, con peso unitario suelto inferior a 22% y peso unitario compactado inferior a 27%, en comparación a los valores presentados por los AFN, siendo el % de Absorción y Modulo de finezas que influyeron en el incremento de agua de amasado en 26% y la disminución de la cantidad de agregado grueso en 27% en el diseño de la mezcla. El estadístico ANOVA multivariable nos indicó que existe una diferencia significativa en la resistencia del concreto con un Valor-*P* de 0.0000 al 95% de nivel de confianza. Como conclusión se tiene que el agregado fino reciclado influye de manera negativa en la resistencia a la compresión del concreto, mientras más agregado fino reciclado se adicione a la mezcla menos resistente será esta, sin embargo se puede conseguir un concreto de resistencia a la compresión de 210 kg/cm² con el uso de 33% de AFR con una relación de a/c de 0.48.

Palabras clave: Agregados reciclados, agregados finos, concretos, diseño de mezcla, contaminantes.



ABSTRACT

The present investigation of "Evaluation of the physical - mechanical properties of concrete with total or partial use of recycled fine aggregate elaborated in the city of Puno in the year 2022", was carried out in the Laboratory of Materials and Tests of the Professional School of Engineering Topographical and Surveying, had as objective the determination of the physical characteristics of the fine recycled aggregates, and the resistance of the concrete elaborated with the total or partial use of the AFR, having a quantitative - cross-sectional descriptive investigation, for which the NTP has been used in the physical characterization of aggregates and ACI 211 standard in mix design. 12 mix designs have been developed with AFR in percentages of 100%, 67%, 33% and 0% with w/c ratios of 0.62, 0.55 and 0.48, performing compressive strength tests on concrete specimens. The results showed that the recycled fine aggregates presented different physical characteristics, presenting a particle size distribution outside the permitted ranges, with a fineness modulus greater than 52%, with an absorption greater than 67%, with a loose unit weight of less than 22% and a unit weight compacted less than 27%, compared to the values presented by the AFN, being the % of Absorption and Modulus of fineness that influenced the increase of mixing water in 26% and the decrease in the amount of coarse aggregate in 27% in the mix design. The multivariable ANOVA statistic indicated that there is a significant difference in the strength of the concrete with a P-Value of 0.0000 at the 95% confidence level. As a conclusion, the recycled fine aggregate has a negative influence on the compressive strength of the concrete, the more recycled fine aggregate is added to the mixture, the less resistant it will be, however, a concrete with a compressive strength of 210 kg/cm² using 33% AFR with a w/c ratio of 0.48.

Keywords: Recycled aggregates, fine aggregates, concrete, mix design, contaminants.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cada año en el mundo se producen alrededor de 6.5 mil millones de toneladas de Residuos de Construcción y Demolición (RCD), y que 2.6 a 3.0 mil millones de toneladas de RCD son de residuos inertes de la construcción y demolición (POGOTECH, 2017).

Otra problemática vinculado a la construcción es la extracción de los agregados finos y gruesos, considerado como los materiales más explotados a nivel mundial, y que actualmente se presenta escasez de los agregados finos para el uso en la construcción (Torres et al., 2017).

Países como Bélgica, Alemania España, etc., investigan sobre el aprovechamiento y tratamiento de los Residuos de Construcción, con establecimiento de políticas para la separación tratamiento y uso en las diferentes áreas de la construcción, con fines de disminuir el material residual y el material final dispuesto (Pacheco et al., 2017).

En América Latina cada día son dispuestos más de 145,000 toneladas de RCD en lugares inadecuados y/o dispuestos al medio ambiente a cielo abierto, cantidad que equivale a un tercio de los residuos urbanos generados, una acción que contamina los suelos, el agua y el aire, afectando la salud de las personas (ONU, 2018).

La ciudad de Puno no es ajena a esta problemática, en algo más de diez años la generación de RSU en la ciudad lacustre aumentó de 74,23 tn/d a 93,14 tn/d. De este total, los residuos domiciliarios o municipales alcanzó las 71,51 tn/d, de las cuales se recolectó el 89,9 % (1) y se trasladó al botadero de la localidad. Mientras que el 10,1 % se depositó en las vías de la ciudad (Velasquez, 2017).



Se encontró que los residuos sólidos que contaminan la Bahía son principalmente de naturaleza inorgánica (70%), siendo su composición: concretos, Fierros, Vidrios, Mayólicas. El mayor porcentaje de residuos (29,97%) se presenta en la zona Sur Oeste del Malecón, El mayor porcentaje en peso (30.49%) de residuos sólidos inorgánicos por m² se encuentra en la zona sur oeste del área de influencia del Malecón Turístico de la bahía interior del lago Titicaca, ciudad de Puno (Tumi Quispe, 2012).

Con el fin de poder proponer una diferente disposición es que se debe de proponer un uso alternativo de estos desechos, y transformarlos en agregados alternativos utilizados en la construcción o en la elaboración de otros materiales como ladrillos, bloques, etc.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Por lo que se propone las siguientes interrogantes:

1.2.1. Pregunta general

¿Qué propiedades físico - mecánica presentará el concreto con uso total o parcial de agregados fino reciclado elaborado en la Ciudad de Puno?.

1.2.2. Preguntas Específicas

- ¿Qué características físicas presentarán los agregados finos reciclados, utilizados en la elaboración de concreto con uso total o parcial de agregados finos reciclados elaborados en la Ciudad de Puno?.
- ¿Cuál será la resistencia a la compresión del concreto elaborados con el total o parcial de agregado finos reciclados en la Ciudad de Puno?.



1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

1. Las propiedades físico - mecánica del concreto con uso total o parcial de agregados fino reciclado elaborado en la Ciudad de Puno son diferentes a los concretos con agregados naturales.

1.3.2. Hipótesis específica

1. Los agregados finos reciclados presentan características físicas diferentes a los agregados finos naturales.
2. Con la sustitución total o parcial del agregado fino reciclado en el concreto se puede obtener un concreto con resistencia a la compresión cercana a los concretos con agregado fino natural.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

1. Evaluar las propiedades físico - mecánica que presenta el concreto con uso total o parcial de agregados fino reciclado elaborado en la Ciudad de Puno.

1.4.2 Objetivos específicos

2. Determinar las características físicas que presentaran los agregados finos reciclados, utilizados en la elaboración de concreto con uso total o parcial de agregados finos reciclados elaborados en la Ciudad de Puno.
3. Determinar la resistencia a la compresión de concretos elaborados con el total o parcial de agregado finos reciclados en la Ciudad de Puno.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Erazo, (2018), menciona que “al combinar 35% de agregado fino reciclado + 65% de agregado fino natural: el agregado se encuentra dentro de los límites indicados en la Análisis granulométrico del agregado fino de la NTP 400.037 y el módulo de fineza de 2.72 recomendado por la NTP 400.037. El agregado grueso. El agregado fino combinado presenta un peso específico de 2524 kg/cm², por lo que se concluye que este material es un agregado del tipo normal al encontrarse entre los límites de 2500 a 2750 kg/cm². La absorción del agregado fino combinado y grueso reciclado son 2.92% y 5.3% respectivamente. Estos valores son relativamente altos comparados con los valores de agregados naturales que oscilan entre 0.2% a 2% para agregados finos y 0.2% a 4% para agregados gruesos. En el diseño de mezcla la proporción en peso fue de 1:2.3:2.7/30.4lt/bolsa, con una relación a/c = 0.71, por lo que se concluye que al presentar los agregados reciclados un alto porcentaje de absorción y humedad, el agua a emplear en la mezcla será mayor, lo que provoca una alta relación a/c. El slump que se obtuvo de la mezcla de concreto fue de 3”, La temperatura que tenía la mezcla de concreto fue de 29.6°C, menor a los 32°C como máximo permitido por la Norma Técnica Peruana. De los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días fueron favorables, obteniéndose un 110%, 120% y 139% respectivamente de la resistencia de diseño. La utilización de agregado fino combinado (35% Ag. Fino reciclado + 65% Ag. Fino Natural) y agregado grueso reciclado no influyeron en gran medida en los resultados de resistencia a la compresión, por lo que la proporción utilizada para la mejora del agregado fino reciclado es correctamente la adecuada”



Britcher & Pestana, (2015), realizan un diseño de mezcla experimental de concreto en la cual se sustituye el 100% de la arena lavada por escombros triturados partiendo del diseño de una mezcla convencional de concreto. Para ello, realizaron estudios granulométricos, pesos específicos y, procedimientos de mezclado, vaciado y curado, los asentamientos y resistencias de cada una de las mezclas. La mezcla experimental adquirió un asentamiento de $2\frac{7}{8}$ " y alcanzó una resistencia promedio a los 7 días de 182 kg/cm^2 , este valor es muy aproximado al valor referencial que se encuentra una variación de resistencia con respecto a la edad del hormigón. No obstante la resistencia promedio a los 28 días fue de 205 Kg/cm^2 lo cual indica que el concreto no obtuvo la resistencia esperada. Concluyendo que este hormigón no cumple con los requisitos establecidos en normas para ser usado como concreto estructural. Sin embargo, al realizar una inspección visual a los cilindros rotos, se observó que existían problemas de adherencia entre la pasta y el agregado grueso existiendo la posibilidad de que esto sea un factor influyente en la pérdida de la resistencia. Desde el punto de vista profesional este concreto funciona como una alternativa ecológica y más económica al momento de ejecutar proyectos en cual se requiera uso del hormigón. La realización de estudios más avanzados serán determinantes para la optimización de un concreto en el cual se utilice escombros triturados como agregado fino.

Zega, (2016), realizó hormigones autocompactantes con finos constituidos por 100% filler calizo, 50% filler calizo + 50% agregado fino reciclado molido (AFRM), y 100% AFRM. En todos los hormigones se mantuvo aproximadamente constante el contenido unitario de cemento. Los resultados de las evaluaciones en estado fresco y endurecido revelan lo siguiente: El reemplazo de filler calizo por AFRM aumenta la fluidez del hormigón autocompactante a la vez que disminuye su cohesividad. Ello conduciría a mezclas más segregables, pero aun así se lograron mezclas aptas con 100%



de AFRM. Igualmente, parece conveniente continuar los estudios con reemplazos parciales de los finos por AFRM con vistas a mantener niveles de certidumbre aceptables de la autocompactabilidad en la aplicación en obra. El AFRM mostró baja influencia sobre las propiedades en estado endurecido que incluyeron resistencia a compresión, penetración de agua a presión, velocidad de secado, velocidad de succión capilar y resistividad eléctrica.

Sosa *et al.*, (2017), mencionan que las distintas propiedades evaluadas a tres agregados finos reciclados (AFR) provenientes de la trituración de hormigones de distinta procedencias (M: mixer; L: laboratorio; P: pavimento), y a los morteros con ellos elaborados, empleándolos en 20 y 40%, en comparación con los elaborados con arena de trituración granítica (G), se puede indicar que: Los AFR, independientemente de su procedencia, presentan menor densidad y mayor absorción y pérdida de peso por ataque con sulfatos respecto al agregado G. Ello se debe atribuir a la presencia de mortero adherido en las partículas de los AFR. La fluidez de los morteros con AFR disminuye con relación a la de los morteros patrones elaborados con el agregado G. Este hecho es atribuido a las diferencias en la forma y textura de los AFR respecto del agregado G. La densidad de los morteros disminuye, mientras que la absorción aumenta al utilizar AFR, incrementándose las diferencias al aumentar el contenido de AFR, hechos relacionados con la mayor porosidad del mortero adherido al agregado reciclado.

Ruelas, (2015) menciona que el árido reciclado procedente de pavimentos rígidos presenta ciertas cualidades inferiores al árido natural y tiene una calidad adecuada para producir concreto, y su uso en proporciones mayores a 20% del árido grueso es riesgoso, ya que tiende a disminuir considerablemente su resistencia a compresión. Las propiedades del concreto fresco de los grupos patrón y experimentales resultaron ser similares con resultados dentro de los límites recomendados, y el concreto con árido reciclado es más



liviano que el concreto convencional. Las propiedades del concreto fresco han demostrado ser similares en los grupos patrón y experimentales. El árido reciclado puede ser utilizado hasta en un 40% del árido grueso, se estima que los concretos de baja resistencia alcanzaron mejores resultados debido al coeficiente que se le suma al $f'c$ para obtener el $f'cr$ que es más significativo en estos concretos. En general se afirma que el árido reciclado puede usarse hasta en un 20%, sin provocar deficiencias en la resistencia de diseño del concreto.

Choque, (2011) manifiesta que el comportamiento de un concreto reciclado varía por el cambio porcentual de agregados gruesos reciclados en su estructura, es decir a menor inserción de agregado reciclado, mejor será el comportamiento mecánico - físico en general de nuestros concretos. la inserción de agua será mayor que el diseño de un concreto normal. Esto puesto que la composición de agregado grueso reciclado está acompañado o lleva adherido concreto, resultando que su peso específico es menor y por consiguiente la capacidad de absorción de agua será mayor. y aparentemente pareciera que los diseños de mezclas darán proporciones iguales estas no son semejantes debido al material granular reciclado. - Se ha realizado los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos elaborados con la inserción del agregado grueso reciclado en 50%, 75% y 100%, de los cuales los ensayos indican que llevándolos en porcentajes de inserción menor, estos se encuentran dentro los parámetros para la producción de concreto para pavimentos rígidos de baja transitabilidad.

Mattey *et al.*, (2015), describen la obtención de paneles de ferrocemento con la incorporación de agregado fino reciclado (AFR) obtenidos a partir de la trituración de escombros de concreto. Se partió de la obtención de un mortero referencia que cumpliera con la resistencia mínima a la compresión requerida para esta aplicación (25 MPa a los 28 días de curado) y asentamiento máximo de 6 cm. Estudiaron el efecto sobre la



resistencia a la compresión de este mortero de referencia, de la incorporación de AFR en niveles de 25%, 50%, 75% y 100%. Posteriormente y con base en resultados óptimos se elaboraron paneles de ferrocemento utilizando barras de acero, malla hexagonal y malla zaranda (ZAG). Los resultados obtenidos revelan la posibilidad de sustituir totalmente la arena natural por AFR en la fabricación de paneles de ferrocemento con resistencias a la flexión de hasta 34,16 MPa y morteros con resistencias a la compresión superiores a 7,3% a los basados en un 100% de arena natural. Como resultado se obtuvo que la mezcla con 100% de reemplazo de arena por AFR presentó una resistencia a la compresión promedio de 47,1 MPa a los 28 días de curado, resistencia mayor en comparación con la de la mezcla patrón (43,9 MPa). Este aumento de 7,3% en la resistencia se debe principalmente a que los finos provenientes de escombros que forman una matriz con mayor adherencia debido a la rehidratación del cemento contenido en este, lo cual proporciona sitios de nucleación para la formación de nuevos productos de hidratación, lo que sugiere que la adición de finos de escombros reciclados contribuye al desarrollo de propiedades mecánicas.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Concreto

2.2.1.1. Concepto del concreto

La NTP 339.047, (2006) menciona que el concreto es una mezcla de material aglomerante (conglomerante) y agregados fino y grueso. En el concreto normal, comúnmente se usan como medio aglomerante, el cemento Portland y el agua, pero también pueden contener puzolanas, escorias y/o aditivos químicos.

2.2.1.2. Tipo de concreto

La NTP 339.047, (2006) menciona los siguientes tipos de concreto:



- **Concreto de alta resistencia:** Concreto de mayor resistencia a la que habitualmente se utiliza en la construcción. Su definición, varía según la realidad de cada país. Se puede considerar al concreto con una resistencia de diseño de 70 Mpa.
- **Concreto de densidad elevada, concreto pesado:** Concreto que normalmente se logra con el uso de agregados de alta densidad.
- **Concreto de peso normal:** Tipo de concreto producido con agregados de densidad normal, frecuentemente piedra triturada o grava, y que tiene una densidad de aproximadamente 2,400 kg/m³.

2.2.2. Cemento Pórtland

2.2.2.1. Concepto del cemento Portland

Para Bautista, (2018) El cemento es un aglomerante que es usado en el concreto, y para que esta tenga otras características se podría adicionar otros aditivos o materiales, como cenizas, escorias o humo de sílice

Según la NTP 334.009, (2016) y define al “Cemento Pórtland: cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda”.

la NTP 339.047, (2006) define al cemento portland adicionado como el producto obtenido por la pulverización conjunta del Clinker Portland y otros materiales denominados a este efecto como adiciones, como la puzolanas, escoria filler con la adición eventual del sulfato de calcio. El contenido de adiciones puede ser limitado por la norma específica correspondiente. La incorporación de adiciones contribuye a mejorar las propiedades del cemento.



El Comité ACI. 522R, (2006) menciona que a mayor adición de materiales cementantes, como el cemento portland, generará que el concreto sea más resistente.

2.2.2.2. Componentes del cemento

Según (Abanto, 2017) los componentes principales del cemento son:

- la caliza y sílice (arcilla o escoria de alto horno), estos son mezclados en proporciones adecuadas y sometidos a un proceso de fusión en un horno rotatorio, dando creación al Clinker, este posteriormente será sometido a molinos de bola convirtiéndolo en polvo finísimo.
- Una vez que el Clinker se encuentra en este estado se le agrega yeso más o menos un 5% del peso. Este porcentaje cumple la función de regular el proceso de fraguado del cemento, el cual si no lo contiene endurecería en forma casi inmediata.
- Cemento Portland, es denominado al cemento que sigue el procedimiento descrito anteriormente. También existen los cementos Portland con adiciones especiales, los cuales además de mantener las características del Portland poseen otras propiedades especiales relacionadas principalmente con la durabilidad y la resistencia química.

2.2.2.3. Clasificación del cemento

Según Abanto, (2017), los cementos en el Perú se clasifican por su resistencia y composición , tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación de los cementos según su composición

Denominación	Proporción de los componentes		
	Clinker	Puzolana	Escoria
Portland	100%	—	—
Portland Puzolánico	$\geq 70\%$	$\geq 30\%$	—
Portland Siderúrgico	$\geq 70\%$	—	$\leq 30\%$
Puzolánico	50 — 70%	30 — 50%	—
Siderúrgico	25 — 70%	—	30 — 75%

Nota: Tecnología del concreto, Abanto (2009).

2.2.2.4. Tipos de Cementos

Igualmente la NTP 334.009, (2016) establece los seis tipos de cemento Pórtland que se indican a continuación:

Tipo I: Para uso general que no requiera propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo;

Tipo II: Para uso general, específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos;

Tipo II (MH): Para uso general, específicamente cuando se desea un moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos;

Tipo III: Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales;

Tipo IV: Para usar cuando se desea bajo calor de hidratación; 1.6

Tipo V: Para usar cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

NOTA: Algunos cementos son denominados con un tipo de clasificación combinada, como Tipo I/II, indicando que el cemento reúne los requisitos de los tipos señalados y es ofrecido como adecuado como para su uso cuando se desea cualquiera de los dos tipos.

2.2.2.5. Puzolana

La NTP 339.047, (2006) define a la “puzolana como la sustancias naturales o industriales, silíceas o silícoaluminosas, o una combinación de ambas, que endurecen cuando se amasan con agua, a la temperatura ambiente con el hidróxido de calcio disuelto ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) de la pasta de cemento y forman compuestos de silicato de calcio y aluminato de calcio, capaces de desarrollar resistencia. Estos compuestos son similares a los que se forman durante el endurecimiento de los materiales hidráulicos. Las puzolanas constarán esencialmente de SiO_2 , reactivo, no menor del 25% en masa. No endurece por sí mismo con el agua”.

2.2.2.6. Los Cementos en el Perú

Según la PCA, (2004) las empresas cementeras que se muestran en la Tabla 2, actualmente producen cemento en el Perú:

Tabla 2

Empresas de fabricación de cemento en el Perú

Nombre	ubicación
Cementos Lima S A	Atocongo – Lima
Cementos Pacasmayo S A A	Pacasmayo - La Libertad
Cemento Andino S A	Condorcocha - Tarma (Junin)
Yura SA	Yura - Arequipa
Cemento Sur S A	Caracoto - Juliaca (Puno)
Cemento Rioja	Pucallpa - Ucayali

Fuente: *Diseño y control de mezclas de concreto*, (PCA, 2004)

2.2.3. Agregados

2.2.3.1. Conceptos de agregados

La NTP 400.011, (2008) aplican las siguientes definiciones de:



- **Agregado:** 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.
- **agregado denominado hormigón:** Material mixto de piedra, arena y finos, que se encuentra generalmente en canteras y se utiliza en algunos casos en concretos no estructurales.
- **Agregado para hormigón (concreto):** Conjunto de partículas pétreas de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la NTP 400.037.
- **Agregado anguloso:** Son agregados que poseen aristas bien definidas formadas por la intersección de superficies aproximadamente planas.
- **Agregado aislante:** Comprende dos grupos de agregados: el grupo I agregados no estructurales que cumplen los requisitos de ASTM C332, incluye a las perlitas con una densidad de masa entre 120 kg/m³ y 192 kg/m³ y vermiculitas con una densidad de masa entre 88 kg/m³ y 160 kg/m³; el grupo II cumplen los requisitos de ASTM C 330 y ASTM C 331.
- **Agregado bien graduado:** Agregado cuya distribución de tamaños de partículas produce una densidad máxima, es decir minimiza los vacíos.
- **Agregado de granulometría densa:** Agregados clasificados de manera que al ser compactados se obtenga un bajo contenido de vacíos y un peso máximo.
- **Agregado de granulometría discontinua:** Agregado clasificado de manera que ciertos tamaños intermedios están sustancialmente ausentes.
- **Agregado de peso normal:** Agregado que no es pesado ni liviano.
- **Agregado de tamaño único:** Agregado en el cual una gran proporción de las partículas están comprendidas dentro de un rango de tamaños limitados.



- **Agregado que pasa:** Se considera que un agregado pasa por un tamiz, siempre que no retenga más de un 5 % en masa (peso) del material tamizado.
- **Agregado retenido:** Un agregado es retenido por un tamiz cuando este no deja pasar más de un 5 % en masa (peso) del material tamizado.
- **Agregado fino:** Agregado artificial de rocas o piedras proveniente de la disgregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037.
- **Agregado global:** Mezcla de agregado fino y agregado grueso, normalizado por un a granulometría.
- **Agregado grueso:** Agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (Nº 4) que cumple los límites establecidos en la NTP 400.037, proveniente de la disgregación natural o artificial de la roca.
- **Agregado ligero (liviano):** Agregado de baja densidad usado para producir hormigón (concreto) ligero. Puede ser arcilla expandida o sinterizada, pizarra, esquisto, perlita, vermiculita o escoria, piedra pómez (pumita) natural, tufos, diatomita, ceniza volante sinterizada o escoria industrial.
- **Agregado ligero para uso en albañilería:** Agregado que cumple con los requisitos de ASTM C331 con una densidad de masa menor de 1120 kg/m³ para el agregado fino y una densidad de masa menor de 880 kg/m³ para el agregado grueso.
- **Agregado ligero para uso estructural:** Agregado estructural que cumple los requisitos de ASTM C330 y con una densidad de masa menor de 1120 kg/m³ para agregado fino y menor de 880 kg/m³ para agregado grueso.



- **Agregado pesado:** Agregado de alta densidad, tal como barita, magnetita, hematina, limonita, ilmenita, hierro, o acero, usado en la elaboración de hormigón (concreto) pesado.
- **Agregado mineral:** Agregado compuesto fundamentalmente por materiales inorgánicos

2.2.3.2. Clasificación de los agregados

la NTP 400.011, (2008) hace las siguientes clasificaciones de los agregados:

- **Por su composición granulométrica**
 - o Los requisitos de granulometría de los agregados serán los establecidos en las normas técnicas peruanas correspondientes.
 - o La composición granulométrica se determinará empleando los tamices especificados en la siguiente tabla.

Tabla 3

Tamices a utilizar para realizar el análisis granulométrico

Agregado	Tamices normalizados
Fino	150 μm (N° 100)
	300 μm (N° 50)
	600 μm (N° 30)
	1,18 mm (N° 16)
	2,36 mm (N° 8)
	4,75 mm (N° 4)
Grueso	9,50 mm (3/8)
	12,5 mm (1/2)
	19,0 mm (3/4)
	25,0 mm (1)
	37,5 mm (1 1/2)
	50,0 mm (2)
	63,0 mm (2 1/2)
	75,0 mm (3)
	90,0 mm (3 1/2)
100,0 mm (4)	



La NTP 400.037, (2001) establece los requisitos granulométricos de los agregados finos (Tabla 4) y agregados gruesos (Tabla 5).

Tabla 4

Análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8 pulg)	100
4.75 mm (No 4)	95 a 100
2.36 mm (No 8)	80 a 100
1.18 mm (No 16)	50 a 85
600 μm (No 30)	25 a 60
300 μm (No 50)	05 a 30
150 μm (No 100)	0 a 10

NOTAS: *Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá concreto de la calidad requerida. El concreto con agregado fino cercano a los mínimos porcentajes de las mallas 300 μm (No 50) y 150 μm (No 100), pueden tener dificultades con la trabajabilidad, bombeado o excesiva exudación, lo que puede regularse con adiciones finas (filleres) o aditivos incorporados de aire. El módulo de fineza recomendado estará entre 2.3 y 3.1.*

Tabla 5

Requisitos granulométricos del agregado grueso

N° ASTM	TAMAÑO NOMINAL	% 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	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm
		4"	3.5"	3"	2.5"	2"	1.5"	1"	¾"	½"	3/8"	N°4	N°8	N°16
1	31/2"		90		25		0		0					
	a	100	a		a		a		a					
	11/2"		100		60		15		5					
2	21/2"			100	90	35	0		0					
	a				a	a	a		a					
	11/2"				100	70	15		5					
3	2"					90	35	0		0				
	a				100	a	a	a		a				
	1"					100	70	15		5				
357	2"					95		35		10		0		
	a				100	a		a		a		a		
	N°4					100		70		30		5		
4	11/2"						90	20	0		0			
	a					100	a	a	a		a			
	¾"						100	55	15		5			
467	11/2"						95		35		10	0		
	a					100	a		a		a	a		
	N°4						100		70		30	5		
5	1"							90	20	0	0			
	a						100	a	a	a	a			
	½"							100	55	10	5			
56	1"							90	40	10	0	0		
	a						100	a	a	a	a	a		
	3/8"							100	85	40	15	5		
57	1"							95		25		0	0	
	a						100	a		a		a	a	
	N°4							100		60		10	5	
6	¾"								90	20	0	0		
	a							100	a	a	a	a		
	3/8"								10	55	15	5		
67	¾"								90		20	0	0	
	a							100	a		a	a	a	
	N°4								100		55	10	5	
7	½"									90	40	0	0	
	a								100	a	a	a	a	
	N°4									100	70	15	5	
9	3/8"										85	10	0	0
	a									100	a	a	a	a
	N°8										100	30	10	5

Nota: Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las graduaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá concreto de la calidad requerida.

2.2.4. Agregados reciclados

2.2.4.1. Definiciones del agregado reciclado

Arriaga, (2013) define al agregado reciclado como aquel agregado que resulta del procesamiento de materiales inertes previamente utilizados en la construcción.



Igualmente Zega, (2015) menciona que los agregados gruesos reciclados (AGR) se obtienen a partir de la trituración de desecho de concretos de diferentes orígenes y aplicaciones tecnológicas, y empleando una trituradora del tipo mandíbula para su trituración se obtiene agregado de 1” como TN.

Según Mauricio *et al.*, (2003) los escombros de residuos de actividades de demolición, pueden utilizarse como agregados reciclados grueso y/o fino, para tratamiento de base y sub-base en veredas y pistas. A este tipo de material se llama agregado reciclado.

2.2.4.2. Clasificación de los agregados reciclados

Según Silva (2014), se clasifica a los agregados reciclados en tres tipos, según la procedencia de los materiales de escombros de construcción y demolición como son; de concretos, albañilería y los procedentes de escombros mixtos. Luego de triturarlos y pasar por un proceso de clasificación, los agregados serán designados a las siguientes categorías:

Los agregados reciclados se clasifican de tres maneras según por su procedencia de demolición o escombros de albañilería, de concreto o mixtos.

- Los agregados reciclados de albañilería provienen de la demolición y trituración de edificios de mampostería, que incluye a los materiales como ladrillos, bloque de concreto, cerámicos, y que estos agregados contienen mortero adheridos a su superficie. Estos materiales son mejores, siempre y cuando sean tratados en plantas especializadas en separación de otros materiales como el asfalto y el mortero en el ladrillo.



- El agregado reciclado de concreto que tiene como materia prima al concreto tiene composición a los materiales como el cemento, agua, agregados, y aditivos, y a la diversidad de estos materiales se considera heterogéneo. Las normas recomiendan que debe de tener 90% como mínimo de volúmenes de concreto elaborado con cemento endurecido y agregados naturales (Silva, 2014).
- El agregado reciclado mixto es una mezcla del agregado reciclado de albañilería y de concreto. Está compuesto de residuos de concreto, cerámicas, desechos de concreto, etc.

2.2.4.3. Clasificación de los agregados reciclados en el Perú

La NTP 400.053, (2019). De acuerdo con la norma peruana de manejo de residuos de concreto de demolición, define al concreto reciclado como aquel cuyos agregados están compuestos parcial o totalmente por agregados de concreto, y arenas de demolición

La norma E.060 (2020), menciona que se puede utilizar agregado reciclado procedente de la demolición de elementos y estructuras de concreto, siempre y cuando cumpla con las recomendaciones de la NTP 400.053 (2019) presentadas en la Tabla 6.

Tabla 6*Clasificación de los agregados gruesos triturado según NTP 400.053 y E.060, Perú*

Tipo de agregado	Características del concreto triturado	Usos permitidos
Concreto triturado	Contenido mínimo de cemento en concretos con $AGR = 255 \text{ kg/m}^3$ Libre polvo, terrones, partículas blandas o escamosas Libre de sales, alcalís, materia organiza Solo para elaborar concretos con $f'c$ menores a 10 Mpa.	Elementos no Estructurales tales como ciclovías, cimientos, concreto simple masivo y rellenos no portantes

Fuente: NTP 400.053 (2019) y RNE E-060 (2020)

2.2.4.4. Características físicas del agregado reciclado

a. Forma y textura

La forma que presenta en agregado es similar al que presenta el agregado natural sin embargo su textura porosa y rugosa es debido al mortero seco adherido a su superficie y la forma debido al proceso de trituración, la misma que esta influenciada por la resistencia del concreto seco original, y que el agregado reciclado es más redondo cuanto más menor es la resistencia del concreto original (Melendez, 2016)

b. Absorción

La absorción en los agregados reciclado presentan valores altos, debido por el mortero seco en sus superficie, las mismas que presenta un alto valor de porosidad, que está en relación a la resistencia del concreto original. El tamaño del agregado también influye en la absorción el agregado, siendo esta mayores en los agregados grandes la misma que presentan mayores superficies. La absorción presente en los agregados reciclados es del 3.3% al 13% (Beltrán, 2017).



c. Granulometría

La granulometría del agregado reciclado es independiente de la resistencia del concreto original, y que es suficiente la primera triturada para su obtención. En los agregados gruesos triturado sus granulomeria se encuentra dentro delas especificaciones de requerimeinto según norma para los agregados gruesos naturales, y que dicha granulometría no cambia según la edad del concreto triturado. (Zega, 2008).

En los agregados finos reciclados, estos presentan módulos de finezas muy altos, superando a los valores permitidos según norma, esto debido al alto contenido de material grueso por el bajo valor de Resistencia de los concretos originales. Esto ocasiona que la granulometría del agregado fino se encuentre fuera de la curva granulométrica y no cumpla los límites establecidos para el agregado natural, que los cumplan en partes (Zega, 2008).

d. Peso específico

Los agregados reciclados son menos densos que los naturales, y esta está en la cantidad de mortero adherido a la superficie del agregado. Esta cantidad está en relación al tipo de triturado y re triturado que recibe el concreto original, y entre las fases de triturado se tenga el agregado reciclado será más denso. (San Martín, 2019).

La densidad de los agregados reciclado son más bajas que de los agregados naturales, esto debido a la porosidad del mortero adherido a la superficie del agregado y a la naturaleza de los agregados de los concreto originales y que la densidad disminuye conforme aumenta el tamaño del agregado reciclado (Beltrán, 2017).



e. Pesos volumétricos

Los pesos volumétricos del agregado reciclado son más bajas, debido a su baja densidad que estos presentan y la mayor porosidad del mortero adherido en su superficie (Zega, 2008).

2.2.5. Agua Potable

2.2.5.1. Definiciones

La NTP 339.088, (2006) aplica las siguientes definiciones, las mismas que están contenidas en la NTP 339.047, (2006):

- **Agua combinada:** Mezcla de dos a más fuentes de agua combinadas a la vez, antes o durante su introducción en la mezcla, para utilizarla como agua de mezcla en la producción de concreto.
- **Aditivos estabilizantes de la hidratación:** aditivos retardadores de fraguado prolongado que controlan la hidratación del cemento en aplicaciones de concreto.
- **Agua no potable:** fuentes de agua que no son aptas para el consumo humano, o si esta contiene cantidades de sustancias que la decoloran o hacen que huelga o tenga un sabor objetable pero no contiene agua de las operaciones de producción de concreto.
- **Agua potable:** Agua que es apta para el consumo humano.
- **Agua de las operaciones de producción de concreto:** Agua recuperada de los procesos de producción de concreto de cemento Portland que incluye el agua de lavado del camión mezclador (mixer) o la que fue parte de una mezcla de concreto; agua de lluvia colectada en un recipiente en una planta de producción de concreto; o agua que contiene cantidades de los ingredientes del concreto.



La NTP 339.088, (2006) menciona que el agua es necesaria en la fabricación del concreto porque tiene dos aplicaciones bien diferenciadas: como ingrediente en la preparación de mezclas aportando trabajabilidad al concreto fresco, y como medio de curado del concreto recién colocados, acción que se basa en asegurar que el concreto tenga el agua que requiere para hidratarse y mantenerse en situaciones de temperatura moderadas. El agua representa el 10% a 25% del volumen del concreto, dependiendo del tamaño máximo de agregado utilizado y el grado de resistencia requerido

2.2.5.2. Requisitos para el uso

La NTP 339.088, (2006) establece los siguientes requisitos para el uso:

- Agua de la tanda (agua pesada o medida en la planta de dosificación)
- Hielo,
- Agua adicionada por el operador del camión mezclador
- Humedad libre de los agregados, y
- El agua introducida con los aditivos cuando esta agua incrementa la relación agua/materiales cementosos por las de 0.01.
- Se permitirá el uso de agua potable como agua de mezcla en el concreto son ensayarla para evaluar su conformidad con los requisitos de esta NTP.
- Se permitirá el agua de mezcla que está compuesta total o parcialmente de fuentes de agua que no son potable o son provenientes de las operaciones de producción de concreto, sea utilizada en algunas proporciones para alcanzar los límites calificados.
- Las fuentes de agua no potables serán calificadas para su uso en conformidad a la fuente de agua no potable es mezclada con una fuente potable, la



calificación del agua de mezcla deberá ser al más alto porcentaje de la fuente no potable en el agua de mezcla combinada prevista durante la producción.

- El agua combinada mezclada de dos o más fuentes, donde una de las fuentes incluye la que proviene de la producción de concreto, será calificada para su uso en conformidad a lo siguiente; el agua combinada será calificada al mas alto contenido de sólidos en el agua de mezcla total prevista durante la producción. Se permitirá que el agua de mezcla contenga igual o menor sólido totales que el nivel calificado por el ensayo.

2.2.5.3. Valores máximo admisible del agua

La NTP 339.088 (2006), regula las exigencias del agua en el concreto, donde menciona que solo está permitido utilizar el agua potable sin necesidad de comprobar su calidad. Para otro tipo de agua se debe de realizar los análisis respectivos. Es importante señalar que no se debe utilizar agua de mar en la producción de concreto.

Según Abanto, (2009), el agua está relacionada con la resistencia, dureza y trabajabilidad del concreto, y es fundamental en la preparación de la misma, cuyos requisitos que debe de cumplir son los siguientes:

- El agua utilizada en la elaboración del concreto debe ser limpia, estar libre de aceite, ácidos, materia orgánica, sales, y libre de sustancias nocivas para el concreto.
- Si se desconfía del agua que será empleada en la elaboración del concreto, sería bueno realizar análisis químico, con el fin de comparar con los valores máximos permisibles que se mencionan en la Tabla 7.

Tabla 7

valor máximo admisible del agua

Sustancias disueltas	Valor máximo admisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: Abanto, (2009)

2.2.6. Método de diseño de mezcla ACI - 211

Según (Rivva, 1992), el Comité 211 del ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple el cual, basándose en algunas Tablas, permite obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica de concreto.

El procedimiento para la selección de las proporciones es aplicable a concretos de peso normal y a las condiciones que para cada una de las Tablas se indican en ellas.

Aunque se puede utilizar los mismos datos básicos y procedimientos pueden ser empleados en el diseño de concretos pesados y concretos ciclópeos, al tratar estos se da la información complementaria.

Las características de la obra establecen limitaciones a quien tiene la responsabilidad de diseñar la mezcla. Entre dichas limitaciones pueden estar:

- Relación agua-cemento máxima.
- Contenido mínimo de cemento.



- Contenido máximo de aire.
- Asentamiento
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Resistencia en compresión mínima.
- Los requisitos especiales relacionados con la resistencia promedio, el empleo de aditivos, o la utilización de tipos especiales de cemento o agregados.
- La estimación de las cantidades de materiales requeridas para preparar una unidad cúbica de concreto implica una secuencia cuyo cumplimiento estricto, en función de las características de los materiales, permite preparar la mezcla adecuada para el trabajo que se va a efectuar.



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Agregados

3.1.1.1. Agregado fino y grueso natural

En la presente investigación se ha utilizado el agregado de la cantera del Rio Cutimbo, la misma que se ubica en las siguientes coordenadas geográficas:

- Latitud : 16° 02' 09" S
- Longitud : 70° 00' 27" O
- Elevación : 3916 m

La muestra se ha recolectado del material que se encuentra en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano, específicamente las que se encuentran ubicados en la coordenada UTM:

- E = 391,075.00
- N = 8'250,158.00
- Elv. = 3822.00 m.s.n.m

Se ha recolectado muestras de más o menos 1 m³ de agregado fino y 1m³ de agregado grueso, las mismas que han sido transportadas al laboratorio de Materiales y Ensayos de la Escuela Profesional de ingeniería Topográfica para sus prospectivos análisis.

3.1.1.2. Tamizado del Agregado fino y grueso

Con fines del uso de los agregados finos y grueso en la investigación se realizó el tamizado preventivo, con fines que el agregado cumpla con las características técnicas según las normas. Para ello se ha utilizado los tamices 1" y ¼". El agregado grueso ha pasado por la malla de 1" donde el material retenido ha sido separado por ser de un tamaño muy grande para la investigación. El material pasante a la malla 1" ha sido tamizado por la malla ¼", donde el material retenido fue separado y acopiado como agregado grueso y el material pasante separado y acopiado como agregado fino.

3.1.2. Cemento

Se ha utilizado como material conglomerante el Cemento Portland tipo IP marca Rumi, por ser un material de uso general u común, que su comercialización es del tipo mayorista y minorista, y que su venta se realiza en las ferreterías de la Ciudad de Puno.

Yura S.A., (2021) menciona las características más importantes de este cemento:

Tabla 8

Características más importantes del cemento Rumi IP

Requisitos físicos	Valores Rumi IP
Peso por bolsa	42.5 kg
Peso específico	2.75 a 2.85 gr/cm ³
Fraguado inicial	170 a 270 minutos

3.1.3. Agua

En la preparación de las mezclas de concreto y curado de los especímenes de concreto se usó agua potable de la red de servicio de agua de la Ciudad universitaria de la UNA – Puno.



3.2. MÉTODOS

3.2.1. Tipo y diseño

El tipo de investigación es transversal debido a que solo se tomaron los datos una vez y las variables no han sufrido alteraciones en el transcurso del estudio.

El Nivel de investigación es Descriptiva, porque se describe las cualidades y atributos de la población objetivo (los agregados, resistencia del concreto).

El método de investigación es Cuantitativo, ya que se obtienen valores numéricos de respuestas a los ensayos realizados.

En la investigación se tomó como Variables:

- Independiente: La variación de cantidades de agregado fino reciclado y
- Dependiente: El Comportamiento del Concreto con agregado reciclado fino a la resistencia a compresión (Kg/cm²) y consistencia (pulg.).

3.2.2. Población y muestra

3.2.2.1. Población

La población de referencia en la investigación son las mezclas de concretos elaborados con diferentes cantidades de agregado fino reciclado.

Se elaboró los diseños de mezclas de concreto con Agregado fino reciclado en cantidades de 100%, 67% y 33%.

3.2.2.2. Muestra

Las muestras para la investigación fueron recolectadas de los concretos utilizando agregados finos reciclados en cantidades de 100%, 67% y 33%, tomándose muestra para



la prueba de consistencia. Igualmente se elaboraron especímenes de concretos como muestras para la realización de los ensayos a la resistencia a la compresión.

a. Muestras de concretos endurecidos

Se recolectaron muestras de concretos endurecidos (probetas) de las obras que se vienen realizando en la Ciudad Universitaria de la UNA – Puno, de resistencia promedio de 210 kg/cm², las mismas que han sido trituradas con fines de obtener el agregado fino reciclado.

b. Muestras para la prueba de compresión de probetas

Se analizaron 3 especímenes por cada diseño de mezcla, sometiéndose 36 muestras a la compresión a los 28 días de edad del concreto, realizándose las mediciones y pesaje de los especímenes antes de la prueba.

El tipo de muestreo es de intencional y de conveniencia, con el fin de conseguir muestras representativas cuantitativamente y cumplir con las características de la investigación.

3.2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de recolección de datos empleada en la presente investigación fue la observación directa, análisis de documentos, ensayos de probetas cilíndricas en el laboratorio de materiales y Ensayos. Las principales técnicas utilizadas se describen en las siguientes normas:

- NTP 400.012, Análisis Granulométrico
- NTP 400.017, peso unitario
- NTP.400.021, peso específico y absorción del agregado grueso
- NTP.400.022, peso específico y absorción del agregado fino



- NTP 339.185, contenido de humedad
- Comité 211.1 del ACI, Diseño de mezcla
- NTP 339.034, prueba de resistencia a la compresión

Los instrumentos utilizados para el acopio de los datos fueron:

- Prensa digital para ensayos de concreto, Marca YF – STYE-200
- Balanza electrónica marca AYA, modelo 120607096
- Horno Eléctrico Digital con termostato, PYS EQUIPOS - SKU: STHX-2A
- Termómetro electrónico digital AMARELL – 438
- Regla métrica de 50cm.

3.2.4. Diseño Estadístico

Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizó el programa especializado estadístico Statgraphics de licencia educativa, al igual que hojas de cálculos elaborados en Microsoft Office Excel.

Las variables respuesta se evaluó aplicando el análisis de varianza ANOVA multivariable con un nivel de significancia de $\alpha = 5\%$, y un intervalo de confianza $(100\% - \alpha) = 95\%$ mediante el software estadístico Statgraphics, utilizándose el siguiente planteamiento de regla de hipótesis;

Hipótesis Nula:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$, No hay diferencias entre las medias de las muestras

Hipótesis alterna:

H_1 : Al menos un par de medias son significativamente distintas la una de la otra.

Según Walpole *et al.*, (2012) mencionan que el “análisis ANOVA multivariable, también conocido como F_{ratio} , es el valor del ratio entre la varianza de las medias de los grupos y el promedio de la varianza dentro de los grupos conocida como “ F de Fisher-Snedecor”. Si se cumple la hipótesis nula (H_0), el estadístico F adquiere el valor de 1 ya que la intervarianza será igual a la intravarianza. Cuanto más difieran las medias de los grupos mayor será la varianza entre medias en comparación al promedio de la varianza dentro de los grupos, obteniéndose valores de F superiores a 1 y por lo tanto menor la probabilidad de que la distribución adquiera valores tan extremos (menor el P-value)” utilizando las formulas presentes en la Tabla 9.

Tabla 9

Análisis de varianza para 2 factores con n réplicas

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada
Efecto principal				
A	SCA	$a - 1$	$S_1^2 = \frac{SCA}{a - 1}$	$F_1 = \frac{S_1^2}{S^2}$
B	SCB	$b - 1$	$S_2^2 = \frac{SCB}{a - 1}$	$F_2 = \frac{S_2^2}{S^2}$
Interacciones de 2 factores				
AB	SC (AB)	$(a - 1)(b - 1)$	$S_3^2 = \frac{SC(AB)}{(a - 1)(b - 1)}$	$F_3 = \frac{S_3^2}{S^2}$
Error	SCE	$ab(n - 1)$	$S^2 = \frac{SCE}{ab(n - 1)}$	
Total	STC	$abn - 1$		

Fuente: (Walpole *et al.*, 2012)

Según Walpole *et al.*, (2012) se va a utiliza la siguiente regla de decisión con el valor de F de Fisher de la siguiente manera;

$F_{ratio} \geq 1$, = Se acepta la hipótesis nula (H_0)

$F_{ratio} < 1$, = Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (H_1)



Si entre los pares de grupos hay alguno diferente se debe de determinar cuál de ellos es, para lo cual se utilizó la prueba de comparaciones múltiple de Tukey a un nivel de significancia al 5%.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Análisis físico del agregado

4.1.1.1. Análisis granulométrico

El análisis granulométrico tiene como objetivo realizar verificar la granulometría de los agregados y que estas cumplan las características de requerimiento según las normas y el tipo de diseño de mezcla. El análisis granulométrico de los agregados se realizó considerando las recomendaciones de la NTP 400.012, (2001)

Se tomó muestras representativas de los materiales por el método de cuarteo, que fueron pasados por la serie de tamices definidos en la NTP 400.012.

Para el ensayo se tomó muestras representativas del material considerando el método de cuarteo representativo según la NTP 400.012, (2001), igualmente se realizó los procedimiento establecidos en la norma, que consistió en que el peso retenido fue dividido entre el peso total de la muestra, sumado estos para obtener el peso total retenido en cada malla. En las Tablas 10, 11 y 12 se muestran los cálculos y en las Figuras 1, 2, y 3, se muestran las curvas granulométricas de cada una de ellas.

Tabla 10

Calculo granulométrico del agregado fino reciclado

TAMIZ Pulg.	ABERTURA mm.	PESO RETEN.	% R. PARCIAL	% R. ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100 - 100
1/4"	8.350	0.00	0.00	0.00	100.00	
N° 04	4.780	141.00	8.87	8.87	91.13	95 - 100
N° 08	2.380	602.00	37.89	46.76	53.24	80 - 100
N° 16	1.190	393.00	24.73	71.49	28.51	50 - 85
N° 30	0.590	182.00	11.45	82.95	17.05	25 - 60
N° 50	0.300	130.00	8.18	91.13	8.87	10 - 30
N° 100	0.149	81.00	5.10	96.22	3.78	02 - 10
N° 200	0.074	53.00	3.34	99.56	0.44	
BASE	0.000	7.00	0.44	100.00	0.00	
SUM.T		1589.00	53.24	397.42		

Figura 1

Curva granulométrica del agregado fino reciclado

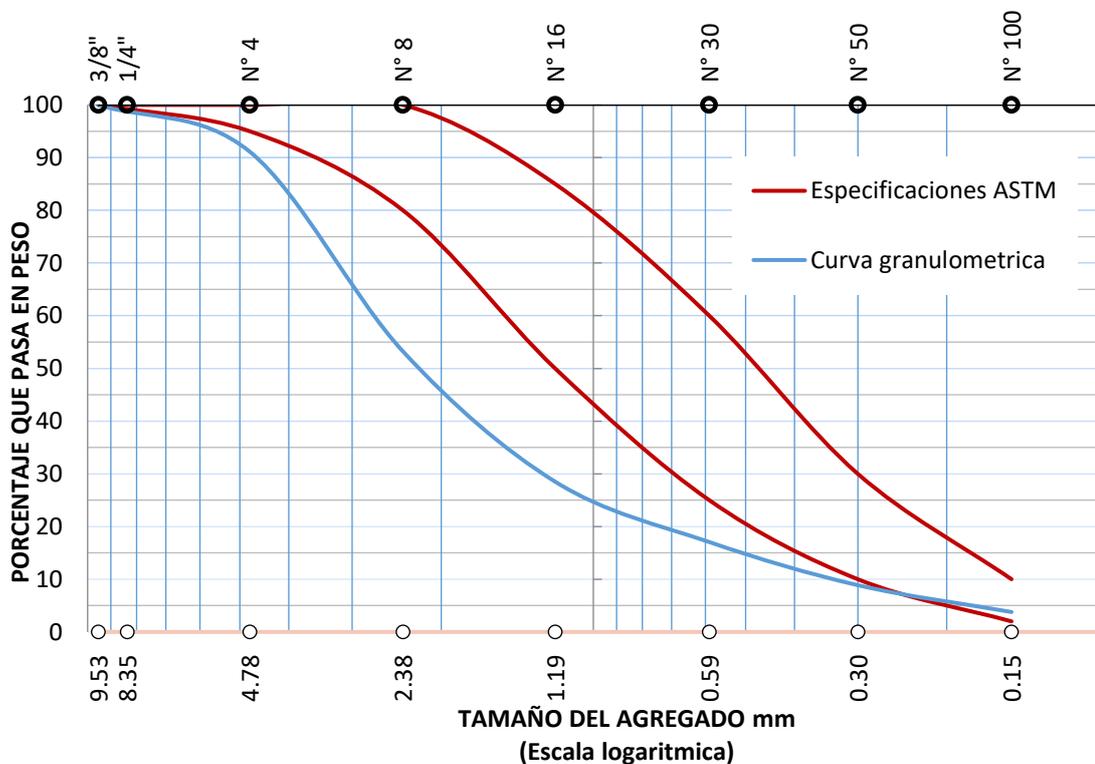


Tabla 11

Calculo granulométrico del agregado fino natural

TAMIZ Pulg.	ABERTURA mm.	PESO RETEN.	% R. PARCIAL	% R. ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100 - 100
1/4"	8.350	0.00	0.00	0.00		
N° 04	4.780	13.00	2.65	2.65	97.35	95 - 100
N° 08	2.380	28.00	5.70	8.35	91.65	80 - 100
N° 16	1.190	82.00	16.70	25.05	74.95	50 - 85
N° 30	0.590	142.00	28.92	53.97	46.03	25 - 60
N° 50	0.300	117.00	23.83	77.80	22.20	10 - 30
N° 100	0.149	81.00	16.50	94.30	5.70	02 - 10
N° 200	0.074	23.00	4.68	98.98	1.02	
BASE	0.000	5.00	1.02	100.00	0.00	
SUM.T	27.34	491.00	100.00	262.12		

Figura 2

Curva granulométrica el agregado fino natural

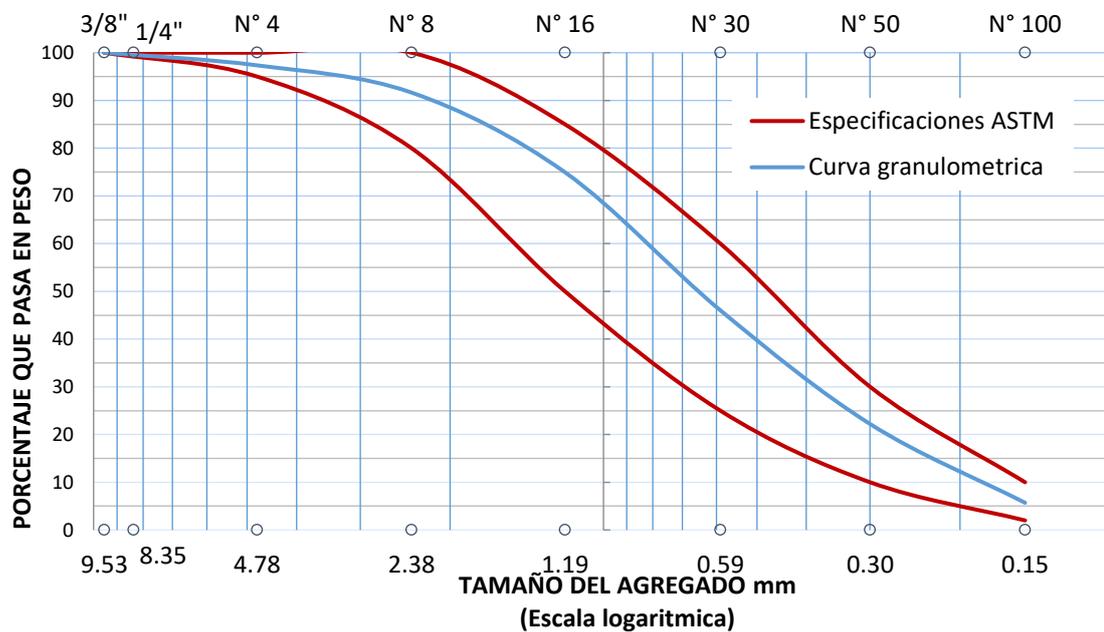


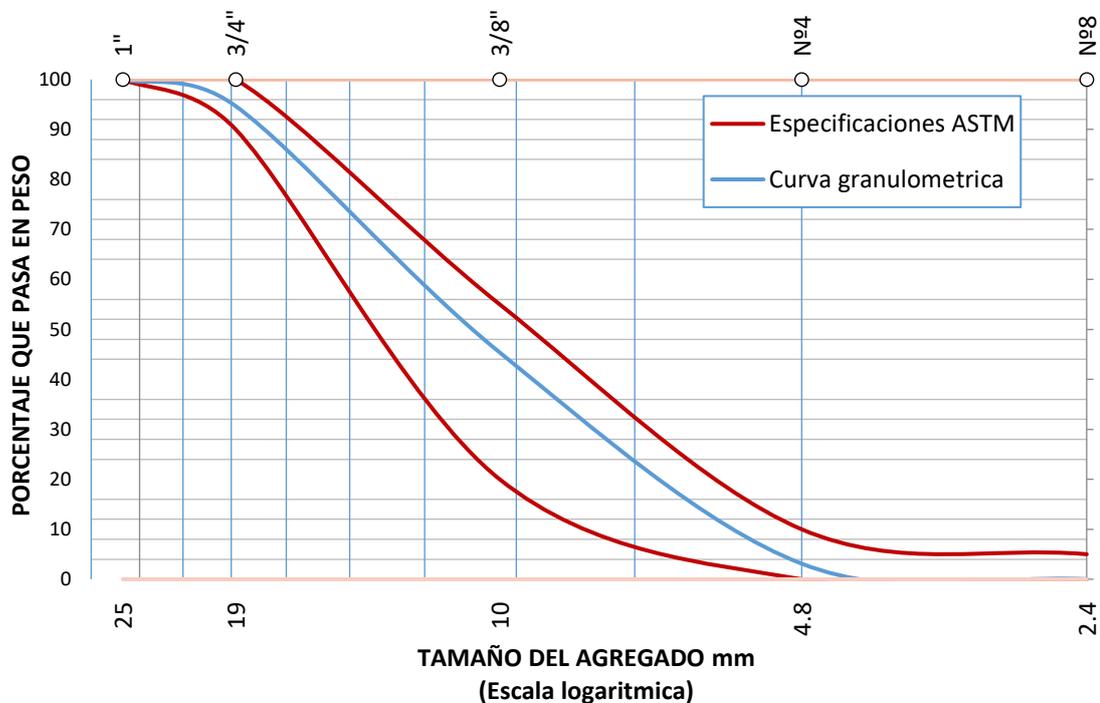
Tabla 12

Calculo granulométrico del agregado grueso natural

TAMIZ Pulg.	ABERTURA mm.	PESO RETEN.	% R. PARCIAL	% R. ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES TNM = 3/4"
3"	76.2	0	0	0	0	
2 1/2"	63.5	0	0	0	0	
2"	50.6	0	0	0	100	
1 1/2"	38.1	0	0	0	100	
1"	25.4	0	0	0	100	100 - 100
3/4"	19.05	82	5.33	5.33	94.67	90 - 100
1/2"	12.7	336	21.85	27.18	72.82	
3/8"	9.525	422	27.44	54.62	45.38	20 - 55
1/4"	6.35	550	35.76	90.38	9.62	
N° 04	4.76	100	6.5	96.88	3.12	0 - 10
N° 08	2.38	48	3.12	100	0	0 - 5
SUM.T		1538	100	684.01		

Figura 3

Curva granulométrica del agregado grueso natural





4.1.1.2. Módulo de fineza

La NTP 400.012, (2001) menciona que “cuando se requiera, calcular el módulo de fineza, sumando el porcentaje acumulado retenido de material de cada uno de los siguientes tamices (porcentaje acumulado retenido) y dividir la suma entre 100: 150 μm (N° 100); 300 μm (N° 50); 600 μm (N° 30); 1,18 mm (N° 16); 2,36 mm (N° 8); 4,75 mm (N° 4); 9,5 mm (3/8 de pulgada); 19,0 mm (3/4 de pulgada); 37,5 mm (1 1/2 pulgada) y mayores; incrementando en la relación 2 a 1”.

En la Tabla 13, se presentan los resultados de los módulos de finezas obtenidos en los agregados.

Tabla 13

Módulos de finezas en los agregados

Agregado	MF
Fino reciclado	3.97
Fino natural	2.62
Grueso natural	6.84

4.1.1.3. Peso Específico y Absorción

La NTP.400.022, (2013) define al peso específico del agregado fino con la división entre la masa del agregado fino entre el volumen del mismo agregado fino, y que tiene por objetivo establecer un procedimiento para determinar el peso específico promedio y absorción de partículas del agregado fino, no incluyendo los orificios entre las partículas. La prueba realizada ha sido por el método del picnómetro.

Igualmente, la norma NTP.400.021, (2002) define al peso específico del agregado grueso con la división entre la masa del agregado grueso entre el volumen del mismo



agregado grueso, y que tiene por objetivo establecer un procedimiento para determinar el peso específico promedio y absorción de partículas del agregado grueso, no incluyendo los orificios entre las partículas. La prueba realizada ha sido por el método del sumergimiento del agregado.

Los resultados del análisis del peso específico de los agregados se muestran en las Tablas 14, 15 y 16.

Tabla 14

Resultado de peso específico y absorción del agregado fino reciclado

Propiedades	Cantidad obtenida
Peso específico	2.151 gr/cm ³
Absorción	8.77 %

Tabla 15

Resultado del peso específico y absorción del agregado fino natural

Propiedades	Cantidad obtenida
Peso específico	2.208 gr/cm ³
Absorción	5.242 %

Tabla 16

Resultado del peso específico y absorción del agregado grueso

Propiedades	Cantidad obtenida
Peso específico	2.418 gr/cm ³
Absorción	3.372 %

4.1.1.4. Peso Unitario del Agregado

La NTP 400.017, (2011) del método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacíos en los agregados, en condiciones suelto (PUSS) y compactado (PUSC), aplicándose en los agregados que no excedan los 125 mm como tamaño nominal máximo.

Los valores obtenidos de los ensayos en los agregados se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17

Resultados de Peso unitario suelto y compactado

Agregado	PUSS (kg/m ³)	PUSC (kg/m ³)
Fino Reciclado	1151.5	1259.0
Fino natural	1476.3	1726.3
Grueso natural	1318.4	1410.3

4.1.1.5. Contenido de Humedad

La NTP 339.185, (2011) método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado, “establece los métodos para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado. La humedad evaporable incluye la húmeda superficial y la contenida en os poros del agregado, pero no considera el agua que se combina químicamente con los minerales de algunos agregados y que no es susceptible de evaporación, por lo que no está incluida en el porcentaje determinado por este método”

El procedimiento consiste en pesar la muestra húmeda y muestra seca, y obtener la variación e porcentajes.

En la Tabla 18 se presentan los resultados obtenidos en los agregados.

Tabla 18

Porcentaje de humedad en los agregados

Agregado	Humedad (%)
Fino Reciclado	0.5
Fino natural	3.2
Grueso natural	2.4

4.1.2. Diseño de mezcla

Se ha optado el diseño de mezcla por la metodología del comité ACI 211, (2016), y según el procedimiento establecido en Rivvas, (2010) con el fin de estimar cantidades de materiales en función de la resistencia del concreto requerida. Las cantidades de agua de amasado en función del tamaño máximo, asentamiento, relación agua/cemento. Las proporciones en que deben intervenir el agregado fino y grueso se basan en gradaciones y consideraciones teóricas y/o prácticas.

Para el presente proyecto se ha realizado 12 diseños de mezcla.

En la investigación se usó como variable dependiente al Agregado fino reciclado en porcentajes de 100%, 67% y 33%, en reemplazo del agregado fino natural, y en todas ellas se utilizó el agregado grueso natural, desarrollándose tres diferentes diseños de mezclas.

Para determinar la resistencia óptima que se puede conseguir con el uso de AFR se diseñó el concreto en base a relaciones de a/c de 0.62, 0.55 y 0.48.

Para comparar la resistencia que se consigue con el uso del AFR, se elabora un diseño de concreto patrón con el uso de 100% de AFN.

En la Tabla 19 se presenta los 12 diseños de mezcla en relación al porcentaje de AFR y al agua/cemento.

Tabla 19

Diseño de mezcla según el % de AFR y la relación a/c

a/c	(100% AFR)	(67% AFR)	(33% AFR)	(0% AFR)
0.62	1	4	7	10
0.55	2	5	8	11
0.48	3	6	9	12

A continuación se describe paso a paso el diseño de mezcla con 100% de agregado fino reciclado con relación a/c de 0.62, para un concreto de comportamiento plástico.

4.1.2.1. Diseño de mezcla con relación a/c de 0.62 y 100% de AFR

Paso 1.- Se estableció las especificaciones y los datos de cada uno de los materiales integrantes.

Tabla 20

Características físicas de los agregados

Especificaciones	AFR	AGN
Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	1151.50	1318.4
Peso unitario compactado seco (kg/m ³)	1259.00	1410.30
Peso específico (kg/m ³)	2151.00	2418.00
Porcentaje de humedad (%)	0.50	2.40
Porcentaje de absorción (%)	8.77	3.37
Módulo de Fineza	3.97	6.84

Paso 03.- Se seleccionó el asentamiento (slump) de 3" a 4", en función de la consistencia plástica de la mezcla utilizando la tabla 21.

Tabla 21

Asentamiento recomendado según consistencia

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0 mm) a 2" (50 mm)
Plástica	3" (75 mm) a 4" (100 mm)
Fluida	$\geq 5"$ (125 mm)

Fuente: Rivvas, (2010)

Paso 4.- Se seleccionó el tamaño máximo nominal (TMN) del agregado a $\frac{3}{4}$ ", tomando como referencia la granulometría del agregado grueso natural.

Paso 5.- Se ha seleccionado el porcentaje de aire atrapado a 2.0%, utilizando la Tabla 22.

Tabla 22

Contenido de aire atrapado

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado (%)
$\frac{3}{8}$ "	3.0
$\frac{1}{2}$ "	2.5
$\frac{3}{4}$ "	2.0
1"	1.5
1 $\frac{1}{2}$ "	1.0
2"	0.5
3"	0.3
6"	0.2

Fuente: Rivvas, (2010)

Paso 6.- Se ha seleccionado el volumen unitario de agua de diseño a 205 lt/m³, utilizando la Tabla 23 que relaciona el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el asentamiento.

Tabla 23

Volumen unitario de agua

Asentamiento	Agua, en lt/m^3 para los tamaños máximo nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	1045	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

Fuente: Rivvas, (2010)

Paso 7.- Se ha seleccionado 0.62 la relación agua/cemento, según la condición de diseño de la investigación.

Paso 8.- Se calculó el contenido de cemento, dividiendo la cantidad de agua entre la relación agua/cemento, obteniéndose 330.60 kg de cemento en 1 m^3 .

Paso 9.- Se ha determinado la cantidad de agregado grueso a 0.50 por unidad de volumen de concreto, en función del módulo de fineza del agregado fino y utilizando la Tabla 24.

Tabla 24

Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.

Tamaño máximo del agregado grueso		Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino.			
		Módulo de fineza del agregado fino			
mm.	Pulg.	2.40	2.60	2.80	3.00
10	3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
20	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
25	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
40	1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
70	3"	0.81	0.79	0.77	0.75
150	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Rivvas, (2010)

Para obtener la cantidad de agregado grueso, se multiplico 0.50 por su peso unitario compactado seco ($1410.3.86 \text{ kg/m}^3$), obteniéndose 709.38 kg/m^3 .

Paso 10.- con los datos obtenidos a través de las características de los materiales y las respectivas tablas, obtenemos el resumen de los materiales por m^3 de concreto.

Tabla 25

Resumen de materiales por 1m^3 de concreto sin AF.

materiales	Cantidad (m^3)
Cemento	0.106
Agua	0.205
Agregado grueso	0.293
Aire atrapado	0.02
TOTAL	0.624

Paso 11.- Se Calculó el contenido del agregado fino por m^3 de concreto.

Volumen absoluto del fino = $1 - 0.624$

Volumen absoluto del fino = 0.376 m^3

Peso del agregado fino = 808.75 kg

Paso 12.- Se Calculó los materiales en seco para 01 m^3 de concreto.

Tabla 26

Resumen de materiales seco para 1m^3 de concreto.

Materiales	Peso (kg)
Cemento	330.60
Agua	205.00
A.F.	808.75
A.G.	709.38
Aire atrap.	-



Paso 13.- Se realizó el ajuste por humedad y absorción

Peso húmedo de los agregados

$$P. \text{ humedo} = P. \text{ seco} \left(1 + \% \frac{w}{100} \right)$$

AF = 812.79 kg.

AG = 726.41 kg.

Cantidad de agua que aportan los agregados

$$\begin{aligned} \text{Agua de aporte del AF} &= \text{Peso. (H.- Abs.)}/100 \\ &= 783.68 (0.50 - 8.77)/100 \\ &= -74.97 \text{ lt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua de aporte del AG} &= \text{Peso. (H.- Abs.)}/100 \\ &= 709.38 (2.40 - 3.372)/100 \\ &= -6.90 \text{ lt} \end{aligned}$$

Aporte de agua de los agregados = -81.87 lt.

Agua efectiva

Agua efectiva = Agua de diseño – aporte de agua de los agregados

Agua efectiva = 205 – -81.87 lt.

Agua efectiva = 286.87 lt

Paso 14.- Cantidad de material húmedo para 1 m³ en diseño corregidos.

Tabla 27

Resumen de materiales húmedo para 1m³ de concreto.

Material	Peso
Cemento	330.60 kg
Agua	286.87 litros
A.F.	812.79 kg
A.G.	726.41 kg

En la Tabla 28, se presenta las proporciones de los 12 diseños de mezcla propuesta en la investigación.

Tabla 28*Resumen de diseño de mezclas*

a/c	materiales	(100% AFR)	(67% AFR)	(33% AFR)	(0% AFR)
0.62	cemento (kg)	330.60	330.60	330.60	330.60
	agua (litros)	286.87	267.16	246.86	227.15
	A.F. reciclado (kg)	812.79	544.57	268.22	0.00
	A. F. natural (kg)	0.00	223.52	453.81	677.33
	A.G. natural (kg)	726.41	790.75	857.03	921.37
0.55	cemento (kg)	372.70	372.70	372.70	372.70
	agua (litros)	284.19	265.17	245.56	226.54
	A.F. reciclado (kg)	783.73	525.10	258.63	0.00
	A. F. natural (kg)	0.00	213.41	433.28	646.69
	A.G. natural (kg)	726.41	790.75	857.03	921.37
0.48	cemento (kg)	427.10	427.10	427.10	427.10
	agua (litros)	280.72	262.58	243.90	225.76
	A.F. reciclado (kg)	746.19	499.95	246.24	0.00
	A. F. natural (kg)	0.00	200.35	406.77	607.12
	A.G. natural (kg)	726.41	790.75	857.03	921.37

4.1.3. Resistencia a la compresión

La NTP 339.034 (2015) del método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestra cilíndricas, consistiendo este método en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados a una velocidad que se encuentra en un rango prescrito hasta la falla.

Los resultados de la resistencia de los concretos endurecidos se pueden utilizar con fines de control de calidad, aceptación o estimar la resistencia del concreto.

En la tabla 29, se muestran los resultados del análisis de la resistencia a la compresión del concreto.

Tabla 29

Resistencia del concreto (kg/cm^2) para diferentes AFR

a/c	100% AFR	67% AFR	33% AFR	0% AFR
0.62	156.70	161.68	171.52	124.75
	157.23	164.77	168.81	126.63
	155.67	158.62	170.38	126.22
0.55	179.49	184.68	198.21	170.54
	178.04	183.81	199.40	173.13
	175.85	186.14	197.77	172.59
0.48	182.10	194.08	211.11	256.42
	185.16	194.76	209.53	256.27
	180.77	193.73	213.81	259.13

4.2. DISCUSIÓN

La discusión de los resultados obtenidos está en base a las respuestas de las hipótesis planteadas en la investigación.

Prueba de hipótesis específicos 1

Para demostrar que los agregados finos reciclados presentan características físicas diferentes a los agregados finos naturales, se tiene las siguientes discusiones de los resultados.

4.2.1. Granulometría del agregado fino

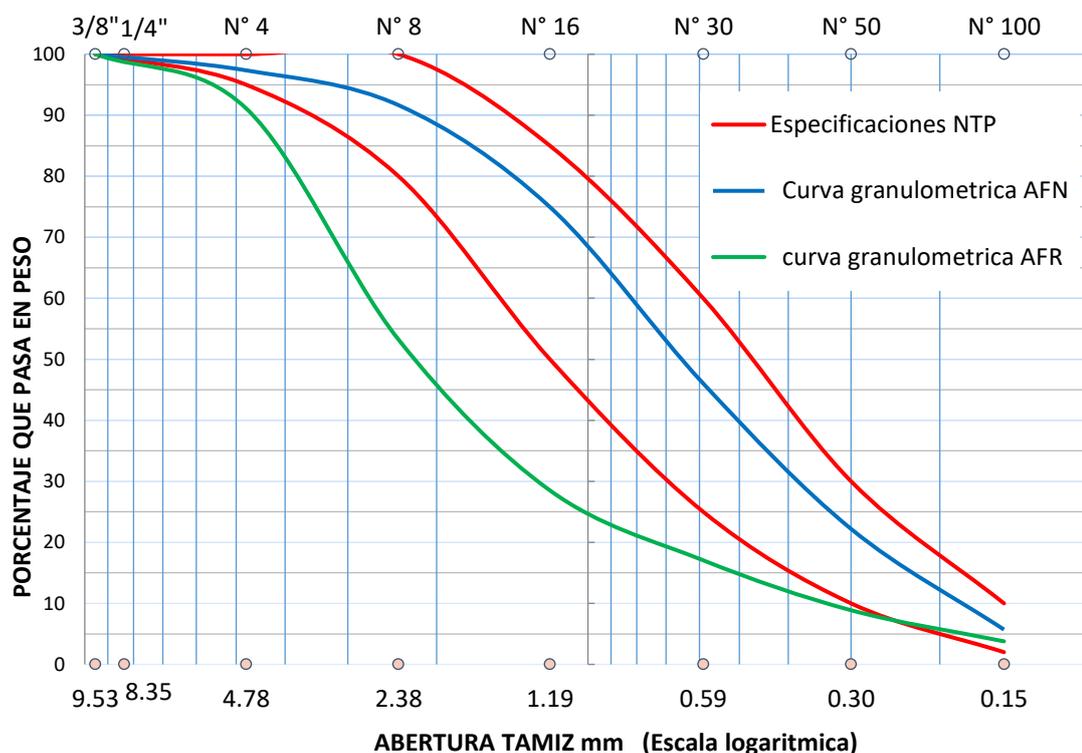
La granulometría que presenta el agregado fino reciclado se encuentra fuera de los rangos permitido según la norma NTP 400.012, (2001) tal como se presenta en la Figura 4. Igualmente no cumple la característica del AF que debe de quedar retenido acumulado en la malla N° 100 el 100%, presentando este agregado el 3.34% y 0.44% material retenido en las mallas N° 200 y la base de los tamices (ver tabla 10).

Antes de realizar los análisis, el material ha pasado por un tamizaje previo por la malla N° 100, con fines de eliminar el excedente de finos, sin embargo los análisis demuestran que todavía sigue presentándolos. Estos finos posiblemente se deba a que el material reciclado sigue fragmentándose y/o desintegrándose por las constantes manipulaciones que se han realizado. Igualmente, esto también se deba al proceso de trituración del concreto original con una maquinaria del tipo mandíbula, y que el material que no ha sido partido sigue presentando fracturas que en el momento de su manipulación se han separado produciendo mayores finos en el agregado.

Por otro lado, la granulometría del agregado fino natural se encuentra dentro del rango establecido según normas, sin embargo igualmente presenta material retenidos en las mallas N° 200 y base en porcentajes de 4.68 y 1.02, concluyéndose que este material posee mucho finos, pero que están dentro de los rangos permitidos según las normas.

Figura 4

Comparación granulométrica del AFR y AFN

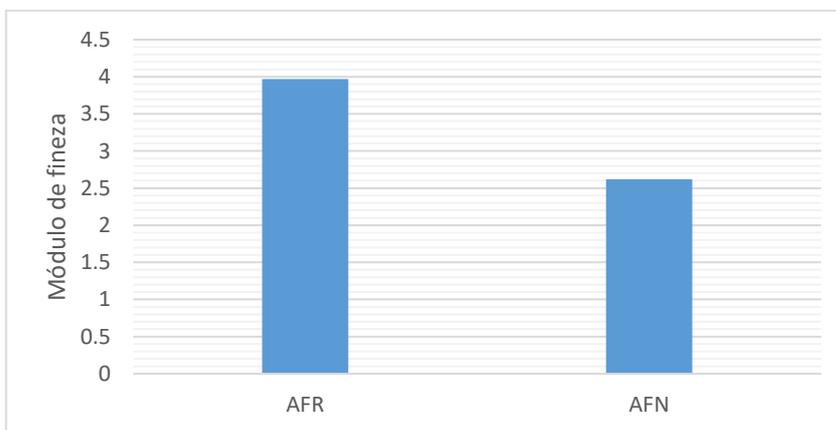


4.2.2. Módulo de fineza del agregado fino

El módulo de fineza presentado por el agregado fino reciclado de valor de 3.97 se encuentra fuera de los rangos establecido en la NTP 400.037, (2001) donde especifica que el M.F. en los agregados finos debe de estar entre 2.35 a 3.15, con valores límites de ± 0.20 . El M.F. del agregado fino natural de 2.62 se encuentra dentro de los límites según norma.

Figura 5

Comparación del módulo de fineza del AFR y AFN



En la Figura 5, se puede observar que el AFR presenta un incremento del 52% más que el agregado fino natural.

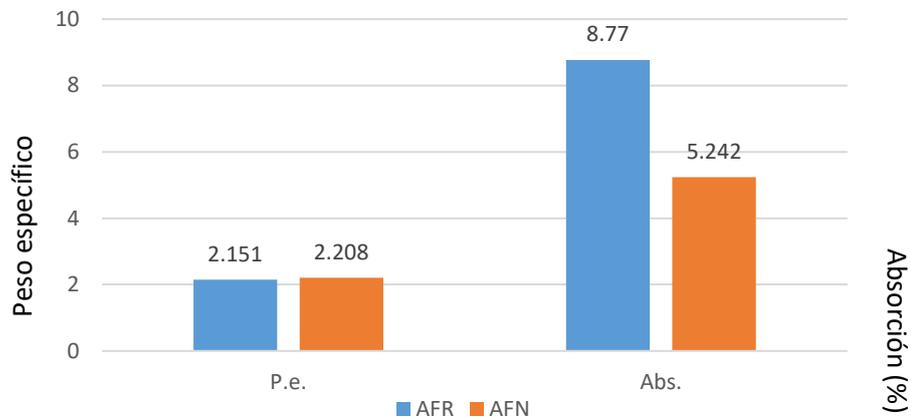
Igualmente, el módulo de fineza en un clasificador del tamaño del agregado, al poseer un valor alto, el agregado fino reciclado se puede considerar con un agregado fino con partículas en promedio muy gruesas, clasificando más como una arena gruesa.

4.2.3. Peso específico del agregado fino

El peso específico mostrado por el agregado fino reciclado es menor en 2.65% en comparación con el agregado fino natural, sin embargo el AFR presenta mayores absorciones en un 67%, en comparación con la absorción del AFN, tal como se muestra en la figura 6.

Figura 6

Comparación del peso específico y absorción del agregado fino

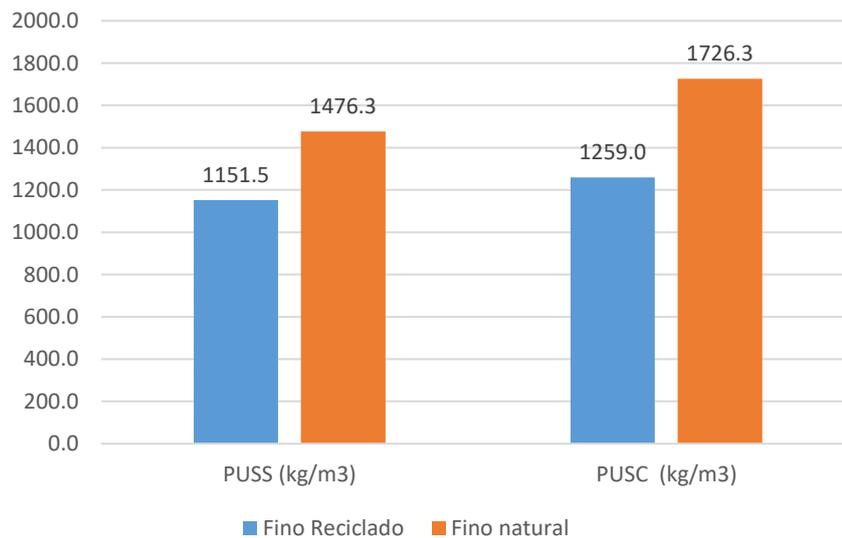


4.2.4. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

El agregado fino reciclado presenta menores pesos unitarios cuando el material esta suelto en relación a un 22%, mientras el peso unitario compactado es menor en relación del a 27%, tal como se muestra en la Figura 7.

Figura 7

Comparación del peso unitario suelto y compactado del agregado fino



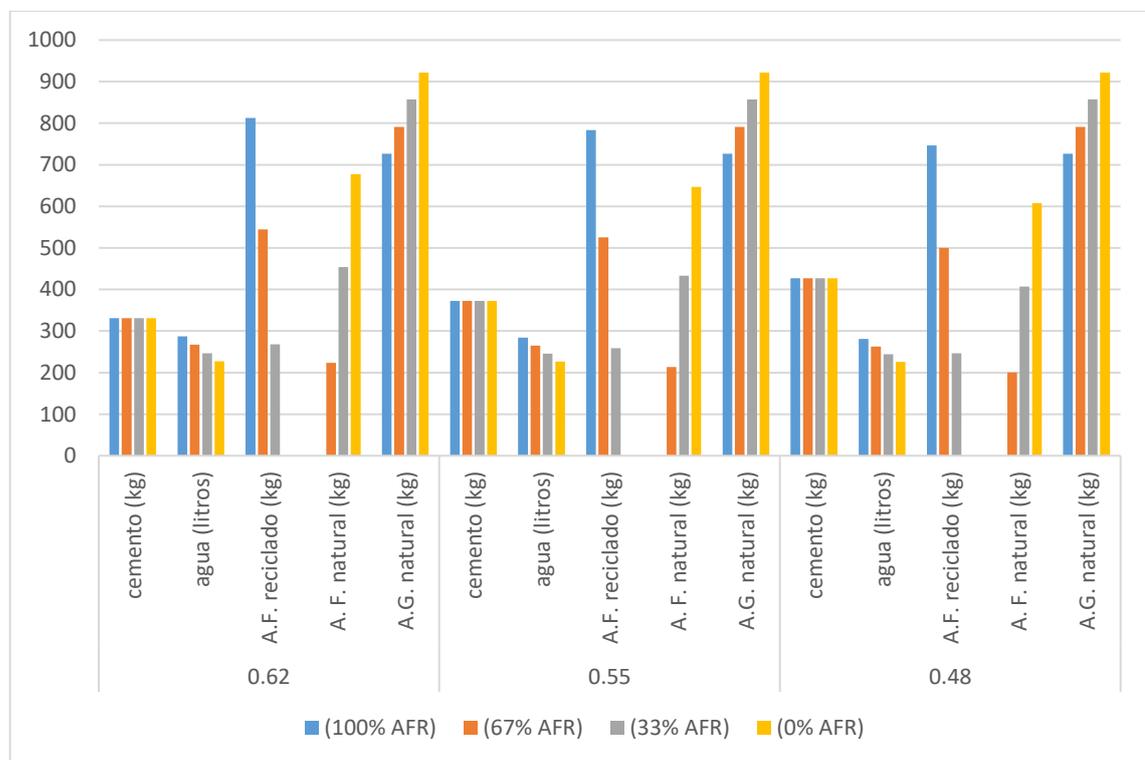
Según los resultados y discusiones obtenidas se puede afirmar que los agregados finos reciclados poseen características físicas diferentes a los agregados finos naturales.

4.2.5. Diseño de mezcla

En la Figura 8, se puede apreciar lo siguiente; la cantidad de cemento aumenta conformemente disminuye la relación a/c, la cantidad de agua es la misma y que esta incrementa por el porcentaje de AFR en la mezcla y que está relacionado con el alto porcentaje de absorción que presenta. La cantidad de agregado grueso es la misma para cada relación a/c, pero con variaciones en cada una de ellas, influenciado por el alto valor del módulo de fineza del AFR.

Figura 8

Comparación del diseño de mezcla relacionado al agregado fino y a/c



En conclusión, el AFR influye en la cantidad del agua y agregado grueso debido al alto valor de porcentaje de absorción y módulo de fineza que presenta.

4.2.6 Resistencia a la compresión

Prueba de hipótesis específicos 2

Para probar que, con la sustitución parcial o total del agregado fino reciclado en el concreto se puede obtener un concreto con resistencia a la compresión cercana a los concretos con agregado fino natural.

4.2.6.1 Prueba Estadística

Para la comparación de las características resistente del concreto con diferentes porcentajes de agregado fino reciclado y diferentes relaciones a/c, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) y determinar si existe diferencia significativa entre las variables del sistema.

4.2.1.1. Muestras para comparación

Las muestras para su comparación, son los resultados finales de resistencia a la compresión con diferentes porcentajes de AFR.

Tabla 30

Datos para el análisis ANOVA, a/c, %AFR Vs Resistencia a la compresión

a/c	Resistencia del concreto (kg/cm ²) para diferentes %AFR			
	100% AFR	67% AFR	33% AFR	0% AFR
0.62	156.70	161.68	171.52	124.75
	157.23	164.77	168.81	126.63
	155.67	158.62	170.38	126.22
0.55	179.49	184.68	198.21	170.54
	178.04	183.81	199.40	173.13
	175.85	186.14	197.77	172.59
0.48	182.10	194.08	211.11	256.42
	185.16	194.76	209.53	256.27
	180.77	193.73	213.81	259.13



4.2.1.2. Planteamiento de Hipótesis

Para el planteamiento de la hipótesis vamos a utilizar un ANOVA de múltiples variables.

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$, No hay diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión según la relación a/c y %AFR.

H_1 : Al menos un par de medias son significativamente distintas la una de la otra.

El estadístico estudiado en el ANOVA, conocido como F_{ratio} , es el ratio entre la varianza de las medias de los grupos y el promedio de la varianza dentro de los grupos conocida como “ F de Fisher-Snedecor”. Si se cumple la hipótesis nula (H_0), el estadístico F adquiere el valor de 1 ya que la intervarianza será igual a la intravarianza. Cuanto más difieran las medias de los grupos mayor será la varianza entre medias en comparación al promedio de la varianza dentro de los grupos, obteniéndose valores de F superiores a 1 y por lo tanto menor la probabilidad de que la distribución adquiera valores tan extremos (menor el P-value).

La regla de decisión.

Definiéndose la zona de aceptación de H_0 .

H_0 : Se acepta, si $F_c < F_t$; no tiene una influencia en la resistencia del concreto

H_1 : Se rechaza H_0 , si $F_c > F_t$; y se acepta H_1 ; tiene una influencia en la resistencia del concreto

4.2.1.3. Nivel de Significancia

El nivel de significancia para la investigación en la prueba estadística fue de un Alfa = 0.05.

En la tabla 31, se muestran el resumen estadístico del análisis ANOVA.

Tabla 31

Análisis ANOVA para Resistencia a la compresión

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>G l</i>	<i>Cuadra do Medio</i>	<i>Ra zón-F</i>	<i>Val or-P</i>
Efectos principales					
A:a/c	20067.1	2	10033.5	36	0.000
B:%AFR	2100.7	3	700.23	25	0.000
Interacciones					
AB	12101.1	6	2016.8	73	0.000
RESIDUOS	65.705	2	2.7377	6.68	0.000
Total	34334.8	4	4		
(corregido)	5	5			

La Tabla 31 descompone la variabilidad de Resistencia a la compresión en contribuciones debidas a varios factores. La contribución de cada factor se midió 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 Resistencia a la compresión con un 95.0% de nivel de confianza.

Para poder determinar cuál de las relaciones a/c y porcentajes de reemplazo de AFR presenta mayor resistencia a la compresión se realizó la prueba de múltiples rangos de Tukey.



Tabla 32

Pruebas de Tukey para Resistencia a la compresión por %AFR al 95%

<i>%AFR</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
100% AFR	9	172.334	0.551537	×
67% AFR	9	180.252	0.551537	×
0% AFR	9	185.076	0.551537	×
33% AFR	9	193.393	0.551537	×

Tabla 33

Pruebas de Contraste para Resistencia a la compresión por %AFR al 95%

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
0% AFR - 100% AFR	*	12.7411	2.15224
0% AFR - 33% AFR	*	-8.31778	2.15224
0% AFR - 67% AFR	*	4.82333	2.15224
100% AFR - 33% AFR	*	-21.0589	2.15224
100% AFR - 67% AFR	*	-7.91778	2.15224
33% AFR - 67% AFR	*	13.1411	2.15224

* indica una diferencia significativa.

Tabla 34

Pruebas de Tukey para Resistencia a la compresión por a/c al 95%

a/c	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
0.62	12	153.582	0.477645	X
0.55	12	183.304	0.477645	X
0.48	12	211.406	0.477645	X

Tabla 35

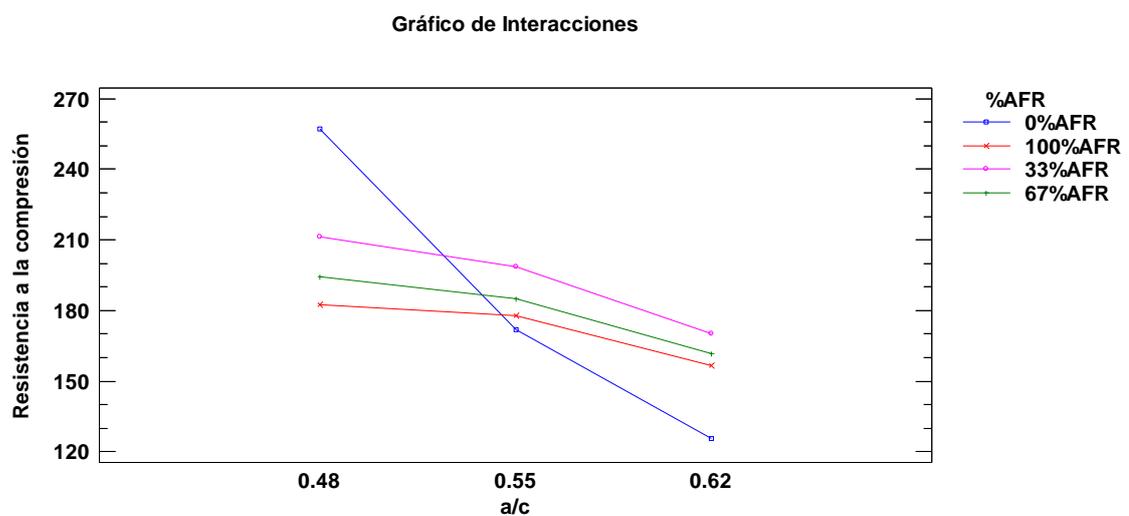
Pruebas de Contraste para Resistencia a la compresión por a/c al 95%

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0.48 - 0.55	*	28.1017	1.68744
0.48 - 0.62	*	57.8242	1.68744
0.55 - 0.62	*	29.7225	1.68744

* indica una diferencia significativa

Figura 9

Resistencia del concreto en relación al %AFR y a/c





La Tabla 31 se puede apreciar que la variable %AFR influye en la Resistencia del concreto, sin embargo se tiene mayor influencia con la relación a/c. igualmente las variables %AFR y a/c interactúan entres sí e incluyen en la Resistencia del concreto.

En la Tabla 32 se observa que él %AFR influye de una manera negativa, y mientras más agregado fino reciclado tenga el concreto menos Resistencia a la compresión va a presentar esta.

En la tabla 34 se muestra que cuando la relación a/c baja la resistencia a la compresión del concreto aumenta

En los concretos con %AFR este aumento garantiza que se puede llegar a una resistencia del 210 kg/cm² con el uso de 33% de AFR y con una relación de a/c de 0.48, tal como se muestra en la Figura 9.



V. CONCLUSIONES

- Los agregados finos reciclados presentan características físicas diferentes a los agregados finos naturales, teniendo una distribución granulometría (curva granulométrica) fuera de los rangos permitidos según la Norma Técnica Peruana, con un módulo de fineza de 3.97, superior en 52%. Con Absorciones superiores a 67%, con pesos unitarios sueltos inferiores a 22% y pesos unitarios compactados inferior a 27%, todos ellos en comparación con los valores del AFN., siendo los % de Absorción y Modulo de finezas que influyeron en el incremento de agua de amasado de 26% y una disminución de la cantidad de agregado grueso del 27% en el diseño de la mezcla.
- El estadístico ANOVA multivariable nos indicó que existe una diferencia significativa en la resistencia del concreto con un Valor-*P* de 0.0000 al 95% de nivel de confianza, concluyéndose que el agregado fino reciclado influye de manera negativa en la resistencia a la compresión del concreto, mientras más agregado fino reciclado se adicione a la mezcla menos resistente a la compresión será esta. Sin embargo se puede conseguir un concreto de resistencia a la compresión de 210 kg/cm² con el uso de 33% de AFR con una relación de a/c de 0.48.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir investigando sobre el uso del agregado fino reciclado y su aplicación en nuevos concretos, ya que es una buena alternativa para la minimización del impacto ambiental por residuos de construcción y demolición.
- En la investigación se utilizó agregado fino reciclado con alto contenido de módulo de fineza, por lo que se recomienda hacer procesos de trituración para que este valor baje hasta rangos aceptables y ver la influencia de esta en nuevos concretos.
- En la investigación se realizó el diseño de mezcla por el método de ACI 211, en la que se vio inconvenientes el uso de la tabla para determinar el porcentaje de agregado grueso por el alto valor del módulo de fineza del agregado fino reciclado, por lo que se recomienda realizar investigaciones con diferentes métodos de diseño.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2017). *Tecnología del Concreto (Teoría y problemas)*. En *Segunda Edición*. San Marcos.
- ACI 211. (2016). *Diseño de mezclas de concreto*. American Concrete Institute (ACI).
- Arriaga, L. (2013). *Utilización de agregado grueso de concreto reciclado en elementos estructurales de concreto reforzado*. *Escuela Colombiana de ingeniería Julio Garavito*.
- Bautista, A. (2018). *Diseño de pavimento rígido permeable para la evacuación de agua pluviales según la norma ACI 522R-10*. 157.
<https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/4928>
- Beltrán, B. (2017). *Estudio de la durabilidad del hormigón elaborado con áridos reciclados encapsulados*. *Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Facultad De Construcciones, Departamento de Ingeniería Civil*, 1–73.
- Britcher, T., & Pestana, J. (2015). *Diseño De Mezcla Experimental De Concreto , Con Sustituyendo El 100 % Del Agregado Fino Por Escombros triturados*. *Universidad Nueva Esparta, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil*.
- Choque, D. (2011). *Determinación del comportamiento Físico/mecánico del concreto con agregado grueso Reciclado para uso en pavimentos rígidos - Juliaca*. *Universidad Nacional del Altiplano*.
- Comité ACI. 522R. (2006). *Hormigón permeable Hormigón permeable Reportado por el Comité ACI 522 Reportado por el Comité ACI 522*.
<https://es.scribd.com/document/405513984/ACI-522R-traducido-pdf>



- E.060. (2009). *Norma E.060 concreto armado*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Erazo, N. (2018). Evaluación Del Diseño De Concreto $F'C=175$ Kg/Cm² Utilizando Agregados Naturales Y Reciclados Para Su Aplicación En Elementos No Estructurales. *Repositorio de Tesis*, 168.
- Mattey, P., Robayo, R., Torres, J., Ramos, P., & Delvasto, S. (2015). Evaluación de las propiedades mecánicas de paneles de ferrocemento con agregado fino reciclado. *Informador Técnico*, 79(2), 146. <https://doi.org/10.23850/22565035.159>
- Mauricio, C., Montoya, B., & Fernando, L. (2003). *El concreto reciclado con escombros como generador de hábitats urbanos sostenibles*. <http://www.bdigital.unal.edu.co/3477/1/98589947-2003.pdf>
- Melendez, A. (2016). Utilización del concreto reciclado como agregado (grueso y fino) para un diseño de mezcla $f'c = 210$ Kg/Cm² en la ciudad de huaraz-2016. *Universidad San Pedro, Huaraz Perú*, 1–118.
- 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_PERUANA_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 334.009. (2016). CEMENTOS. Cemento pórtland. Requisitos. *Inacal, 6ta Edició*.



- 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 339.047. (2006). *Hormigón (Concreto). Deficiones y terminologia relativas al hormigon y agregados* (p. 17).
- NTP 339.088. (2006). *HORMIGÓN (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos.*
- NTP 339.185. (2011). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. *Norma Tecnica Peruana.*
- NTP 400.011. (2008). Agregados. definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones. *Norma Tecnica 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.*
- NTP 400.053. (2019). Norma Tecnica Peruana 400.053. *Instituto Nacional de Calidad,*



- Lima* 27, 1–14. <https://www.qhse.com.pe/wp-content/uploads/2019/03/NTP-900.058-2019-Residuos.pdf>
- ONU. (2018). *Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe*.
Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe.
- Pacheco, C., Fuentes, L., Sanchez, E., & Rondón, H. (2017). Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de Barranquilla desde su modelo de gestión. *Ingeniería y desarrollo*, 35, 1–23.
- PCA. (2004). Diseño y control de Mezclas de Concreto. En *Asocioacion de Cemento Portland (PCA)* (Vol. 21, Número 152).
- POGOTECH. (2017). *No Title*. Cifras mundiales acerca del procesamiento de RCD - Residuos de la construcción y demolición. <https://pogotech.eu/es/rcd/>.
- Rivva, E. (1992). Diseño de mezclas. *ICG*.
- Rivvas, E. (2010). CONCRETO Diseño de Mezclas. *Instituto de la Construcción y Gerencia*, 54.
- RNE. (2020). *Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) | Gobierno del Perú*. <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Ruelas, Er. (2015). Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la producción de concreto. *Universidad nacional del altiplano*, 274.
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y



- San Martín, R. (2019). Uso de probetas ensayadas del LEMC como agregado grueso reciclado en mezclas nuevas de concreto. *Universidad de Piura*.
- Silva, R. (2014). Properties and composition of recycled aggregates from construction and demolition waste suitable for concrete production. *Construction and Building Materials*, 201–217.
- Sosa, E., Zega, C. J., Coelho, G., Santos, D., & Maio, A. Di. (2017). Agregados finos reciclados de diversos orígenes y su utilización en morteros. *Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto*, 122, 9.
- Torres, A., Brandt, J., Lear, K., & Liu, J. (2017). A looming tragedy of the sand commons. *Science*, 357(6355), 970–971. <https://doi.org/10.1126/science.aao0503>
- Tumi Quispe, J. (2012). *Conocimientos De La Población De La Ciudad De Puno Sobre Gestión De Residuos Sólidos Knowledge of the Population of the City of Puno on Solid Waste Management*. 3(2), 1–8.
<https://www.redalyc.org/pdf/4498/449845036001.pdf>
- Velasquez, P. L. (2017). *Gestión de residuos sólidos urbanos en Puno: factores que limitan su adecuada implementación*. 53.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5533/MDDvealpl.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 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.
- Yura S.A. (2021). *Ficha tecnica 2021/V.1 cemento rumi IP* (p. 4).



Zega, C. (2015). Efecto del agregado grueso reciclado sobre las propiedades del hormigón. *scielo.org.ve*. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0376-723X2007000200001&script=sci_arttext

Zega, C. J. (2016). Agregado Fino Reciclado Molido Como Fino Para La. *Asociación argentina de tecnología del hormigón; CONITICET*, 1–8.

Zega, J. (2008). *Hormigones reciclados: caracterización de los agregados gruesos reciclados*. 62.



ANEXOS



Figura 10 Zarandeo por la malla N° 1/4" del agregado fino reciclado



Figura 11 Prueba del peso unitario seco compactado del AFR



Figura 12 *Determinación del Peso Específico del Agregado fino reciclado*



Figura 13 *Especímenes para prueba de resistencia del concreto*



Figura 14 *Determinación del mas dimensiones de los especímenes de concreto*



Figura 15 *Prueba de resistencia a la compresión del concreto*



Anexo A. Análisis granulométrico del Agregado Fino Reciclado



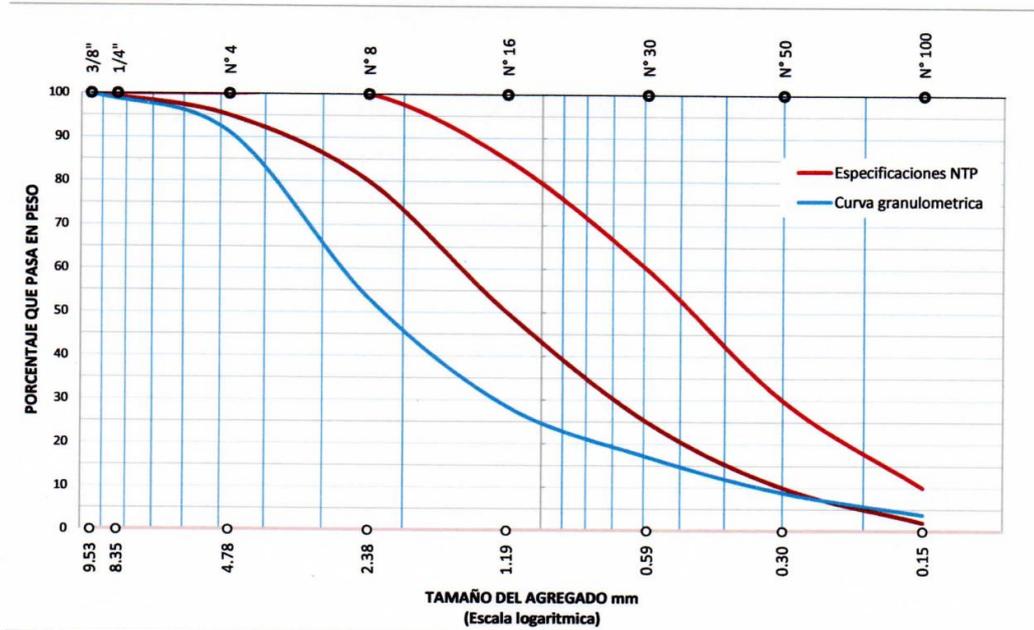
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA
LABORATORIO DE ENSAYOS Y MATERIALES



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO AGREGADO FINO

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICA DEL CONCRETO CON USO TOTAL O PARCIAL DE AGREGADO FINO RECICLADO ELABORADO EN LA CIUDAD DE PUNO"
SOLICITADO POR : Bach. ELVIN SONCCO CUNO MUESTRA : AGREGADO FINO RECICLADO
FECHA : 04 DE ABRIL DEL 2022 CANTERA : UNA - PUNO

TAMIZ Pulg.	ABERTURA mm.	PESO RETEN.	% R. PARCIAL	% R. ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100 100	P. muestra = 1589 MF = 3.97 Características D10 = 0.34 Cu = 8.26 D60 = 2.81
1/4"	8.350	0.00	0.00	0.00	100.00		
N° 04	4.780	141.00	8.87	8.87	91.13	95 100	
N° 08	2.380	602.00	37.89	46.76	53.24	80 100	
N° 16	1.190	393.00	24.73	71.49	28.51	50 85	
N° 30	0.590	182.00	11.45	82.95	17.05	25 60	
N° 50	0.300	130.00	8.18	91.13	8.87	10 30	
N° 100	0.149	81.00	5.10	96.22	3.78	02 10	
N° 200	0.074	53.00	3.34	99.56	0.44		
BASE	0.000	7.00	0.44	100.00	0.00		
SUM.T		1589.00	53.24	397.42	403.02		



VºBº
Ing. Jorge Luis Aroste-Villa
INGENIERO TOPOGRAFICO Y AGRIMENSUR
INGENIERO CIVIL
CIP. 86757



Anexo B. Análisis granulométrico del Agregado Fino Natural



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



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO AGREGADO FINO

“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICA DEL CONCRETO CON USO TOTAL O PARCIAL DE AGREGADO FINO RECICLADO ELABORADO EN LA CIUDAD DE PUNO”

PROYECTO :

SOLICITADO POR :

Bach. ELVIN SONCCO CUNO

MUESTRA : AGREGADO FINO NATURAL

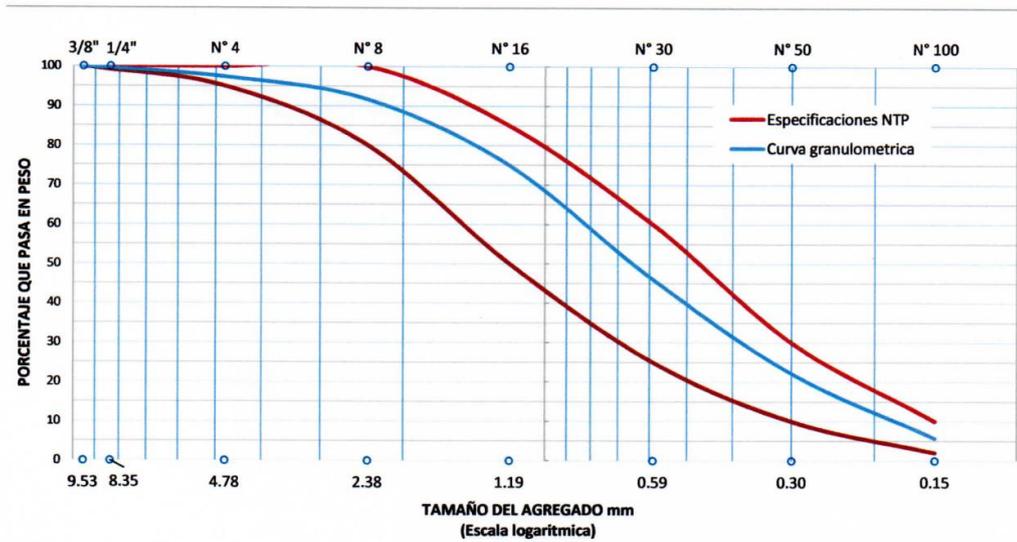
FECHA :

04 DE ABRIL DEL 2022

CANTERA : UNA - PUNO

Peso total del material antes del tamizado 1844.4

TAMIZ Pulg.-ASTM	ABERTURA mm.	PESO RETEN.	% R. PARCIAL	% R. ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100 100	P. muestra = 491 MF = 2.62 Características D10 = 0.19 Cu = 4.67 D60 = 0.88
1/4"	8.350	0.00	0.00	0.00			
N° 04	4.780	13.00	2.65	2.65	97.35	95 100	
N° 08	2.380	28.00	5.70	8.35	91.65	80 100	
N° 16	1.190	82.00	16.70	25.05	74.95	50 85	
N° 30	0.590	142.00	28.92	53.97	46.03	25 60	
N° 50	0.300	117.00	23.83	77.80	22.20	10 30	
N° 100	0.149	81.00	16.50	94.30	5.70	02 10	
N° 200	0.074	23.00	4.68	98.98	1.02		
BASE	0.000	5.00	1.02	100.00	0.00		
SUM.T	27.34	491.00	100.00	262.12			



OBSERVACIONES:

Su granulometría se encuentra dentro de las especificaciones ASTM.

VºBº *[Firma]*
Ing. Jorge Luis Aroste Villa
INGENIERO TOPOGRAFO Y AGRIMENSOR
INGENIERO CIVIL
CIP. 86757

Anexo C. Análisis granulométrico del Agregado Grueso natural



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



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS

"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICA DEL CONCRETO CON USO TOTAL O PARCIAL
DE AGREGADO FINO RECICLADO ELABORADO EN LA CIUDAD DE PUNO"

PROYECTO :

SOLICITADO POR :

FECHA :

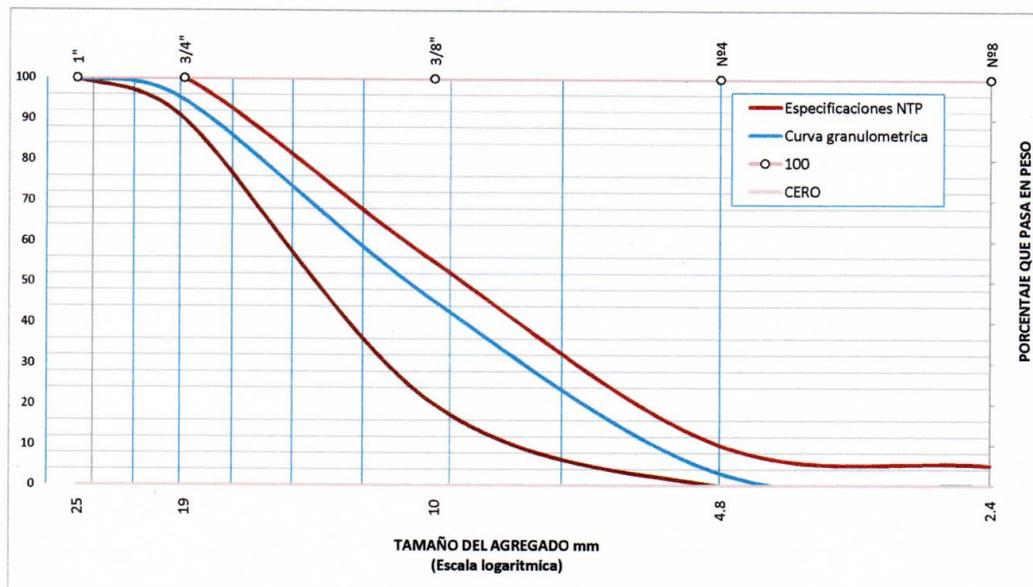
Bach. ELVIN SONCCO CUNO

04 DE ABRIL DEL 2022

MUESTRA : AGREGADO GRUESO NATURAL

CANTERA : UNA - PUNO

TAMIZ Pulg.	ABERTURA mm.	PESO RETEN.	% R. PARCIAL	% R. ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
						TNM = 3/4"		
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	0.00			P. muestra = 1538 MF = 6.84 Características D10 = 5.43 Cu = 1.652 D30 = 7.74 Cc = 1.231 D60 = 8.97
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	0.00			
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00			
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00			
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	
3/4"	19.050	82.00	5.33	5.33	94.67	90	100	
1/2"	12.700	336.00	21.85	27.18	72.82			
3/8"	9.525	422.00	27.44	54.62	45.38	20	55	
1/4"	6.350	550.00	35.76	90.38	9.62			
N° 04	4.760	100.00	6.50	96.88	3.12	0	10	
N° 08	2.380	48.00	3.12	100.00	0.00	0	5	
SUM.T		1538	100.00	684.01				



OBSERVACIONES:

Su granulometría se encuentra dentro de las especificaciones ASTM.

VºBº *[Firma]*

 Ing. Jorge Luis Aroste Villa
 INGENIERO TOPOGRAFO Y AGRIMENSOR
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 86757



Anexo D. Peso específico y Absorción del Agregado Fino Reciclado



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 : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICA DEL CONCRETO CON USO TOTAL O PARCIAL DE AGREGADO FINO RECICLADO ELABORADO EN LA CIUDAD DE PUNO"
REALIZADO POR : Bach. ELVIN SONCCO CUNO MUESTRA : AGREGADO FINO RECICLADO
FECHA : 06 DE ABRIL DEL 2022 CANTERA : UNA - PUNO

AGREGADO FINO

METODO DEL PIGNOMETRO

	Numero de ensayo	1	2	3	Und.
A	Peso pignometro	447.00			g
B	Peso pignometro + H2O	1445.00			g
C	Peso pignometro + Msss	1123.00			g
D	Peso pignometro + H2O + Msss	1832.00			g
E	Peso charola	415.50			g
F	Peso charola + M.seco	1037.00			g
G	Peso de la muestra seca (F-E)	621.50			g
H	Peso de la muestra saturada SS (C-A)	676.00			g
I	Peso especifico (G/(B+H-D))	2.151			g/cm ³
	Peso especifico promedio	2.151			g/cm ³
J	Absorción ((H-G)/G)	8.769			%
	Absorción promedio	8.77			%

vº Bº

Ing. Jorge Luis Aroste Villa
INGENIERO TOPOGRAFO Y AGRIMENSOR
INGENIERO CIVIL
CIP. 86757



Anexo E. Peso específico y Absorción del Agregado Fino Natural



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 : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICA DEL CONCRETO CON USO TOTAL O PARCIAL DE AGREGADO FINO RECICLADO ELABORADO EN LA CIUDAD DE PUNO"
REALIZADO POR : Bach. ELVIN SONCCO CUNO **MUESTRA :** AGREGADO FINO NATURAL
FECHA : 06 DE ABRIL DEL 2022 **CANTERA :** UNA - PUNO

AGREGADO FINO

METODO DEL PIGNOMETRO

	Numero de ensayo	1	2	3	Und.
A	Peso pignometro	447.00			g
B	Peso pignometro + H2O	1445.00			g
C	Peso pignometro + Msss	1230.00			g
D	Peso pignometro + H2O + Msss	1891.00			g
E	Peso charola	416.00			g
F	Peso charola + M.seco	1160.00			g
G	Peso de la muestra seca (F-E)	744.00			g
H	Peso de la muestra saturada SS (C-A)	783.00			g
I	Peso específico (G/(B+H-D))	2.208			g/cm ³
	Contenido de humedad promedio (%)		2.208		
J	Absorción ((H-G)/G)	5.242			%
	Absorción promedio		5.242		%

V^oB^o 
 **Ing. Jorge Luis Aroste Villa**
 INGENIERO TOPOGRAFO Y AGRIMENSUR
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 86757



Anexo F. Peso específico y Absorción del Agregado Grueso Natural



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 : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICA DEL CONCRETO CON USO TOTAL O PARCIAL DE AGREGADO FINO RECICLADO ELABORADO EN LA CIUDAD DE PUNO"
REALIZADO POR : Bach. ELVIN SONCCO CUNO MUESTRA : AGREGADO GRUESO NATURAL
FECHA : 06 DE ABRIL DEL 2022 CANTERA : UNA - PUNO

AGREGADO GRUESO
METODO DEL CESTO SUMERGIDO

Numero de ensayo		1	2	3	Und.
A	Peso del cesto + gancho	974.00			g
B	Peso del cesto + gancho + Msss	1679.00			g
C	Peso del cesto sumergido	901.00			g
D	Peso del cesto sumergido + Msss	1324.00			g
E	Peso charola	425.00			g
F	Peso charola + material seco	1107.00			g
G	Peso de la muestra seca (F-E)	682.00			g
H	Peso del material SSS (B-A)	705.00			g
I	Peso en el agua de la muestra SSS (D-C)	423.00			g
J	Peso específico (G/(H-I))	2.418			g/cm ³
Promedio peso específico (G/(H-I))		2.418			g/cm ³
K	Absorción % ((H-G)/G)	3.372			%
Promedio absorción % ((H-G)/G)		3.372			%

V^oB^o

Ing. Jorge Luis Arose Villa
INGENIERO TOPOGRAFICO Y AGRIMENSOR
INGENIERO CIVIL
CIP. 86757



Anexo G. Peso Unitario Seco y Compactado del Agregado Fino 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 : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICA DEL CONCRETO CON USO TOTAL O PARCIAL DE AGREGADO FINO RECICLADO ELABORADO EN LA CIUDAD DE PUNO"
REALIZADO POR : Bach. ELVIN SONCCO CUNO MUESTRA : AGREGADO FINO RECICLADO
FECHA : 05 DE ABRIL DEL 2022 CANTERA : UNA PUNO

AGREGADO FINO

PESO UNITARIO SUELTO

Ensaye no.	1	2	3
Molde No.	01		
Volumen del molde (cm ³)	2779.9		
Peso del molde (g)	330.0		
Peso del agregado suelto + molde (g)	3531.0		
Peso del agregado suelto en el molde (g)	3201.0		
Peso volumétrico seco suelto (kg/m ³)	1151.5		
Peso volumétrico promedio seco suelto (kg/m ³)	1151.5		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensaye no.	1	2	3
Molde No.	01		
Volumen del molde (cm ³)	2779.9		
Peso del molde (g)	330.0		
Peso del agregado compactado + molde (g)	3830.0		
Peso del agregado compactado en el molde (g)	3500.0		
Peso volumétrico seco compactado (kg/m ³)	1259.0		
Peso volumétrico promedio seco compact. (kg/m ³)	1259.0		

V²B²

Ing. Jorge Luis Aroste Villa
INGENIERO TOPOGRAFO Y AGRIMENSUR
INGENIERO CIVIL
CIP. 86757



Anexo H. Peso Unitario Seco y Compactado 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 : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICA DEL CONCRETO CON USO TOTAL O PARCIAL DE AGREGADO FINO RECICLADO ELABORADO EN LA CIUDAD DE PUNO"
REALIZADO POR : Bach. ELVIN SONCCO CUNO MUESTRA : AGREGADO FINO NATURAL
FECHA : 05 DE ABRIL DEL 2022 CANTERA : UNA PUNO

AGREGADO FINO

PESO UNITARIO SUELTO

Ensaye no.	1	2	3
Molde No.	01		
Volumen del molde (cm ³)	2779.9		
Peso del molde (g)	331.0		
Peso del agregado suelto + molde (g)	4435.0		
Peso del agregado suelto en el molde (g)	4104.0		
Peso volumétrico seco suelto (kg/m ³)	1476.3		
Peso volumétrico promedio seco suelto (kg/m ³)	1476.3		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensaye no.	1	2	3
Molde No.	01		
Volumen del molde (cm ³)	2779.9		
Peso del molde (g)	331.0		
Peso del agregado compactado + molde (g)	5130.0		
Peso del agregado compactado en el molde (g)	4799.0		
Peso volumétrico seco compactado (kg/m ³)	1726.3		
Peso volumétrico promedio seco compact. (kg/m ³)	1726.3		

VBO

Ing. Jorge Luis Aroste Villa
INGENIERO TOPOGRAFO Y AGRIMENSOR
INGENIERO CIVIL
CIP. 86757



Anexo I. Peso Unitario Seco y Compactado del Agregado 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 : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICA DEL CONCRETO CON USO TOTAL O PARCIAL DE AGREGADO FINO RECICLADO ELABORADO EN LA CIUDAD DE PUNO"
REALIZADO POR : Bach. ELVIN SONCCO CUNO MUESTRA : AGREGADO GRUESO NATURAL
FECHA : 05 DE ABRIL DEL 2022 CANTERA : UNA PUNO

AGREGADO GRUESO

PESO UNITARIO SUELTO

Ensaye no.	1	2	3
Molde No.	02		
Volumen del molde (cm ³)	8,063.35		
Peso del molde (g)	721.00		
Peso del agregado suelto + molde (g)	11,352.00		
Peso del agregado suelto en el molde (g)	10,631.00		
Peso volumétrico seco suelto (kg/m ³)	1,318.44		
Peso volumétrico promedio seco suelto (kg/m ³)	1318.435		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensaye no.	1	2	3
Molde No.	02		
Volumen del molde (cm ³)	8063.3		
Peso del molde (g)	720.0		
Peso del agregado compactado + molde (g)	12092.0		
Peso del agregado compactado en el molde (g)	11372.0		
Peso volumétrico seco compactado (kg/m ³)	1410.3		
Peso volumétrico promedio seco compact. (kg/m ³)	1410.332		

V^oB^o

Ing. Jorge Luis Aroste Villa
INGENIERO TOPOGRAFO Y AGRIMENSOR
INGENIERO CIVIL
CIP. 86757



Anexo J. Contenido de Humedad del Agregado Fino reciclado



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



HUMEDAD EN EL AGREGADO

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICA DEL CONCRETO CON USO TOTAL O PARCIAL DE AGREGADO FINO RECICLADO ELABORADO EN LA CIUDAD DE PUNO"
REALIZADO POR : Bach. ELVIN SONCCO CUNO MUESTRA : AGREGADO FINO RECICLADO
FECHA : 08 ABRIL DEL 2022 CANTERA : UNA PUNO

Ensaye no.	1	2	3
Tara No.	01		
Peso de tara (gr)	422.0		
Peso de tara + agregado húmedo (gr)	978.0		
Peso de tara + agregado seco (gr)	975.0		
Peso de agregado húmedo (gr)	556.0		
Peso de agregado seco (gr)	553.0		
Contenido de humedad (%)	0.5		
Contenido de humedad promedio (%)	0.5		

V^oB^o 

 Ing. Jorge Luis Aroste Villa
 INGENIERO TOPOGRAFO Y AGRIMENSOR
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 86757



Anexo K. Contenido de Humedad del Agregado Fino Natural



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



HUMEDAD EN EL AGREGADO

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICA DEL CONCRETO CON USO TOTAL O PARCIAL DE AGREGADO FINO RECICLADO ELABORADO EN LA CIUDAD DE PUNO"

REALIZADO POR : Bach. ELVIN SONCCO CUNO
FECHA : 08 ABRIL DEL 2022

MUESTRA : AGREGADO FINO NATURAL
CANTERA : UNA PUNO

Ensayo no.	1	2	3
Tara No.	01		
Peso de tara (gr)	34.0		
Peso de tara + agregado húmedo (gr)	1024.0		
Peso de tara + agregado seco (gr)	993.0		
Peso de agregado húmedo (gr)	990.0		
Peso de agregado seco (gr)	959.0		
Contenido de humedad (%)	3.2		
Contenido de humedad promedio (%)	3.2		

VºBº



Jorge Luis Aroste Villa
 INGENIERO TOPOGRAFO Y AGRIMENSUR
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 86757



Anexo L. Contenido de Humedad del Agregado Grueso Natural



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



HUMEDAD EN EL AGREGADO

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICA DEL CONCRETO CON USO TOTAL O PARCIAL DE AGREGADO FINO RECICLADO ELABORADO EN LA CIUDAD DE PUNO"

REALIZADO POR : Bach. ELVIN SONCCO CUNO

MUESTRA : AGREGADO GRUESO NATURAL

FECHA : 08 ABRIL DEL 2022

CANTERA : UNA PUNO

Ensayo no.	1	2	3
Tara No.	01		
Peso de tara (gr)	422.2		
Peso de tara + agregado húmedo (gr)	1237.0		
Peso de tara + agregado seco (gr)	1218.0		
Peso de agregado húmedo (gr)	814.8		
Peso de agregado seco (gr)	795.8		
Contenido de humedad (%)	2.4		
Contenido de humedad promedio (%)	2.4		

V^oB^o 
 Ing. Jorge Luis Aroste Villa
 INGENIERO TOPOGRAFO Y AGRIMENSUR
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 86757



Anexo M. Análisis de resistencia en el 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 : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICA DEL CONCRETO CON USO TOTAL O PARCIAL DE AGREGADO FINO RECICLADO ELABORADO EN LA CIUDAD DE PUNO"
ELABORADO POR : Bach. ELVIN SONCCO CUNO MUESTRA : PROBETAS DE CONCRETO
FECHA : 13 DE MAYO DEL 2022 UBICACIÓN : UNA PUNO

Prueb Nº	CODIGO	MEDIDAS		AREA cm ²	VOLUMEN cm ³	CARGA KN	RESISTENCIA		FECHA		EDAD días	%
		Alt.	Diam.				Diseño	Rotura	Moldeo	Rotura		
1	D-1	30.0	15.0	176.715	5301.438	271.65	210	156.7	09/04/2022	13/05/2022	34	75
2	D-1	30.0	14.9	174.366	5230.987	268.94	210	157.2	09/04/2022	13/05/2022	34	75
3	D-1	30.0	15.0	176.715	5301.438	269.87	210	155.7	09/04/2022	13/05/2022	34	74
4	D-2	30.0	15.0	176.715	5301.438	311.15	210	179.5	09/04/2022	13/05/2022	34	85
5	D-2	30.0	15.0	176.715	5301.438	308.65	210	178.0	09/04/2022	13/05/2022	34	85
6	D-2	30.1	15.0	176.715	5319.109	304.84	210	175.8	09/04/2022	13/05/2022	34	84
7	D-3	30.0	15.0	176.715	5301.438	315.68	210	182.1	09/04/2022	13/05/2022	34	87
8	D-3	30.0	15.0	176.715	5301.438	320.99	210	185.2	09/04/2022	13/05/2022	34	88
9	D-3	30.0	14.9	174.366	5230.987	309.21	210	180.8	09/04/2022	13/05/2022	34	86
10	D-4	30.0	15.0	176.715	5301.438	280.28	210	161.7	09/04/2022	13/05/2022	34	77
11	D-4	30.0	15.0	176.715	5301.438	285.64	210	164.8	09/04/2022	13/05/2022	34	78
12	D-4	30.0	15.1	179.079	5372.359	278.65	210	158.6	09/04/2022	13/05/2022	34	76
13	D-5	30.0	15.0	176.715	5301.438	320.16	210	184.7	09/04/2022	13/05/2022	34	88
14	D-5	30.0	15.0	176.715	5301.438	318.65	210	183.8	09/04/2022	13/05/2022	34	88
15	D-5	30.1	15.0	176.715	5319.109	322.68	210	186.1	09/04/2022	13/05/2022	34	89
16	D-6	30.0	15.0	176.715	5301.438	336.45	210	194.1	09/04/2022	13/05/2022	34	92
17	D-6	30.0	15.1	179.079	5372.359	342.15	210	194.8	09/04/2022	13/05/2022	34	93
18	D-6	30.0	15.0	176.715	5301.438	335.84	210	193.7	09/04/2022	13/05/2022	34	92
19	D-7	30.0	15.1	179.079	5372.359	301.32	210	171.5	10/04/2022	13/05/2022	33	82
20	D-7	30.1	15.0	176.715	5319.109	292.65	210	168.8	10/04/2022	13/05/2022	33	80
21	D-7	30.0	15.0	176.715	5301.438	295.37	210	170.4	10/04/2022	13/05/2022	33	81
22	D-8	30.0	15.0	176.715	5301.438	343.61	210	198.2	10/04/2022	13/05/2022	33	94
23	D-8	30.0	15.0	176.715	5301.438	345.68	210	199.4	10/04/2022	13/05/2022	33	95
24	D-8	30.0	15.0	176.715	5301.438	342.84	210	197.8	10/04/2022	13/05/2022	33	94
25	D-9	30.1	15.0	176.715	5319.109	365.98	210	211.1	10/04/2022	13/05/2022	33	101
26	D-9	30.0	15.0	176.715	5301.438	363.23	210	209.5	10/04/2022	13/05/2022	33	100
27	D-9	30.0	15.0	176.715	5301.438	370.65	210	213.8	10/04/2022	13/05/2022	33	102
28	D-10	30.0	15.0	176.715	5301.438	216.26	210	124.7	10/04/2022	13/05/2022	33	59
29	D-10	30.0	15.0	176.715	5301.438	219.52	210	126.6	10/04/2022	13/05/2022	33	60
30	D-10	30.0	15.1	179.079	5372.359	221.74	210	126.2	10/04/2022	13/05/2022	33	60
31	D-11	30.0	15.0	176.715	5301.438	295.64	210	170.5	10/04/2022	13/05/2022	33	81
32	D-11	30.0	15.0	176.715	5301.438	300.14	210	173.1	10/04/2022	13/05/2022	33	82
33	D-11	29.9	15.0	176.715	5283.766	299.20	210	172.6	10/04/2022	13/05/2022	33	82
34	D-12	29.9	15.1	179.079	5354.451	450.46	210	256.4	10/04/2022	13/05/2022	33	122
35	D-12	30.0	15.0	176.715	5301.438	444.27	210	256.3	10/04/2022	13/05/2022	33	122
36	D-12	30.0	15.0	176.715	5301.438	449.22	210	259.1	10/04/2022	13/05/2022	33	123

VºBº

Ing. Jorge Luis Aroste Villa
INGENIERO TOPOGRAFO Y AGRIMENSUR
INGENIERO CIVIL
CIP. 86757