

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**Resistencia del concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo al
cemento en 10% y 20% por polvo cerámico reciclado**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Flores Sánchez, Edhuin Bruno

Asesor

Flores Reyes Gumerciendo

Código Orcid: 0000-0002-2305-7339

Huaraz – Perú

2021

PALABRA CLAVE:

TEMA	Resistencia del Concreto
ESPECIALIDAD	Tecnología del Concreto

KEY WORD:

TOPIC	Concrete Strength
SPECIALIZATION	Concrete Technology

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

OCDE			Líneas de investigación
Área	Sub- área	Disciplina	
Ingeniería, Tecnología	Ingeniería Civil	Ingeniería Civil	Construcción y Gestión de la Construcción

TITULO:

**RESISTENCIA DEL CONCRETO DE F'C=210 KG/CM², SUSTITUYENDO
AL CEMENTO EN 10% Y 20% POR POLVO CERÁMICO RECICLADO**

RESUMEN:

La investigación se basó en determinar la resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ al sustituir el cemento en 10% y 20% por el polvo cerámico reciclado, el estudio se desarrolló en la provincia de Huaraz, empleando agregados de la cantera “Guensho” – Yanama - Yungay, el polvo cerámico se obtuvo de la trituración mecánica de mayólicas marca San Lorenzo y Cemento Portland Tipo I marca Sol.

La metodología de la investigación es de tipo experimental, se utilizó polvo cerámico reciclado como elemento que sustituyó al cemento para la preparación de concreto. Se realizó veintisiete probetas de concreto: nueve sin sustitución del cemento, nueve con la sustitución de cemento en un 10% por el polvo cerámico y nueve con la sustitución de cemento en un 20% por el polvo cerámico. Las muestras obtenidas se realizaron cumpliendo las especificaciones técnicas ASTM, a los cuales se evaluó la resistencia a la compresión a los siete, catorce y veintiocho días de curado y luego fueron comparados con los resultados de las probetas patrones. El desarrollo de la investigación consistió en una serie de ensayos al agregado y al polvo de cerámico reciclado; las muestras que tuvieron las mejores resistencias a la compresión fueron de $f'c=201.98 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo en 10% al cemento por polvo cerámico reciclado a los veintiocho días y $f'c=197.78 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo en 20% al cemento por polvo cerámico reciclado a los 28 días.

ABSTRACT:

The research was based on determining the compressive strength of a concrete $f'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$ by substituting 10% and 20% of cement for recycled ceramic powder, the study was developed in the province of Huaraz, using aggregates from the "Guensho" - Yanama - Yungay quarry, the ceramic powder was obtained from the mechanical crushing of San Lorenzo brand majolica and Type I Portland Cement Sol brand.

The research methodology is experimental, recycled ceramic powder was used as an element that replaced cement for the preparation of concrete. Twenty-seven concrete specimens were made: nine without cement substitution, nine with 10% substitution of cement for ceramic powder, and nine with 20% substitution of cement for ceramic powder. The samples obtained were made complying with the ASTM technical specifications, to which the resistance to compression was evaluated at seven, fourteen and twenty-eight days of curing and then they were compared with the results of the standard specimens. The development of the research consisted of a series of tests on the aggregate and recycled ceramic powder; the samples that had the best compressive strengths were $f'_c = 201.98 \text{ kg / cm}^2$, substituting 10% for the cement with recycled ceramic powder at 28 days and $f'_c = 197.78 \text{ kg / cm}^2$, substituting 20% for the cement with powder ceramic recycled after 28 days.

INDICE

PALABRA CLAVE:	2
TITULO:	3
RESUMEN:	4
ABSTRACT:	5
INDICE	6
LISTA DE TABLA	7
I. INTRODUCCIÓN	10
II. METODOLOGÍA	43
III. RESULTADOS	49
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	69
V. CONCLUSIONES:	71
VI. RECOMENDACIONES:	73
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
VIII. APENDICE Y ANEXOS	76

LISTA DE TABLA

Tabla N° 1: Composición química del Cemento.....	18
Tabla N° 2: Óxidos en porcentajes en el Cemento Portland	19
Tabla N° 3: Características del Cemento Portland Tipo I – Sol.....	23
Tabla N° 4: Componentes Químicos del Cemento Portland - Tipo I.....	23
Tabla N° 5: Tabla de granulometría	26
Tabla N° 6: Exigencias del agua para el concreto – NTP 339.088	31
Tabla N° 7: Resistencia a la Compresión Promedio	34
Tabla N° 8: Asentamiento recomendado para diversas estructuras	35
Tabla N° 9: Relación agua/cemento Vs F'c.....	35
Tabla N° 10: Caracterización química y mineralógica.	38
Tabla N° 11: Componentes mineralógicos de las arcillas del grupo I	39
Tabla N° 12: Porcentaje en pesos de los óxidos principales	39
Tabla N° 13: Variable dependiente, resistencia a la compresión	41
Tabla N° 14: Variable Independiente Sustitución de cemento por 10% y 20% por polvo cerámico reciclado	41
Tabla N° 15: Resumen del número de probetas sin sustitución de cemento y probetas con sustitución de cemento por 10% y 20% de polvo cerámico reciclado	44
Tabla N° 16: Técnica e instrumento utilizado	46
Tabla N° 17: Fluorescencia De Rayos X - Polvo Cerámico Reciclado.....	50
Tabla N° 18: Potencial hidrogeno (PH) de los materiales	50
Tabla N° 19: Granulometría del Agregado Grueso	51
Tabla N° 20: Granulometría del Agregado Fino.....	52
Tabla N° 21: Contenido de Humedad del Agregado Grueso.	53
Tabla N° 22: Contenido de humedad del agregado fino.	53
Tabla N° 23: Peso Unitario Del Agregado Fino.	54
Tabla N° 24: Peso Unitario Del Agregado Grueso.	54
Tabla N° 25: Dimensiones de la probeta	57
Tabla N° 26: Cantidad de C° para 1 m ³ - diseño de mezcla f'c=210 kg/cm ²	57
Tabla N° 27: Cantidad de materiales por probeta de C° patrón f'c=210 kg/cm ²	57
Tabla N° 28: Cantidad de materiales sustituyendo al cemento en 10% por polvo cerámico - Concreto f'c=210 kg/cm ²	58
Tabla N° 29: Cantidad de materiales sustituyendo al cemento en 20% por polvo cerámico - Concreto f'c=210 kg/cm ²	58
Tabla N° 30: Diferencia entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 10% por polvo cerámico reciclado) - a los 7 días.....	59
Tabla N° 31: Diferencia entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 10% por polvo cerámico reciclado) - a los 14 días	59
Tabla N° 32: Diferencia entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 10% por polvo cerámico reciclado) - a los 28 días	60

Tabla N° 33: Diferencia entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 20% por polvo cerámico reciclado) - a los 7 días	62
Tabla N° 34: Diferencia entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 20% por polvo cerámico reciclado) - a los 14 días	62
Tabla N° 35: Diferencia entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 20% por polvo cerámico reciclado) - a los 28 días	63
Tabla N° 36: Análisis de varianza (Anova) – a los 7 días.....	67
Tabla N° 37: Análisis de varianza (Anova) – a los 14 días.....	67
Tabla N° 38: Análisis de varianza (Anova) – a los 28 días.....	68

LISTA DE FIGURA

Figura N° 01: Yanama, lugar de procedencia de la muestra	45
Figura N° 02: Curva Granulométrica del Agregado Grueso	51
Figura N° 03: Curva granulométrica del agregado fino	52
Figura N° 04: Diferencia entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 10% por polvo cerámico reciclado).....	60
Figura N° 05: Esfuerzo vs tiempo de la probeta patrón (7, 14 y 18 días)	61
Figura N° 06: Esfuerzo vs tiempo de la probeta experimental sustituyendo al cemento en 10 % por polvo cerámico (7, 14 y 18 días).....	61
Figura N° 07: Diferencia porcentual entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 20% por polvo cerámico reciclado)	63
Figura N° 08: Esfuerzo vs tiempo de la probeta experimental sustituyendo al cemento en 20 % por polvo cerámico (7, 14 y 18 días).....	64
Figura N° 09: Esfuerzo vs tiempo de la probeta patrón y experimentales sustituyendo al cemento en 10% y 20 % por polvo cerámico (7, 14 y 18 días)	64
Figura N° 10: Diferencia entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo cerámico reciclado) – a los 7 días.....	65
Figura N° 11: Diferencia entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo cerámico reciclado) – a los 14 días.....	65
Figura N° 12: Diferencia entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo cerámico reciclado) – a los 28 días.....	66
Figura N° 13: Se aprecia el pesado y el lavado del agregado.....	76
Figura N° 14: Se aprecia llevado de la muestra al horno para el secado.	76
Figura N° 15: Se aprecia el uso de los tamices para la clasificación granulométrica	77
Figura N° 16: Se aprecia el uso de la canasta de malla para sacar el peso específico y la absorción.....	77
Figura N° 17: Se aprecia el uso del Cilindro para calcular el peso unitario	78
Figura N° 18: Material (cerámico reciclado) y su trituración.....	78

Figura N° 19: Molienda de material (cerámico reciclado).	79
Figura N° 20: Secado de material (cerámico reciclado molido).....	79
Figura N° 21: recolección de producto final del molido de cerámico reciclado molido.	80
Figura N° 22: Material (arena y piedra) y preparación de concreto patrón.	80
Figura N° 23: Midiendo el SLUM del concreto patrón – 3”.....	81
Figura N° 24: Elaboración de las probetas de concreto patrón.....	81
Figura N° 25: Fraguado de las probetas de concreto patrón.....	82
Figura N° 26: Utilización de Cono de Abrams de concreto patrón.....	82
Figura N° 27: Midiendo el SLUM del concreto experimental sustitución del cemento en 10%.	83
Figura N° 28: Retirando las probetas para el curado de ellas.....	83
Figura N° 29: Prueba de resistencia a la compresión al concreto patrón y experimental.....	84
Figura N° 30: Resultados de las Pruebas de resistencia a la compresión.....	84

I. INTRODUCCIÓN

La investigación del material de polvo de cerámico reciclado, en cierta forma es escasa en nuestro país, por ello el objetivo más importante de esta investigación es impulsar el uso de este material para la preparación de concreto respetando los parámetros y las normas, se sabe que hay un sin número de estudios acerca de los concretos con diferentes tipos de sustituciones al cemento, a ello queremos incorporar el polvo cerámico reciclado como material cementante y que no influye drásticamente en la propiedad de la resistencia a la compresión del concreto, por ello la innovación en nuevos elementos como componentes del concreto se realizó esta investigación.

Rivera, W. (2006). En su trabajo de tesis para obtener el título de ingeniero metalúrgico denominado “Estudio referente al procesamiento de arcilla, factibilidad para la recuperación de caolinita de menas de arcilla de baja ley con altos contenidos de sílice en Cemento Andino S.A.” realizado en la UNI tuvo como objetivo general desarrollar varias pruebas en laboratorio el cual permita recuperar la caolina de las canteras con alto índice de sílice. se aplicaron 2 métodos para procesar este mineral, Luego del procesamiento concluyó que se podía recuperar la caolinita de las arcillas (Al_2O_3), con altos contenidos de sílice. La prueba de dispersión y sedimentación tienen mejores resultados a las que se obtuvo con las pruebas de molienda y clasificación.

(Castillo, Antoni, Alaujas, Scrivener, & Martirena. (2011). En su trabajo investigación las arcillas calcinadas en forma de meta caolín han recibido por ejemplo especial atención en años recientes. Se sabe que las adiciones, mejoran al hormigón en su propiedad de resistencia a la compresión y su durabilidad. El objetivo fue la evaluación de las propiedades mecánicas y la durabilidad en micro hormigones, utilizando arcillas calcinadas y molidas sustituyente del 30% en peso del cemento ordinario. Se utilizó arcilla, compuesta por caolín de bajo grado de

pureza, para obtener material cementante después de su calcinación. El resultado más óptimo fue a los 28 días con la utilización de arcilla calcinada con presencia de caolín.

Huaquisto & Belizario. (2018). En su trabajo de tesis para la obtención del título de ingeniero Civil denominado “Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento” realizado en la Universidad Nacional del Altiplano de Puno concluyo que la ceniza volante utilizada en el concreto en porcentajes de 0% a 7.5% mantiene la resistencia a la compresión; y a los 28 días alcanza una resistencia a la compresión mayor al normal, por temas de mitigación ambiental se recomienda utilizar porcentajes de sustitución menores al 10%, ya que si son mayores se requiere utilizar aditivos de nano sílice y otros insumos. Es recomendable utilizar del 3 % a 6 % de ceniza volante para tener una buena trabajabilidad y garantizar la durabilidad y bajo costo. Otra característica con esta adición es la reducción de la porosidad por la finura de la ceniza.

Gonzales, H. (2017). En su trabajo de tesis para la obtención del título de ingeniero Civil denominado “Resistencia del mortero con cemento sustituido por el 13% por una combinación de arcilla y concha cuchara” realizado en la Universidad San Pedro concluyo que, con el ensayo de análisis térmico diferencial, se pudo determinar a la calcinación que fue sometido a la arcilla. Según el análisis de fluorescencia de rayos x, para la arcilla y concha cuchara, se obtuvieron (CaO) 97.18%, (SiO₂) 33.63% Y (AlO₃) 52.03%, los cuales están dentro de los parámetros de la composición química del cemento. La concha cuchara tiene un PH de 12, la arcilla un PH de 8 se considera alcalino. La fluidez de 110.14% en el diseño Patrón, en el experimental obtuvimos 110.38%, obteniendo una relación Agua/Cemento equivalente al patrón.

La actual investigación se basa en los principios científicos de la tecnología del concreto, en las bases de la resistencia de materiales, así como el análisis científico del comportamiento de la propiedad de la resistencia del concreto al realizar la sustitución de ciertos porcentajes del cemento por polvo cerámico.

La justificación de la investigación es la de dar un óptimo uso de los insumos que se emplean en la fabricación del concreto de $f_c=210 \text{ Kg/cm}^2$, disminuyendo el costo de la producción del compuesto sin afectar en su calidad y su vida útil. Los componentes aglomerantes son muy requeridos como material en el ámbito de la construcción, pero debido al elevado costo se busca alternativas o variantes que garanticen su durabilidad y su resistencia a la compresión en los usos de tipo estructural. La sustitución del cemento por polvo cerámico reciclado en el concreto busca mantener sus características y sus las propiedades, resaltando la resistencia a la compresión. La razón principal que nos motivó a realizar esta investigación es la de desarrollar un concreto que garantice calidad constante del producto, que reduzca los costos y aumente los márgenes de beneficios generando ganancias y el crecimiento de la industria de la construcción. Otro punto importante es cumplir con una política ambiental que fije objetivos y acciones apropiadas para que el producto disminuya el uso de las materias primas, como el agua, la energía y los materiales cementantes, y que las fabricas minimicen las emisiones y remanentes peligrosos, finalmente los beneficios que se quiere obtener dependerán del buen manejo y desarrollo de la investigación en su etapa experimental.

La importancia del hormigón en el campo de la construcción, y su desarrollo dentro de la tecnología del concreto ha generado una búsqueda constante de nuevos materiales alternativos, ello origina el estudio de nuevos materiales con características similares que componen el material cementante y que tengan atributos que mejoren las propiedades mecánicas del concreto, y lo más importante es que se busca materiales reciclados el cual ayuden con las políticas de reducir los efectos de contaminación ambiental y el uso masivo de materiales no renovables.

El propósito de la investigación es de tener una alternativa adicional a las que ya existen en el mercado actual, el uso de polvo cerámico reciclado es una opción más para el desarrollo de un concreto con componentes reciclados manteniendo las características mecánicas de concreto tradicional y adicional a ello se busca mejorar sus características. También como finalidad de la investigación es la de beneficiar en proyectos utilizando esta variante de concreto en zonas con escasos recursos económicos el cual permita cerrar brechas.

En el planteamiento de problema se destaca la búsqueda de nuevas alternativas de hormigón con material reciclado para mejorar sus propiedades mecánicas disminuyendo los costos de elaboración, pero manteniendo la calidad del concreto; e implementar en los diversos proyectos públicos o privados de nuestra localidad de Huaraz, con el fin de disminuir los costos sin generar alteraciones ambientales por el alto índice de demanda cumpliendo con los parámetros de calidad y durabilidad.

A lo largo del tiempo se ha desarrollado una búsqueda constante e innovación de la ingeniería civil en los nuevos materiales de la construcción. Los países tercermundistas en proceso de desarrollo a través de la investigación hacen esfuerzos para fomentar técnicas que permitan aprovechar todo tipo de recursos reutilizables para generar nuevos materiales.

Nuestro trabajo de investigación, busca solucionar, mejorar, innovar en la problemática mundial del alto costo energético y medioambiental para la producción de los materiales de construcción básicamente el cemento como material agotable, es por ello se plantea la sustitución al cemento en 10% y 20% por el polvo cerámico reciclado buscando comprobar que la añadidura de este material pueda mejorar la resistencia a compresión de concreto.

La investigación plantea el siguiente problema:

¿Cuál es la resistencia a compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ cuando se sustituye al cemento en 10% y 20% por el polvo de cerámico reciclado?

Para mencionar la definición de cada concepto que es parte del trabajo de investigación se ha consultado varias bibliografías.

Tecnologías del concreto

El concreto u hormigón es una mezcla empleado en el rubro de la construcción, su conformación está dado por cemento, agregado, agua y algunos aditivos específicos.

El componente más importante es el cemento Portland el cual, al ser mezclado con una porción calculada de agua, produce una reacción de hidratación. Los fragmentos de los aglomerados se clasifican en grava, gravilla y arena (según la granulometría).

El cemento es una materia desintegrada que por sí mismo no es aglomerante, y al mezclarse con H_2O se transforma en una pasta moldeable con una buena adherencia, con fraguado en corto tiempo y se endurece de manera consistente. El cemento contiene silicato cálcico hidratado, por ello el compuesto es tiene una mayor adherencia. Al cemento hidráulico se añade ciertos aditivos y adiciones para mejorar algunas cualidades mecánicas.

La característica más importante del hormigón es la resistencia a la compresión, pero no tiene un buen comportamiento a los esfuerzos tipo (tracción, flexión, cortante, etc.), para ello se trabaja con el acero y se le denomina concreto armado, el cual tiene un comportamiento aceptable ante los diversos fenómenos.

El concreto

El concreto es una combinación de cemento, aglomerado fino, aglomerado grueso y agua con una dosificación apropiada para tener ciertas características, especialmente la resistencia.

“La unión de las partículas del agregado, el cemento y el agua generan una reacción química, ello constituye un material heterogéneo. Existen opciones de adicionar algunos aditivos, ellos mejoran las características del concreto” (Abanto, 2018, p. 11).

Propiedades del concreto y su composición

Las principales propiedades del concreto son la trabajabilidad, durabilidad, cohesividad y resistencia.

El concreto varía considerablemente según las características requeridas, mediante una buena dosificación en su composición. Es bueno tener una dosificación con una característica específica para poder economizar el concreto.

Trabajabilidad.

Nos permite la moldeabilidad del hormigón en fresco y la resistencia a la disgregación. Para tener un buen concreto la mezcla debe de ser trabajable, sin la alteración de sus componentes y no deben separarse durante el transporte (Panarese, 2004, p. 3).

Durabilidad.

Es la habilidad que tiene el hormigón en soportar las condiciones ambientales, la agresión química y la abrasión, sin alterar sus propiedades. La durabilidad del concreto va a depender de las condiciones del medio ambiente y el uso de acuerdo a sus propiedades. La vida útil del concreto depende de la composición del concreto, la proporción de éstos (Panarese, 2004, p. 13).

Impermeabilidad.

Es una propiedad donde el concreto impide el traspaso de agua por ella. La estanquidad es la capacidad de conservar el agua sin escurrimiento o escape visible (Panarese, 2004, p. 10).

Resistencia.

Es la capacidad de soporte que tiene el concreto ante una carga de tipo axial. Su reporte es kg/cm^2 .

Estados del concreto

Estado fresco.

La plasticidad del concreto va depender del lugar donde se elabora o prepara, y de acuerdo a la época del año, la influencia del estado climatológico va a garantizar el estado del concreto (Porrero, 2014, p. 45).

Estado endurecido.

Este estado nos permite apreciar la consolidación del cemento hasta quedar como una roca cuando hace contacto con el agua (Porrero, 2014, p. 43).

Componentes

De manera simple el hormigón es la mezcla de aglomerados finos, aglomerados gruesos y cemento. Los agregados finos tienen una característica especial que son naturales o elaborados con tamaños que pueden llegar hasta 10 mm; los aglomerados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla #16 y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo del aglomerado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm. Los componentes son los siguientes: cemento, agua, aglomerados y aditivos (Yañez, 2014).

Cemento

En general, son sustancias adhesivas de todo tipo, pero en un sentido más estricto, son materias aglutinantes empleados en la edificación y la ejecución de obras civiles. Los cementos son polvos finos que cuando se mezclan con agua, forman un material duro.

Composición química

Se produce con la combinación química de algunos materiales (sílice y alúmina) los cuales provienen de las arcillas, con otras como la cal. La reacción entre las materias molidas, calentadas en hornos a temperaturas altas. El resultado es una mezcla de minerales cuyas denominaciones y formulas se dan en la tabla N° 01. (Porrero, 2014, p. 92).

Tabla N° 1: *Composición química del Cemento*

%	Componente químico	Procedencia usual
	Oxido de calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Oxido de Sílice (SiO₂)	Areniscas
95%<	Oxido de Aluminio (Al₂O₃)	Arcillas
	Oxido de Hierro (Fe₂O₃)	Arcillas, Mineral de Hierro, piritita
5%<	Oxido de Magnesio, Sodio, potasio, titanio, azufre, fósforo Y magnesio	Minerales Varios

Fuente: (Pasquel, 1998, p. 18)

Los elementos que son parte del cemento son los siguientes:

Tabla N° 2: *Óxidos en porcentajes en el Cemento Portland*

Compuesto	Porcentaje	Nombre
CaO	61 % - 67 %	Oxido de Calcio
SiO ₂	20 % - 27 %	Oxido de Silicio
Al ₂ O ₃	4 % - 7 %	Oxido de Aluminio
Fe ₂ O ₃	2 % - 4 %	Oxido de Hierro
SO ₃	1 % - 3 %	Óxido de Azufre
MgO	1 % - 5 %	Oxido de Magnesio
K ₂ O y Na ₂ O	0.25 % - 1.5 %	Álcalis

Fuente: (Pasquel, 1998, p. 18)

Silicato tricálcico

El silicato tricálcico crece a un tamaño mayor que cualquier otro constituyente, y se ha logrado la separación de suficiente material para el análisis centrifugando un polvo de Clinker graduado en líquidos pesados.

Silicato dicálcico

El silicato dicálcico (Ca₂SiO₄) tiene cuatro modificaciones diferentes: fase γ , estable a temperatura ambiente, fases α' - y α , estable a elevadas temperatura y la fase β que no es termodinámicamente estable.

Aluminato tricálcico

El aluminato tricálcico Ca₃Al₂O₆, a menudo formulado como 3CaO·Al₂O₃ para resaltar las proporciones de los óxidos de los que está hecho, es el más básico de los aluminatos cálcicos.

Aluminio - ferrito tetracálcico

El efecto de reemplazar el sulfato de calcio (yeso) por calcio Se estudió el carbonato como retardador de fraguado del comportamiento de hidratación de la fase ferrita.

Componentes en menor cantidad

Oxido de magnesio (Mg)

Potasio (K)

Sodio (Na)

Manganeso (Mn)

Titanio (Ti)

Los tipos de cementos

Tipo I

Es el más común en los tipos de cemento, y su aplicación no exige rigurosas especificaciones.

Es de uso general, se emplea en estructuras sin ningún requerimiento especial de sus propiedades. Se produce con la molienda del Clinker tipo I y yeso, que tienen mayor resistencia inicial y menor tiempo de fraguado (Vergara, 2013).

Propiedades

Mayor resistencia a la compresión inicial

Fraguado en menor tiempo

Aplicaciones

Estructuras de C° A° en general

Estructuras para un rápido desencofrado

Concreto en condiciones climatológicas de baja temperatura

Tipo II

De uso general y cuando se desea una moderada resistencia a los sulfatos.

Tipo III

De uso es para altas resistencias iniciales.

Tipo IV

De uso a bajo calor de hidratación.

Tipo V

De uso de alta resistencia a los sulfatos.

Utilización del cemento por su tipo

La importancia de elegir el cemento portland para el uso en el concreto.

Las características de los cementos van a depender de la marca y el tipo. La resistencia del concreto va a variar por su composición y su finura, que se encuentran dentro de los límites que permite la Norma ASTM C 150.

Cemento Portland Tipo I

Se utiliza en estructuras que no requieren propiedades especiales. Su fabricación es a través de la molienda conjunta de Clinker tipo I y yeso, con mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado.

Las características físicas y químicas

Las características de los cementos nacionales se asemejan en el tiempo a los cementos del extranjero, pero en plazos cortos se puede observar las diferencias, es importante realizar las pruebas correspondientes para su control respectivo. Las características físicas según el diseño de mezcla del cemento es el siguiente:

Ensayos del Cemento Portland Tipo I - Sol.

Tabla N° 3: *Características del Cemento Portland Tipo I – Sol*

MgO	2.50%
SO ₃	2.70%
Perdida por ignición	1.90%
Residuo insoluble	0.39%
Residuo insoluble	0.39%

Fuente: Unacem

Tabla N° 4: *Componentes Químicos del Cemento Portland - Tipo I*

Componentes	Cemento Sol - Tipo I
Cal Combinada: CaO	62.5%
Sílice: SiO ₂	21%
Alumina: Al ₂ O ₃	6.5%
Hierro: Fe ₂ O ₃	2.5%
Óxido de Azufre: SO ₃	2.0%
Cal Libre: CaO	0.0%
Magnesio: MgO	2.0%
Perdida al Fuego: P.F	2.0%
Residuo Insoluble: R.I	1.0%
Álcalis: Na ₂ O + K ₂ O	0.5%

Fuente: (Pasquel, 1998)

Agregados

Agregado fino

La desintegración de forma natural o artificial de las rocas produce el aglomerado fino, con la característica de tamizado # 3/8'' (9.51 mm) y es retenido por el tamiz # 200 (NTP 400.011, 2020).

El material fino utilizado para la producción del concreto de resistencia a la compresión $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$, se recolecta en la cantera "Guensho", localizada en el Yanama - Yungay – Ancash.

Propiedades físicas

El aglomerado fino debe cumplir con ciertos parámetros de calidad, de acuerdo a las especificaciones técnicas de las NTP 4000.011.

Estos requisitos van a determinar las propiedades físicas y ellos nos permiten tener valores para realizar el diseño de mezclas del hormigón adecuado, los valores de las propiedades determinadas son: peso específico, peso unitario, granulometría, módulo de fineza, contenido de humedad y absorción.

Peso unitario

El aglomerado simple es de 2.400 kg/m^3 y RCC de 2.500 kg/m^3 , y la densidad real varía en aproximadamente un 2% - 3% y va a depender de los materiales incorporados.

El peso de los agregados grueso y fino varía ampliamente. Los valores proporcionados son solo indicativos. La densidad de los agregados va depender del nivel de compactación.

Peso específico.

Es la relación entre el peso del aglomerado y su volumen, la diferencia que existe con el peso unitario es que este no toma en cuenta el volumen de los vacíos del aglomerado.

Contenido de humedad

Es el porcentaje de H_2O del aglomerado fino y a efectos de ello se va obtener el porcentaje de agua para el concreto diseñado. En otras palabras, es la diferencia entre el aglomerado húmedo y el aglomerado seco.

Absorción

Es la absorción de H_2O que tiene el aglomerado fino cuando está en contacto. Es importante para determinar el diseño del concreto en la relación de agua/cemento.

Granulometría

Es la clasificación de las partículas del aglomerado fino. Ellos están regulados de forma fraccionada por tamaño según la abertura del tamiz.

La NTP establece las especificaciones técnicas granulométricas.

Según las normas se tiene que determinar la calidad de los agregados y posterior a eso estudiar las características del concreto

Para garantizar el concreto va a depender de la granulometría y las características del aglomerado fino.

Se tienen que trabajar en la homogeneidad del agregado fino debido a los tamaños que posee.

Requisitos Granulométricos

Tabla N° 5: *Tabla de granulometría*

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.	% que Pasa
3/8"	100
N° 4	95 - 100
N° 8	80 – 100
N° 16	50 – 100
N° 30	25 – 60
N° 50	10 – 30
N° 100	0

Fuente: RNE E.060

Módulo de Fineza

Es una aproximación del tamaño promedio del aglomerado fino, se emplea para examinar su uniformidad. Según los parámetros el módulo de fineza ($< 2.35 \text{ ni } > 3.15$).

Es la suma de los % acumulados retenidos en las mallas # 4, # 8, # 16, # 30, # 50, # 100 que se divide entre 100.

Superficie específica

Es el área de superficie total de un material sólido por unidad de masa, es una característica importante para los procesos de absorción.

Agregado grueso

Es el material que se retiene en el tamiz 4.75 mm (# 9) procedente de la descomposición natural o mecánica de la roca, que cumple con los parámetros de la NTP 400.037. (Avalo, 2014)

El aglomerado grueso se clasifica en grava y piedra triturada o chancada. El aglomerado para la elaboración del concreto es de la cantera “Guensho”.

Propiedades físicas

Los agregados gruesos deben cumplir con ciertas características de las Normas, su

procedencia es de rocas, con una dureza no < siete y una resistencia en compresión no < de 2 veces la resistencia del concreto.

Según las normas deben cumplir con ciertos requisitos para cumplir con el control y la calidad.

Peso unitario

Se expresa en kg/m^3 , y sus valores varían en un rango de 1500 y 1700 kg/m^3 . Este valor se encuentra en aglomerados ligeros o pesados, y en caso de proporcionarse el hormigón por volumen. Se define el peso unitario compactado y el peso unitario suelto.

Peso específico

Es un parámetro de calidad del aglomerado; sus valores están en un rango de 2.5 a 2.8, el cual corresponde a agregados buenos, y el menor indica que son de mala calidad

Contenido de humedad

Dado que los aglomerados son porosos, pueden absorber la humedad. Generalmente, esto no es una preocupación para el HMA porque el agregado se seca antes de la producción de HMA. Sin embargo, esto es una preocupación para el PCC porque el agregado generalmente no se seca y, por lo tanto, el contenido de humedad del agregado afectará el contenido de agua (y por lo tanto la relación agua-cemento también) del PCC producido y el contenido de agua también afecta

la proporción contribuye al peso agregado.

Absorción

Es el incremento de la masa a causa de la hidratación en los poros del material. La absorción agregada es una cualidad útil porque:

Los valores altos pueden indicar un agregado no duradero.

La absorción puede indicar la cantidad de aglutinante de asfalto que absorberá el agregado.

Granulometría

Es la distribución por tamaños de los aglomerados gruesos. Se trabaja con los conceptos y los parámetros de las normas ASTM.

Tamaño Máximo

Debe de ser en el orden de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{8}$ ", no se recomienda emplear agregados de $\frac{3}{4}$ " y 1".

Tamaño Máximo Nominal (TMN)

Es el menor tamizado de la serie, que realiza el 1.

Módulo de finura

Es la aproximación y es el tamaño promedio de la muestra, se utiliza para examinar la uniformidad del aglomerado.

Es la sumatoria del porcentaje acumulado retenido en las mallas 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", # 4, # 8, # 16, # 30, # 50, # 100, que se divide entre 100.

Superficie

Es la sumatoria de áreas de la superficie de las partículas del aglomerado por una unidad de peso.

Agua para el concreto

El agua es un elemento importante del concreto. La mezcla de agua con el cemento forma una pasta el cual tiene un proceso de hidratación. La pasta de cemento une al agregado, llena y tapa los huecos dentro de él y le permite una buena fluidez.

Tabla N° 6: *Exigencias del agua para el concreto – NTP 339.088*

Descripción	Limite permisible
Cloruros	300 ppm.
Sulfatos	300 ppm.
Sales de Magnesio	150 ppm.
Sales Solubles Totales	1500 ppm.
pH	Mayor de 7
Sólidos en Suspensión	1500 ppm.
Materia Orgánica	10 ppm.

Fuente: Norma E.060 – RNE

Concretos puzolánicos

Las puzolanas son materiales a base de silicato que reaccionan con el hidróxido de calcio generado por el cemento hidratante el cual forma material cementoso adicionales.

Las puzolanas se mezclan con la cal para generar silicato de calcio adicional hidratado, el material responsable de mantener unido el concreto. Consumiendo el exceso de lima:

Se aumenta la resistencia del concreto.

Su densidad aumenta

Disminuye la eflorescencia

La propensión a la reacción álcali-sílice (reacción con vidrio) disminuye o incluso se elimina virtualmente.

La puzolana es una materia natural o artificial con alto contenido de sílice. (Neville, 2010, p. 34).

Clasificación

Puzolana natural

Tiene origen volcánico, con una composición química y mineralógica adecuada.

Puzolana Artificial

Tiene origen volcánico, arcillas, pizarras o rocas sedimentarias se activan mecánicamente con la acción térmica.

En esta investigación se toman las siguientes puzolanas como sustitutas parciales del cemento, esto se debe al alto contenido de Silicio, Aluminio y Hierro en el caso de la Arcilla y su abundante contenido de Calcio, en el caso del Esquisto además de ser materiales inorgánicos encontrados en nuestra naturaleza.

Pasos para el diseño de mezcla

Revisar las especificaciones técnicas de las estructuras del proyecto.

Seleccionamos la resistencia promedio para conseguir la resistencia de diseño. Hay que considerar la desviación estándar y el coeficiente de variación.

Seleccionamos, de acuerdo a las características estructurales y de la colocación del

concreto y el TMN del aglomerado grueso.

Elegimos la consistencia de la mezcla y en función del asentamiento de esta. Se considera, los factores de la trabajabilidad deseada, las características estructurales y las facilidades de para la colocación y la compactación del concreto.

Determinamos el volumen de agua para la mezcla por unidad de volumen del concreto, considerando el TMN del aglomerado grueso, la consistencia deseada y la presencia de aire, incorporado o atrapado, en la mezcla.

Determinamos el % de aire atrapado, según se trate de concretos normales o de concretos en los que expresamente, por motivos de durabilidad, se ha incorporado aire, con el uso de algunos aditivos.

Seleccionamos la relación agua - cemento para obtener la resistencia deseada de la estructura. Se tiene que tener en consideración la resistencia promedio seleccionada y la presencia o ausencia de aire incorporado.

Seleccionamos la relación agua - cemento requerida por condición de durabilidad. Se considera los diferentes agentes externos e internos que pueden atentar la vida útil de la estructura.

Seleccionamos la menor de las relaciones agua - cemento elegidas por resistencia y durabilidad, garantizado con ello que se obtendrá la resistencia en compresión requerida y la durabilidad requerida de la estructura.

Determinamos el factor cemento por unidad cubica de concreto, en función del

volumen unitario de agua y de la relación agua cemento seleccionada.

Determinamos las proporciones relativas del agregado fino y el agregado grueso. La selección de la cantidad de cada uno de ellos en la unidad cubica de concreto el cual está condicionada al procedimiento de diseño seleccionado.

Determinamos, utilizando el método de diseño seleccionado, las proporciones de la mezcla, considerando que el aglomerado está en estado seco y que el volumen unitario de agua no ha sido corregido por humedad del agregado.

Corregimos las proporciones en función del % de absorción y el contenido de humedad de los agregados finos y agregados gruesos.

Ajustamos las proporciones seleccionadas de acuerdo a los resultados de los ensayos de la mezcla realizados en el laboratorio.

Ajustamos las proporciones finales de acuerdo a los resultados de los ensayos realizados bajo condiciones de obra.

Tabla N° 7: Resistencia a la Compresión Promedio

F'c especificado	F'cr (kg/cm²)
Menos de 210	300 ppm.
Menos de 210	300 ppm.
210 a 350	150 ppm.
Mayor de 350	1500 ppm.

Fuente: ACI 211

Tabla N° 8: *Asentamiento recomendado para diversas estructuras*

Tipos de estructuras	Slump máx.	Slump Mín.
Zapatas y muros de cimentación reforzados.	3''	1''
Zapatas simples, cajones y muros de la subestructura.	3''	1''
Vigas y muros de concreto	4''	1''
Columnas.	4''	2''
Pavimentos y losas.	3''	1''
Concreto masivo.	2''	1''

Fuente: ACI 211

Tabla N° 9: *Relación agua/cemento Vs F'c*

F'c a 28 días (Kg/cm²)	Relación agua/cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire Incorporado
450	0.38	---
400	0.42	---
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.69	0.60
150	0.79	0.70

Fuente: ACI 211

Material para el experimento

Pisos cerámicos y mayólicas

La cerámica es una sustancia calcinada, con este material se fabrican diversas

variedades de objetos para revestir las paredes y los pisos, constituye el 95 % de la corteza terrestre.

Cerámica

Su composición es de arcillas, sílice y otros materiales. Es muy resistente e impermeable.

Material cerámico

Se caracteriza por ser muy sólido inorgánico no Metálico y se produce con tratamiento a altas temperaturas. Es comparado con el metal y plástico por su dureza. Se utilizan en espacios con altas temperaturas, corrosivos y tribológicos.

Componentes químicos del material cerámico

Los cerámicos tienen la siguiente composición química.

Nitruro de silicio (Si_3N_4)

Carburo de boro (B_4C)

Carburo de silicio (SiC)

Diboruro de magnesio (MgB_2)

Óxido de zinc (ZnO)

Ferrita (Fe_3O_4)

Óxido de uranio (UO_2),

Óxido de itrio, bario y cobre ($\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$)

Talio – Bario - Calcio

Caracterización mineralógica

De la obtención de resultados de la tesis “Determinación de las fases presentes en pisos y revestimientos cerámicos a base de arcilla cocidos a diferentes temperaturas y su influencia en las propiedades técnicas”, realizado en la UNC - Colombia, se calcularon los porcentajes de la presencia de minerales de cada arcilla, se aplicó el peso molecular gramo de cada mineral y de sus componentes, ellos permiten determinar la composición mineralógica de las arcillas de forma semi cuantitativa aproximada [23]. Se asumen las fórmulas representativas de cada mineral (Ramirez, 2012, p. 75).

Cuarzo: SiO_2

Caolinita: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Illita: $\text{K}_2\text{O} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Montmorillonita: $0.1 \text{Na}_2\text{O} \cdot 0.1\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$

Clorita (Clinocloro): $3.75\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 1.25\text{FeO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Pirofilita: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Calcita: $\text{CaO} \cdot \text{CO}_2$

Ortoclasa: $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$

Dolomita: $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{CO}_2$

Yeso: $\text{CaO} \cdot \text{SO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Anortita: $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$

Tabla N° 10: *Caracterización química y mineralógica.*

Elemento y/o compuesto	0 - 0089	0 - 0135	0 - 0121	0 - 0013	0 - 0124	0 - 0128	0 - 0105	0 - 0134	0 - 0118
SiO₂	67.96%	61.57%	57.91%	61.95%	56.67%	65.75%	63.36%	69.36%	58.22%
Al₂O₂	19.50%	21.16%	21.42%	17.72%	22.47%	16.76%	19.73%	18.81%	17.85%
Fe₂O₃	2.03%	3.94%	6.41%	6.60%	4.58%	5.53%	2.41%	2.27%	8.02%
K₂O	1.33%	2.03%	2.23%	1.73%	1.71%	1.30%	2.03%	1.70%	2.47%
TiO₂	0.62%	0.88%	0.87%	0.96%	0.78%	0.99%	0.66%	0.94%	0.97%
MgO	0.38%	0.69%	0.60%	0.62%	0.90%	0.70%	0.94%	0.74%	1.54%
CaO	0.11%	0.16%	0.06%	0.25%	0.56%	0.22%	0.17%	0.11%	0.32%
Na₂O	0.53%	0.21%	0.36%	0.17%	0.20%	0.30%	0.10%	0.16%	0.17%
P₂O₃	0.11%	0.10%	0.17%	0.05%	0.15%	0.08%	0.15%	0.07%	0.17%
MnO	*	*	*	0.02%	*	0.01%	*	0.01%	0.05%
P x C	7.43%	9.26%	9.97%	9.93%	11.98%	8.36%	10.45%	5.83%	10.22%

Composición química de las arcillas del grupo 1. * por debajo del límite de detección

Fuente: (Ramirez, 2012).

Los óxidos de calcio de estas muestras en baja proporción evidencian la ausencia de carbonatos. Se tiene mayor óxido de potasio con referencia a los demás óxidos menores porque están debajo del 1%, este contenido de K₂O indica la existencia de minerales illíticos, comprobadas con la mineralogía donde estas arcillas presentan Illita (Tabla N°10). La alúmina indica del alto contenido de caolinita por ende aumenta la refractariedad, reducen la plasticidad y es un indicativo de la resistencia. Las arcillas tienen altos contenidos de sílice (Ramirez, 2012).

Los materiales y su composición química

Son productos hechos a base de arcilla y algunos contienen una fase cristalina.

Tabla N° 11: Componentes mineralógicos de las arcillas del grupo I

Código de muestra	0 - 0089	0 - 0135	0 - 0121	0 - 0013	0 - 0124	0 - 0128	0 - 0105	0 - 0134	0 - 0118
mineralogía									
caolinita	38.04%	42.08%	39.19%	34.16%	43.18%	37.43%	42.52%	39.96%	31.23%
illita	4.80%	12.03%	11.44%	9.64%	6.96%	10.26%	15.39%	13.08%	10.98%
montmorillonita									
Illita - montmorillonita	10.58%	4.40%	7.34%	5.68%	11.67%				10.27%
cuarzo	46.58%	41.59%	36.62%	43.92%	33.61%	46.78%	42.09%	46.96%	34.51%
minerales de hierro			6.41%	6.60%	4.58%	5.53%			8.02%

Fuente: (Ramirez, 2012).

Cerámicos tradicionales

La sílice (SiO_2 , el feldespato potásico K_2O , Al_2O_3 , 6SiO_2 , se funde a temperaturas bajas, y se transforma en vidrio cuando la mezcla cerámica se somete a temperaturas altas.

Tabla N° 12: Porcentaje en pesos de los óxidos principales

Tipo	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	H_2O	Pérdida Por ignición
Caolín	37.4	45.5	1.68	1.3	0.004	0.03	0.011	0.005	13.9	
Arcilla	30.9	54	0.74	1.5	0.14	0.2	0.45	0.72	...	11.4
Arcilla Plástica de ky	32	51.7	0.9	1.52	0.21	0.19	0.38	0.89	...	12.3

Fuente: Tabla de valores químicos de rocas ígneas representativas.

Espectroscopia de fluorescencia de rayos X

Es una técnica espectroscópica que utiliza la emisión de fluorescente de radiación X generada al excitar una muestra con una fuente de radiación X.

La X (XRF) ocurre cuando los cuerpos atómicos se excitan en condiciones controladas que conducen a la emisión instantánea de radiación de rayos X.

Aplicaciones

La finalidad del FRX es el análisis químico elemental, del modo cualitativo y cuantitativo, de los elementos comprendidos entre el flúor (F) y el uranio (U) de muestras sólidas (filtros, metales, rocas, muestras en polvo, tejidos, etc.) y líquidas porque permite hacerlos sin preparación de la muestra. El requisito principal es tener una muestra de tamaño inferior. Se excluyen al H, Li, ^{61}Pm , ^{43}Tc , ^{84}Po , ^{85}At , los gases nobles y los actínidos del ^{89}Ac al ^{103}Lr (excepto ^{90}Th y ^{92}U). Este software corrige las interferencias espectrales más habituales y los efectos matrices para parámetros fundamentales.

Requisitos de las muestras

Las muestras son enviadas bien identificadas, en envasadas estériles y adaptadas para asegurar su posterior identificación y conservación durante el transporte para garantizar la seguridad del personal que lo realiza.

Respecto a las variables consideradas en la presente investigación mencionamos que la variable dependiente es la resistencia a la compresión y la variable independiente que el tesista manipula la cantidad de polvo cerámico reciclado.

Se muestran los cuadros de las variables dependiente e independiente contemplando las definiciones: conceptual, operacional y su indicador.

Tabla N° 13: *Variable dependiente, resistencia a la compresión*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Resistencia del concreto	Es la capacidad de soporte de carga de aplastamiento que tiene un material (Quiroz, 2019, p. 10).	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta de concreto bajo una carga 210 kg; y que considera los siguientes aspectos	Kg/cm ²

Fuente: Realizado por el tesista

Tabla N° 14: *Variable Independiente Sustitución de cemento por 10% y 20% por polvo cerámico reciclado*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Sustitución Parcial del Cemento por el polvo cerámico reciclado	Producto de la molienda de las cerámicas recicladas	Sustitución en dos porcentajes de polvo cerámico reciclado por cemento en el diseño de mezcla de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	10% y 20% por polvo cerámico reciclado

Fuente: Realizado por el tesista

La hipótesis planteada indica que cuando se sustituye el cemento en 10% y 20% por el polvo cerámico reciclado se obtendrá un concreto con una resistencia a la compresión próxima a la del concreto patrón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Objetivo General

Determinar la resistencia del concreto cuando se sustituye el cemento en 10% y 20% por el polvo cerámico reciclado en función del concreto patrón de $f'_c=210$ kg/cm².

Objetivos específicos

Determinar la composición química del polvo cerámico reciclado, mediante un análisis de fluorescencia de Rayos X.

Caracterizar la alcalinidad del polvo cerámico reciclado y el cemento portland sol tipo 1.

Determinar la relación A/C del concreto patrón

Determinar la resistencia a compresión del concreto patrón y experimentales a los 7, 14 y 28 días de curado y comparar sus resultados.

II. METODOLOGÍA

La investigación es de tipo aplicada, puesto que la orientación de la investigación es la de lograr el conocimiento con la finalidad de obtener el resultado de la sustitución del cemento por el polvo cerámico reciclado en 10% y 20%.

La investigación es de tipo explicativa debido a que los datos han sido obtenidos por observación de los fenómenos los cuales fueron condicionados por el tesista. Se ha empleado la experimentación.

Es el tipo de proceso que se ha estudiado se tiene un diseño experimental el cual tiene como objeto de estudio el concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ el cual es comparado con un nuevo diseño que se elabora con la sustitución porcentual del cemento por polvo cerámico reciclado, el estudio se centró en los ensayos de laboratorio realizadas en la USP – Huaraz, con la participación absoluta del investigador en todo el proceso de los ensayos y con la obtención de los resultados que son interrogantes planteados en los objetivos de la investigación. Siendo el diseño de investigación absolutamente al azar.

La población de estudio de la presente investigación fue el conjunto de todas las probetas de diseño de concreto según el diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Para ello se tuvo los siguientes materiales: agregado grueso y agregado fino, cemento, agua y polvo cerámico reciclado.

Tabla N° 15: Resumen del número de probetas sin sustitución de cemento y probetas con sustitución de cemento por 10% y 20% de polvo cerámico reciclado

Días de curado	Probetas		
	Concreto patrón	10% de polvo cerámico reciclado (experimental)	20% de polvo cerámico reciclado (experimental)
7			
			
			
14			
			
			
28			
			
			

Fuente: Realizado por el tesista

La cerámica se ha reciclado en la ciudad de Huaraz, región Ancash de los diversos trabajos de enchapado de pisos y paredes con mayólicas San Lorenzo del cual se obtienen saldos.

La población está compuesta por el conjunto de cilindros de concreto de 0.15 m de diámetro y 0.30 m de altura, que serán elaborados para determinar la resistencia a la compresión en la USP; con el fin sustentar la hipótesis.

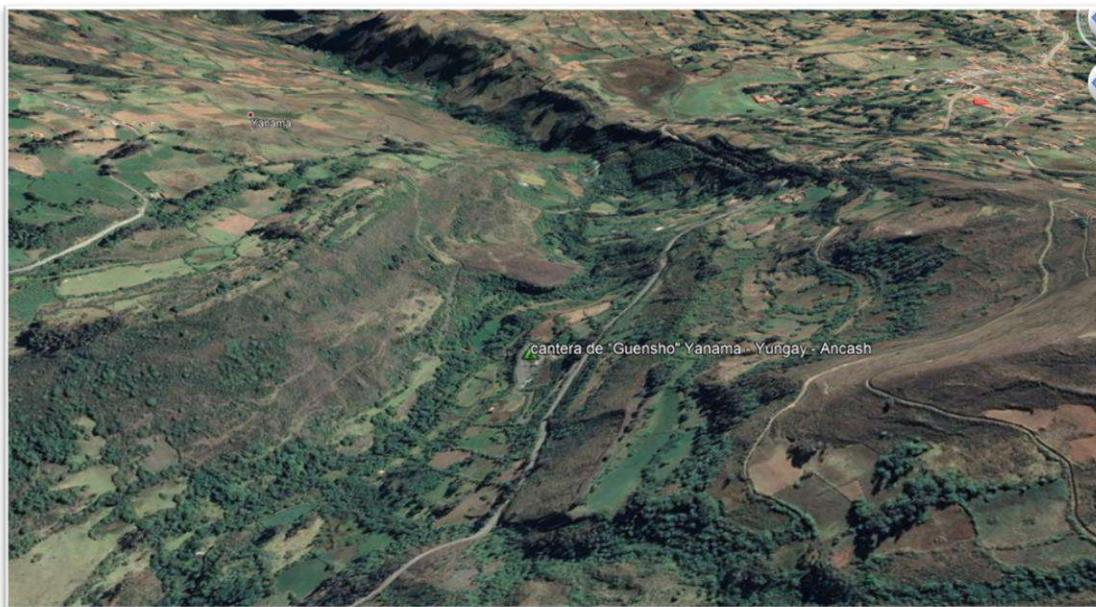
La muestra se conformó por veintisiete probetas de concreto con un diseño de mezcla de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. De ellos se tuvo nueve probetas de concreto patrón, nueve probetas de concreto con sustitución de 10% de cemento por polvo cerámico reciclado y nueve probetas de concreto con sustitución de 20% de cemento por polvo cerámico reciclado.

Estas han sido evaluadas en pruebas de resistencia a la compresión después de siete, catorce y veintiocho días de curado según (NTP 334.051).

Los aglomerados grueso y fino se recolectaron en la cantera de “Guensho”, Yanama – Yungay - Ancash.

La ubicación de la cantera de agregados se muestra en la siguiente imagen:

Figura N° 01: *Yanama, lugar de procedencia de la muestra*



Fuente: Google Earth

La cantera “Guensho” se encuentra en Yanama – Yungay – Ancash, a una altitud:

3446 msnm, latitud: 9°1'53.72"S y longitud: 77°28'46.93"O.

Tabla N° 16: *Técnica e instrumento utilizado*

Técnica	Instrumento
Observación	Guía de observación. Fichas técnicas del laboratorio de las pruebas realizadas.

Fuente: Realizado por el tesista

El instrumento que se utilizó en la investigación fue una guía de observación para llenar los resultados de las resistencias a la compresión de las probetas patrones y las resistencias a la compresión de las probetas experimentales, con sus respectivas fichas.

De datos recogidos respecto a las resistencias a la compresión del concreto, los cuales se ingresaron al programa Microsoft Excel para desarrollar el cálculo matemático correspondiente y en el formato estadístico SPSS versión 25.0 se realizó la prueba de hipótesis a través de la prueba estadística de la ANOVA.

Materiales y procedimiento

Materiales

- Cemento portland tipo I - Sol
- Desperdicios de cerámica San Lorenzo
- Agregado fino y grueso (Cantera de Guensho)
- Agua potable

- Computadora portátil (Laptop Toshiba)
- Equipos de laboratorio de ensayo de suelos - USP
- Mezcladora de concreto 9 P³
- Impresora Epson L575
- Calculadora HP 50G

Procedimiento

Materiales experimentales:

Polvo cerámico reciclado

- El material en estudio: polvo cerámico reciclado se recolecto en diferentes puntos de la ciudad de Huaraz, región Ancash.
- La cerámica (mayólicas) se obtuvo de los desperdicios de las construcciones en los enchapados de pisos y paredes de viviendas de la ciudad, el tiempo de recolección fue de 30 días.
- Presencia inicial de algunas impurezas como concreto y morteros. Se eliminó dichos residuos para tener un material sin contaminación alguna.
- Luego se seleccionó el material que de manera homogénea: por color y su aspecto superficial.
- El material seleccionado se procedió a moler en un batan de piedra de manera mecánica hasta obtener el polvo en dimensiones similares al cemento.
- Se realizó el tamizaje del material obtenido para su posterior utilización.

- Luego se hizo el cuarteo y la selección, se guardó en costales de yute, el cual se guardó en un ambiente cerrado para el uso en la investigación.

Agregados

- Se recolecto el aglomerado fino y el aglomerado grueso en la cantera de Guensho localizado en el distrito de Yanama – Yungay - Ancash.
- Se recogió al azar 3 costales de aglomerado fino y 3 costales aglomerado grueso, se trasladó el material al Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la USP - Huaraz.
- Se realizó los ensayos de los aglomerados, como son: granulometría, cálculo de peso unitario, gravedad específica y % de absorción del aglomerado grueso.
- Se enviaron muestras de cemento tipo I - Sol, polvo cerámico y las combinaciones realizadas al laboratorio COLECBI S.A.C para el análisis de pH.
- Se envió una muestra de polvo cerámico reciclado para el análisis FXRDE en el laboratorio de Arqueometría de la UNMSM.
- Con los datos obtenidos se calculó la cantidad de material para la elaboración de las probetas de concreto.
- Se procedió a fabricar las probetas de concreto con una mezcladora de concreto, mezclando el polvo cerámico en los porcentajes calculados de 10% y 20% como sustitutos del cemento.
- Después de retirar de los moldes el concreto elaborado se dejó en un cilindro con agua para el curado durante siete, catorce y veintiocho días.

- Se realizó las pruebas de resistencia a la compresión de las probetas a los siete, catorce y veintiocho días. Respetando el procedimiento según las normas.
- Con los resultados de las resistencias a la compresión calculadas se continuo con la elaboración del cuadro ANOVA.
- La tesis se concretizó con los resultados obtenidos de la investigación.

III. RESULTADOS

Composición Química de los Materiales

El material de polvo cerámico reciclado fue sometido al Análisis de Fluorescencia de Rayos X en el Laboratorio de Arqueometría de la UNMSM con el objetivo de conocer su composición química. Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes (Tabla N° 17).

Tabla N° 17: *Fluorescencia De Rayos X - Polvo Cerámico Reciclado*

Composición Química	Resultados (%)
SiO ₂	67.96
Al ₂ O ₃	19.50
Fe ₂ O ₃	2.03
K ₂ O	1.33
TiO ₃	0.62
MgO	0.38
CaO	0.11
Na ₂ O	0.53
P ₂ O ₅	0.11
MnO	0.00
Total	92.57

Fuente: Laboratorio de física de la UNMSM

En la tabla N° 17 se tiene los porcentajes de óxidos de la muestra analizada.

Potencial Hidrógeno (PH)

Tabla N° 18: *Potencial hidrogeno (PH) de los materiales*

Muestra	Ensayo
	PH
Polvo cerámico reciclado	11.16
Cemento Portland tipo I - Sol	13.84
Cemento sustituido en 10% por polvo cerámico reciclado	13.63
Cemento sustituido en 20% por polvo cerámico reciclado	13.56

Fuente: Laboratorio de Ensayos químicos COLECBI

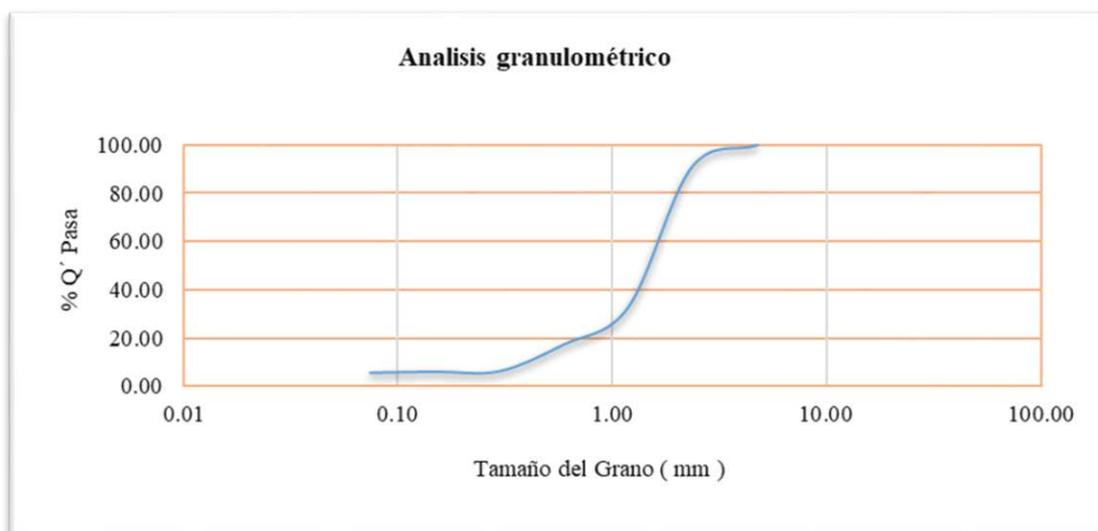
Propiedades físicas y mecánicas de los agregados

Tabla N° 19: Granulometría del Agregado Grueso

Tamiz	ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Acumulado que pasa
2"		50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"		38.10	1,318.00	29.28	29.28	70.72
1"		25.00	632.00	14.04	43.32	56.68
3/4"		19.00	2,374.00	52.74	96.07	3.93
1/2"		12.70	29.00	0.64	96.71	3.29
3/8"		9.50	15.00	0.33	97.05	2.95
N° 4		4.76	30.00	0.67	97.71	2.29
			4,398.00			
TM=		1/2	Pulg			
TMN=		3/4	Pulg			
MF=		8.20				

Fuente: Realizado por el tesista

Figura N° 02: Curva Granulométrica del Agregado Grueso



Fuente: Realizado por el tesista

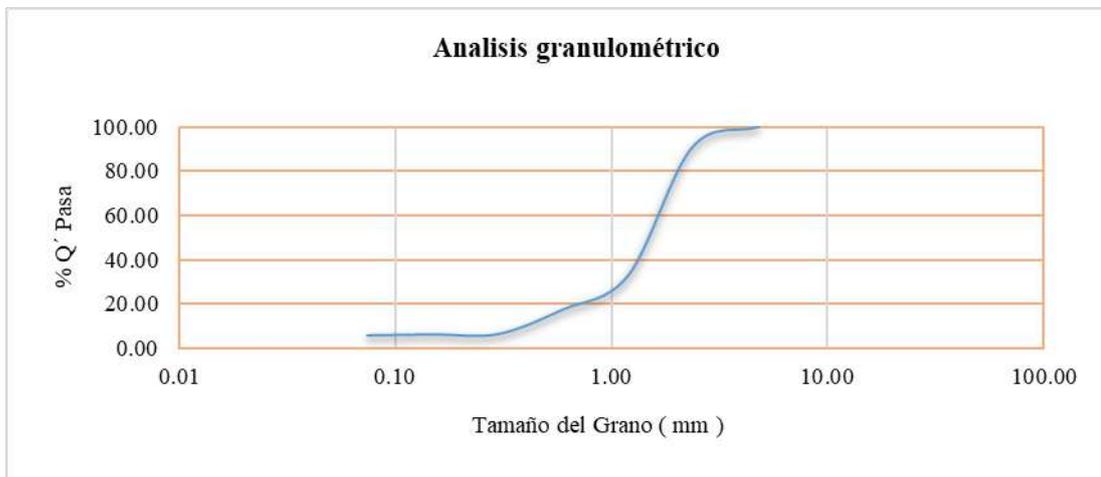
Tabla N° 20: Granulometría del Agregado Fino

Tamiz (ASTM)	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% retenido parcial	% retenido acumulado	% acumulado que pasa
N° 4	4.780	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	2.360	259.00	9.08	9.08	90.92
N° 16	1.190	1,656.00	58.06	67.15	32.85
N° 30	0.590	443.00	15.53	82.68	17.32
N° 50	0.297	314.00	11.01	93.69	6.31
N° 100	0.149	4.00	0.14	93.83	6.17
N° 200	0.074	13.00	0.46	94.28	5.72
		2,689.00			
MF =	3.46				

EL MÓDULO DE FINURA (MF), NO SE ENCUENTRA EN LOS LÍMITES PERMISIBLES (2.3 - 3.1), NTP 400.037

Fuente: Realizado por el tesista

Figura N° 03: Curva granulométrica del agregado fino



Fuente: Realizado por el tesista

Tabla N° 21: *Contenido de Humedad del Agregado Grueso.*

Muestra	Agregado: Grueso	
	M - 01	
Recipiente n°	2	4
Peso húmedo + recipiente (gr)	241.3	254.7
Peso seco + recipiente (gr)	233.1	246
Peso de recipiente (gr)	39.0	38.2
Peso del agua (gr)	8.2	8.7
Peso de suelo seco (gr)	194.1	207.8
Contenido de humedad (%)	4.22	4.19
Humedad promedio (%)	4.21	

Fuente: Realizado por el tesista

Tabla N° 22: *Contenido de humedad del agregado fino.*

Muestra	Agregado: Fino	
	M - 01	
Recipiente n°	8	9
Peso húmedo + recipiente (gr)	210.1	207.4
Peso seco + recipiente (gr)	201.3	198.3
Peso de recipiente (gr)	39.2	40
Peso del agua (gr)	8.8	9.1
Peso de suelo seco (gr)	162.1	158.3
Contenido de humedad (%)	5.43	5.75
Humedad promedio (%)	5.59	

Fuente: Realizado por el tesista

Tabla N° 23: *Peso Unitario Del Agregado Fino.*

Tipo de peso unitario	Peso unitario suelto			Peso unitario compactado		
	1	2	3	1	2	3
Muestra N°						
Peso de material + molde	10,320.00	10,090.00	10,330.00	10,590.00	10,520.00	10,518.00
Peso del molde	6,700.00	6,700.00	6,700.00	6,700.00	6,700.00	6,700.00
Peso del material	3,620.00	3,390.00	3,630.00	3,890.00	3,820.00	3,818.00
Volumen del molde	2,124.00	2,124.00	2,124.00	2,124.00	2,124.00	2,124.00
Peso unitario (ton/m ³)	1.704	1.596	1.709	1.831	1.798	1.798
Peso unitario promedio (ton/m ³)		1.670			1.809	

Fuente: Realizado por el tesista

Tabla N° 24: *Peso Unitario Del Agregado Grueso.*

Tipo de peso unitario	Peso unitario suelto			Peso unitario compactado		
	1	2	3	1	2	3
Muestra N°						
Peso de material + molde	9,760.00	9,720.00	9,732.00	10,218.00	10,244.00	10,211.00
Peso del molde	6,700.00	6,700.00	6,700.00	6,700.00	6,700.00	6,700.00
Peso del material	3,060.00	3,020.00	3,032.00	3,518.00	3,544.00	3,511.00
Volumen del molde	2,124.00	2,124.00	2,124.00	2,124.00	2,124.00	2,124.00
Peso unitario (ton/m ³)	1.441	1.422	1.427	1.656	1.669	1.653
Peso unitario promedio (ton/m ³)		1.430			1.659	

Fuente: Realizado por el tesista

Diseño de mezcla

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO ACI 211

1 Especificaciones

Metodo:	ACI
Resistencia los 28 días:	210 kg/cm ²

2 Materiales

A). Cemento	
Tipo: I	
P.e	3.11
B). Agua Potable	
C). Agregado Fino	
Cantera:	GUENSHO - YANAMA - YUNGAY
P.e	2.63
PUSS	1670.00 kg/cm ³
PUSC	1809.00 kg/cm ³
CH	5.59 %
Abs	2.20
MF	3.46
D). Agregado Grueso	
P.e	2.65
PUSS	1430.00
PUSC	1659.00
CH	4.21
Abs	1.20

3 Resistencia Promedio

$$f'c = 210 + 85 = 295 \text{ Kg/cm}^2$$

4 Selección del TMN

De acuerdo a la granulometría es= 1 1/2"

5 Selección del Asentamiento

3" @ 4"

6 Volumen Unitario de Agua

Para un asentamiento de 3" @ 4" sin aire incorporado y TMN 1" el volumen unitario del Agua es 181 Lt/m³

7 Contenido de Aire

Para TMN 1 1/2 " corresponde 1 %

8 Relación Agua-Cemento a/c

Para $f'c = 295 \text{ Kg/cm}^2$

$$a/c = 0.448$$

9 Factor Cemento

$$F.C = \frac{181}{0.448} = 404.02 \text{ Kg/m}^3$$
$$9.51 \text{ Bol/m}^3$$

10 Contenido de Agregado Grueso

Para MF de: 3.46 y TMN 1 1/2"

Volumen Agregado Grueso	0.654	m ³
Peso del Agregado Grueso	$0.654 \times 1659 =$	1084.99

11 Cálculo de Volúmenes Absolutos

Cemento	$\frac{404.02}{3.11 \times 1000} =$	0.130 m ³
---------	-------------------------------------	----------------------

Polvo ceramico

Agua $\frac{181}{1000} =$ 0.181 m³

Aire Atrapado 1 % = 0.01 m³

Agregado Grueso $\frac{1085}{2.65 \times 1000} =$ 0.409 m³
0.730

12 Contenido de Agregado Fino

Peso del Agregado Fino = 0.270 x 2.63 x 1000 = 709.21 Kg/m³
1 - 0.730 = 0.270 m³

13 Valores de Diseño

Cemento 404.02 Kg/m³
Agua de Diseño 181.00 Lit/m³
Agregado Fino Seco 709.21 m³
Agregado Grueso seco 1,084.99 m³

14 Correccion por Humedad de los Agregados

Agregado Grueso: 1084.99 x 1.00421 = 1130.66 Kg/m³
Agregado Fino: 709.21 x 1.00559 = 748.86 Kg/m³

* Humedad Superficial

Agregado grueso : 4.21-1.2 3.01 %
Agregado fino : 5.59-2.20 3.39 %

* Aporte de Humedad de los Agregados

Agregado grueso: 1084.99x0.0301 32.66
Agregado fino: 709.21x0.0339 24.04
56.70

Agua efectiva: 181-56.70 124.30 Lit/m³

* Los Agregados De Los materiales corregidos son:

Cemento: 404.02 Kg/m³
Agua efectiva: 124.30 Lit/m³
Agregado fino: 748.86 Kg/m³
Agregado grueso: 1130.66 Kg/m³

15 Proporción en peso

$\frac{404.02}{404.02}$: $\frac{748.86}{404.02}$: $\frac{1130.66}{404.02}$: 13.076
Lt/bol

Por cada bolsa

1 1.85 2.80
cemento ag.fino ag.grueso

16 Proporción en volumen

1 : 0.41 : 0.68 : 0.124

Cálculo de cantidad de materiales:

Tabla N° 25: Dimensiones de la probeta

Diámetro	0.15	M		
Altura	0.30	Cm		
Área	0.0176715	Cm ²		
Volumen	0.005301438	Cm ³	0.00530	m³

Fuente: Elaborado por el tesista.

Tabla N° 26: Cantidad de C° para 1 m³ - diseño de mezcla f'c=210 kg/cm²

	Materiales		Kg/m³	
	Cemento	395.20	%	
	Arena	654.75	100.00%	9.30 Bls
	Piedra	1238.48	34.58%	
	Agua	116.97	65.42%	
	Total	1893.22	100.00%	

Fuente: Elaborado por el tesista.

Tabla N° 27: Cantidad de materiales por probeta de C° patrón f'c=210 kg/cm²

Materiales	Kg	%
Cemento	2.1	100.00%
Arena	3.47	34.58%
Piedra	6.57	65.42%
Agua	0.62	100.00%
Total	10.04	AF +AG

Fuente: Elaborado por el tesista.

Tabla N° 28: Cantidad de materiales sustituyendo al cemento en 10% por polvo cerámico - Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Materiales	Kg	%
Cemento	1.89	90.00%
Polvo cerámico	0.21	10.00%
Arena	3.47	34.58%
Piedra	6.57	65.42%
Agua	0.62	100.00%
Total	10.04	AF +AG

Fuente: Elaborado por el tesista.

Tabla N° 29: Cantidad de materiales sustituyendo al cemento en 20% por polvo cerámico - Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Materiales	Kg	%
Cemento	1.68	80.00%
Polvo de cerámico	0.42	20.00%
Arena	3.47	34.58%
Piedra	6.57	65.42%
Agua	0.62	100.00%
Total	10.04	AF +AG

Fuente: Elaborado por el tesista.

Resistencia a la compresión

Tabla N° 30: *Diferencia entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 10% por polvo cerámico reciclado) - a los 7 días*

Testigo	Edad	F'c	F'c/f'cd	Promedio	Diferencia
	Días	Kg/cm2	%	%	%
C° patrón	7	167.5	79.75	81.30	2.13
		169.2	80.56		
		175.6	83.61		
C° experimental sustituyendo el 10% de cemento por polvo cerámico reciclado	7	162.9	77.58	79.18	2.13
		169.5	80.71		
		166.4	79.23		

Fuente: Elaborado por el tesista.

Tabla N° 31: *Diferencia entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 10% por polvo cerámico reciclado) - a los 14 días*

Testigo	Edad	F'c	F'c/f'cd	Promedio	Diferencia
	Días	Kg/cm2	%	%	%
C° patrón	14	195.8	93.25	94.45	2.99
		198.8	94.66		
		200.4	95.43		
C° experimental sustituyendo el 10% de cemento por polvo cerámico reciclado	14	192.4	91.62	91.46	2.99
		191.7	91.30		
		192.1	91.47		

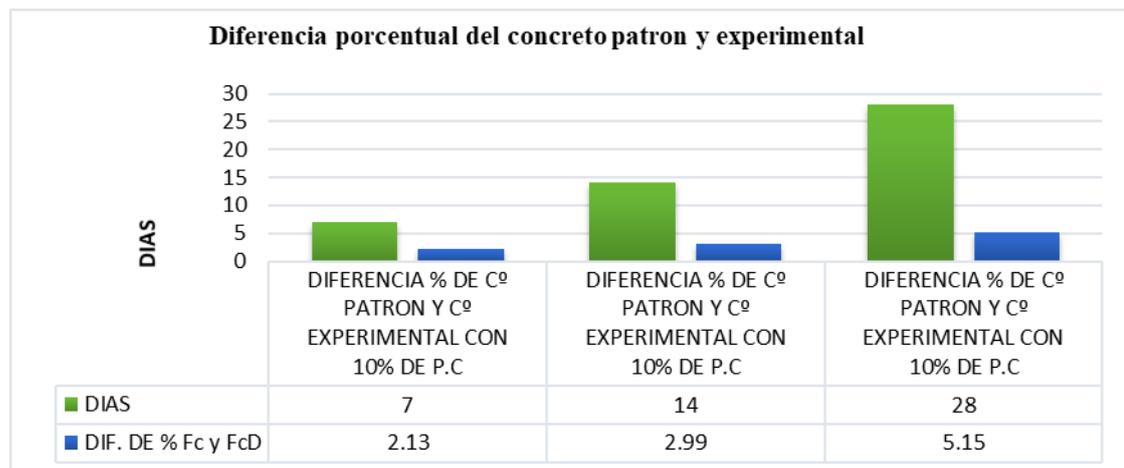
Fuente: Elaborado por el tesista.

Tabla N° 32: Diferencia entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 10% por polvo cerámico reciclado) - a los 28 días

Testigo	Edad	F'c	F'c/f'cd	Promedio	Diferencia
	Días	Kg/cm2	%	%	%
C° patrón	28	212.2	101.07	101.33	5.15
		213.0	101.44		
		213.1	101.47		
C° experimental sustituyendo el 10% de cemento por polvo cerámico reciclado	28	201.4	95.93	96.18	5.15
		202.0	96.17		
		202.5	96.45		

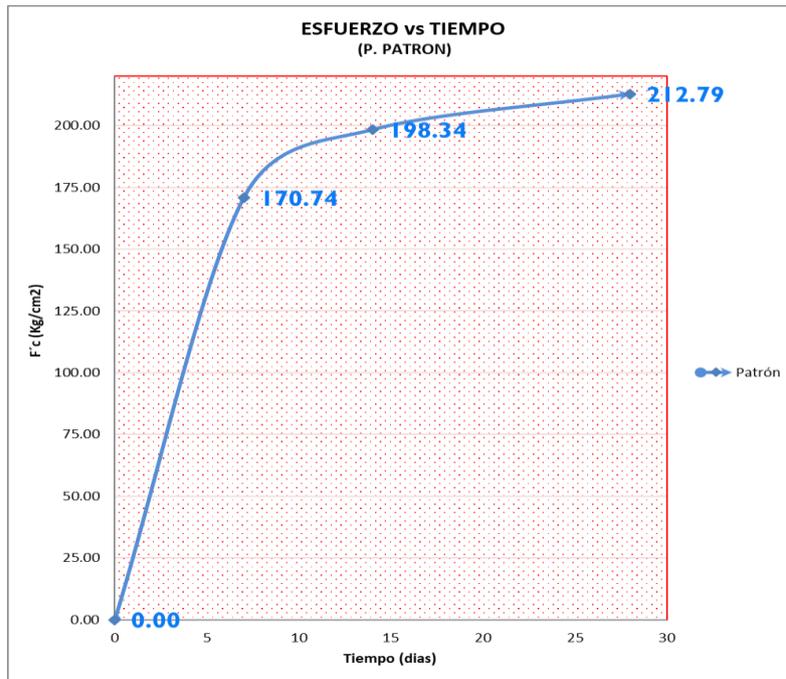
Fuente: Elaborado por el tesista.

Figura N° 04: Diferencia entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 10% por polvo cerámico reciclado)



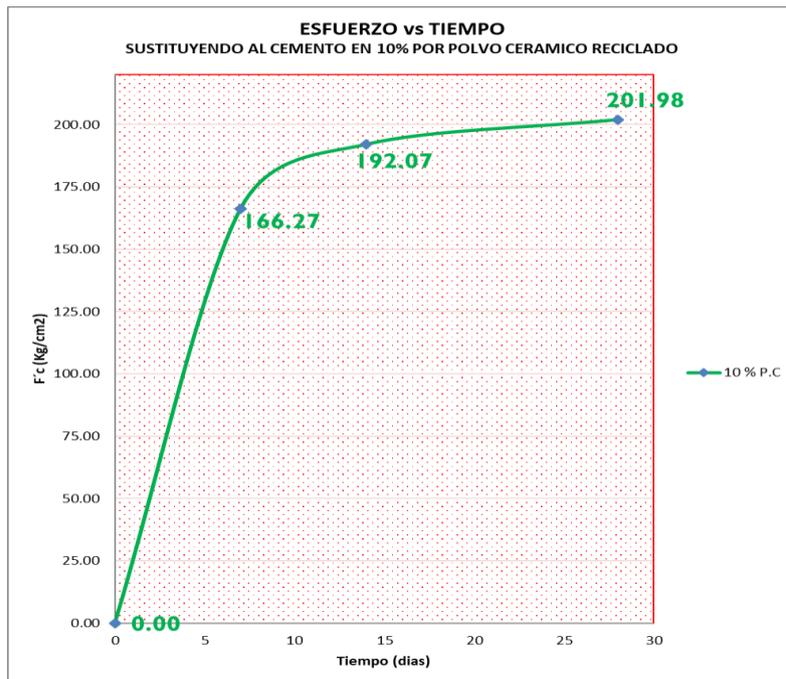
Fuente: Elaborado por el tesista.

Figura N° 05: Esfuerzo vs tiempo de la probeta patrón (7, 14 y 18 días)



Fuente: Elaborado por el tesista.

Figura N° 06: Esfuerzo vs tiempo de la probeta experimental sustituyendo al cemento en 10 % por polvo cerámico (7, 14 y 18 días)



Fuente: Elaborado por el tesista.

Tabla N° 33: *Diferencia entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 20% por polvo cerámico reciclado) - a los 7 días*

Testigo	Edad	F´c	F´c/f´cd	Promedio	Diferencia
	Días	Kg/cm2	%	%	%
C° patrón	7	167.5	79.75	81.30	2.73
		169.2	80.56		
		175.6	83.61		
C° experimental sustituyendo el 20% de cemento por polvo cerámico reciclado	7	168.8	80.36	78.57	
		163.2	77.73		
		163.0	77.62		

Fuente: Elaborado por el tesista.

Tabla N° 34: *Diferencia entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 20% por polvo cerámico reciclado) - a los 14 días*

Testigo	Edad	F´c	F´c/f´cd	Promedio	Diferencia
	Días	Kg/cm2	%	%	%
C° patrón	14	195.8	93.25	94.45	4.13
		198.8	94.66		
		200.4	95.43		
C° experimental sustituyendo el 20% de cemento por polvo cerámico reciclado	14	186.7	88.91	90.32	
		191.7	91.29		
		190.6	90.74		

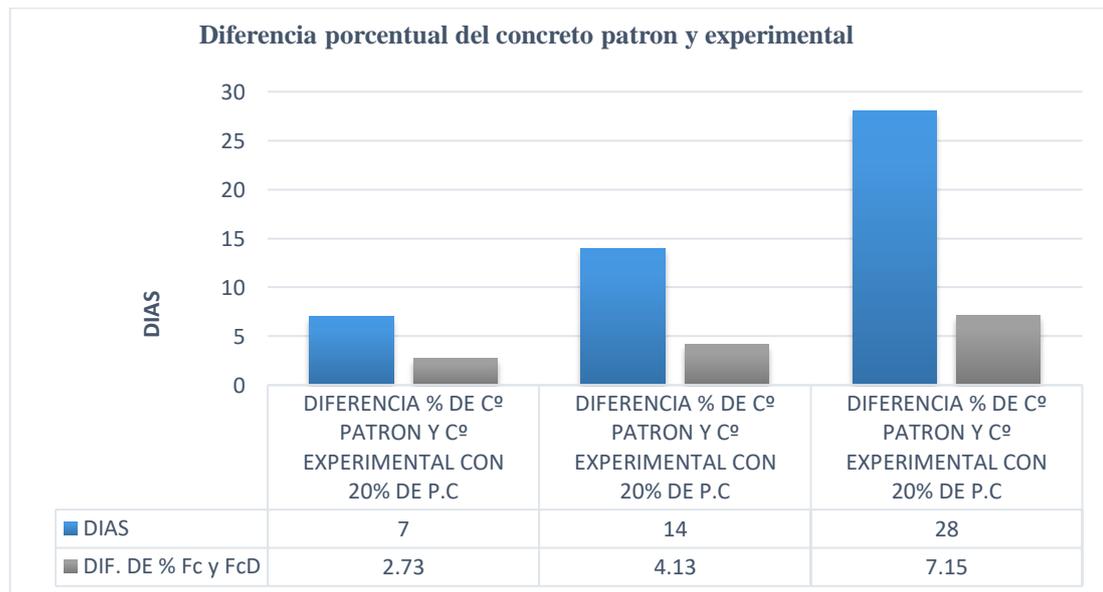
Fuente: Elaborado por el tesista.

Tabla N° 35: Diferencia entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 20% por polvo cerámico reciclado) - a los 28 días

Testigo	Edad	F'c	F'c/f'cd	Promedio	Diferencia
	Días	Kg/cm2	%	%	%
C° patrón		212.2	101.07		
	28	213.0	101.44	101.33	
		213.1	101.47		7.15
C° experimental sustituyendo el 20% de cemento por polvo cerámico reciclado		197.95	94.26		
	28	198.01	94.29	94.18	
		197.4	93.99		

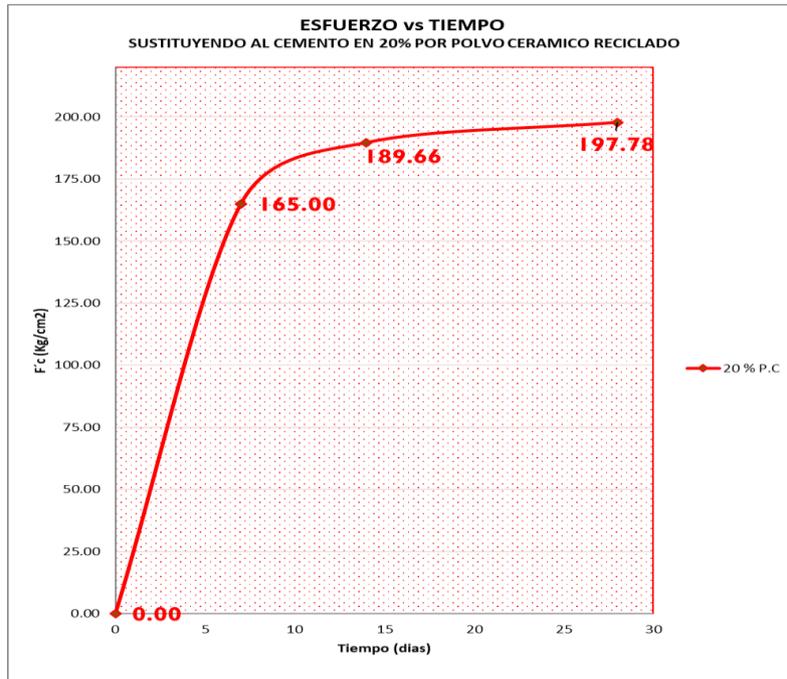
Fuente: Elaborado por el tesista.

Figura N° 07: Diferencia porcentual entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 20% por polvo cerámico reciclado)



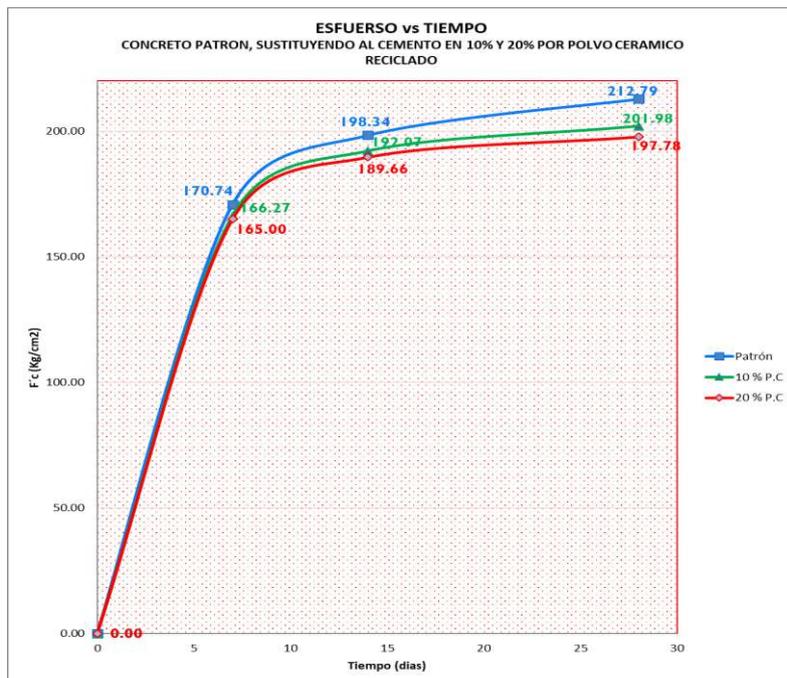
Fuente: Elaborado por el tesista.

Figura N° 08: Esfuerzo vs tiempo de la probeta experimental sustituyendo al cemento en 20 % por polvo cerámico (7, 14 y 18 días)



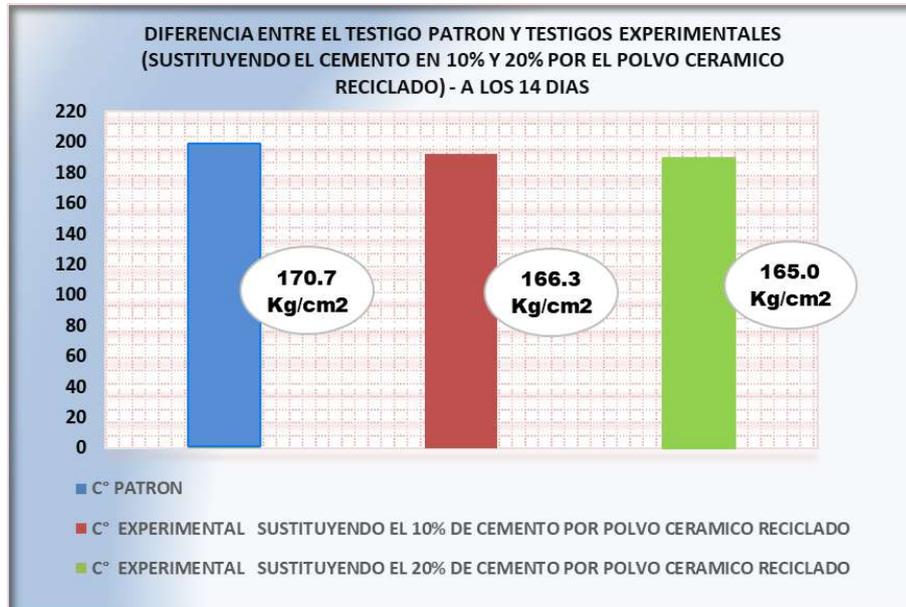
Fuente: Elaborado por el tesista.

Figura N° 09: Esfuerzo vs tiempo de la probeta patrón y experimentales sustituyendo al cemento en 10% y 20 % por polvo cerámico (7, 14 y 18 días)



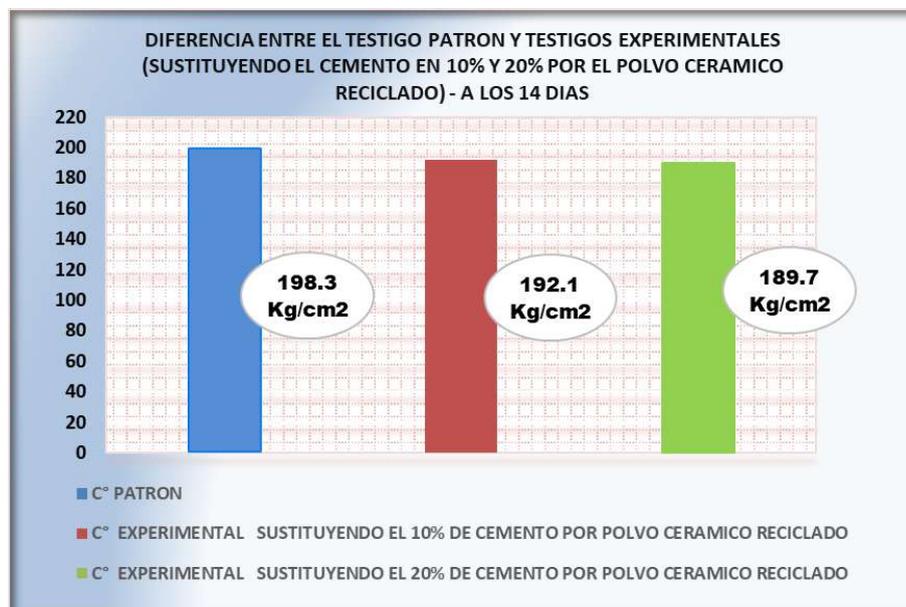
Fuente: Elaborado por el tesista.

Figura N° 10: Diferencia entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo cerámico reciclado) – a los 7 días



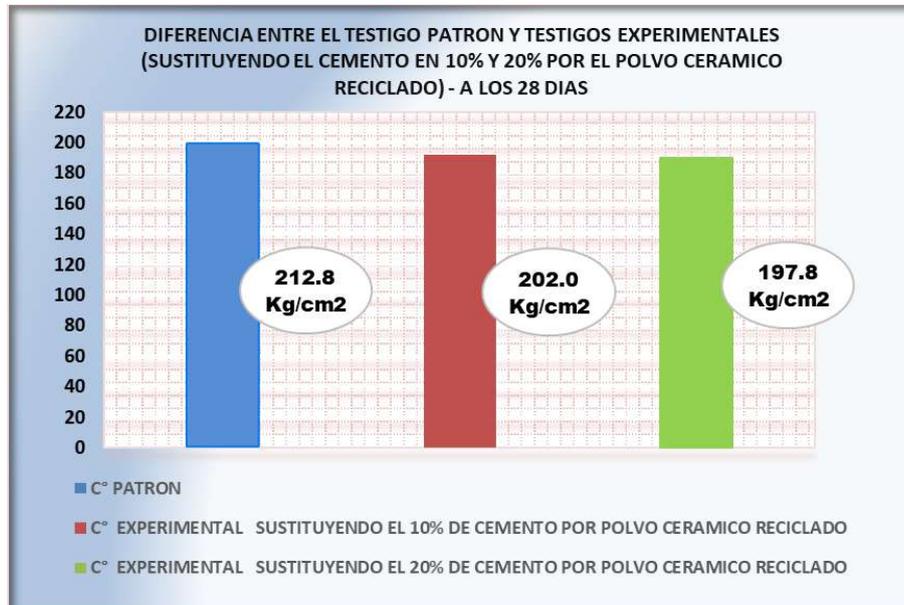
Fuente: Elaborado por el tesista.

Figura N° 11: Diferencia entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo cerámico reciclado) – a los 14 días



Fuente: Elaborado por el tesista.

Figura N° 12: Diferencia entre el testigo patrón y testigo experimental (sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo cerámico reciclado) – a los 28 días



Fuente: Elaborado por el tesista.

Análisis de Varianza

Análisis de varianza para determinar las diferencias de las resistencias de los concretos patrones y experimentales $f'c=210$ kg/cm²

Tabla N° 36: *Análisis de varianza (Anova) – a los 7 días*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	54.4758242	2	27.2379121	2.056467285	0.20884408	5.14325285
Dentro de los grupos	79.47000849	6	13.24500141			
Total	133.9458327	8				

Fuente: Elaborado por el tesista.

Tabla N° 37: *Análisis de varianza (Anova) – a los 14 días*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	120.47074	2	60.2353701	14.6602848	0.00490197	5.14325285
Dentro de los grupos	24.6524692	6	4.10874486			
Total	145.123209	8				

Fuente: Elaborado por el tesista.

Tabla N° 38: *Análisis de varianza (Anova) – a los 28 días*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	359.678798	2	179.839399	838.854525	4.5254E-08	5.14325285
Dentro de los grupos	1.28632124	6	0.21438687			
Total	360.96512	8				

Fuente: Elaborado por el tesista.

Al tener valores de la probabilidad $<$ que 0.05 y la F calculada $>$ F crítico, como se observa en las Tablas ($2.05 < 5.14$ y $14.66 > 5.14$ y $838.85 > 5.14$), muestran que existen diferencias entre las resistencias a la compresión del concreto patrón y los concretos experimentales con la sustitución de 10% y 20% de cemento por el polvo cerámico reciclado.

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Del análisis y discusión de los resultados se tiene lo siguiente:

- Analizamos del resultado de las probetas de concreto patrón arrojan mayores resistencias que las probetas de los concretos experimentales con la sustitución del 10 % y 20 % del cemento por polvo cerámico reciclado, son resultados que están próximos al del diseño.
- Pese a que las diferencias en las resistencias a la compresión del concreto patrón vs. los concretos experimentales, no significa que la sustitución del 10% y 20% del cemento por polvo cerámico reciclado nos resulte un concreto de mala calidad.
- De los resultados obtenidos la diferencia a los siete días del concreto patrón y el concreto experimental sustituyendo el 10 % de cemento por polvo cerámico es de 2.13 %, la diferencia es aceptable para la investigación realizada.
- De los resultados obtenidos la diferencia a los catorce días del concreto patrón y el concreto experimental sustituyendo el 10 % de cemento por polvo cerámico es de 2.99 %, la diferencia es aceptable para la investigación realizada.
- De los resultados obtenidos la diferencia a los veintiocho días del concreto patrón y el concreto experimental sustituyendo el 10 % de cemento por polvo cerámico es de 5.15%, la diferencia es aceptable para la investigación realizada.
- De los resultados obtenidos la diferencia a los siete días del concreto patrón y el concreto experimental sustituyendo el 20 % de cemento por polvo cerámico es de 2.73 %, la diferencia es aceptable para la investigación realizada.

- De los resultados obtenidos la diferencia a los catorce días del concreto patrón y el concreto experimental sustituyendo el 20 % de cemento por polvo cerámico es de 4.13 %, la diferencia es aceptable para la investigación realizada.
- De los resultados obtenidos la diferencia a los veintiocho días del concreto patrón y el concreto experimental sustituyendo el 20 % de cemento por polvo cerámico es de 7.15%, la diferencia está alejada a los resultados del diseño.
- De los resultados del pH se obtuvo que el polvo cerámico y el cemento son alcalinos, ello permitió que el concreto tenga los insumos que están dentro de los parámetros.

V. CONCLUSIONES:

Las conclusiones a las que se llegaron después de desarrollar esta investigación son las siguientes:

- Se determinó que a los veintiocho (28) días el concreto experimental con la sustitución del cemento en 10% por polvo cerámico reciclado tuvo una resistencia a la compresión de $f_c=201.98 \text{ kg/cm}^2$ y con la sustitución del cemento en 20% por polvo cerámico reciclado tuvo una resistencia a la compresión de $f_c=197.78 \text{ kg/cm}^2$; y el resultado del concreto patrón alcanzo una resistencia a la compresión de $f_c=212.79 \text{ kg/cm}^2$.
- Se determinó la composición química del polvo cerámico reciclado mediante el análisis de fluorescencia de rayos X, los porcentajes más relevantes fueron de 67.96% de SiO_2 , 19.50% de Al_2O_3 y 0.11% de CaO y 11.28% otros, estos porcentajes se aproximan a la composición al cemento portland tipo I -Sol que tiene 21% de SiO_2 , Al_2O_3 y 6.50% y 62.5% de CaO . Estos resultados se parametrizan según la norma ASTM C- 618.
- Se caracterizó la alcalinidad del polvo cerámico reciclado $\text{pH} = 11.16$, del cemento Portland tipo I – Sol $\text{pH} = 13.84$, cemento sustituido en 10 % por polvo cerámico reciclado $\text{pH} = 13.63$ y del cemento sustituido en 20 % por polvo cerámico reciclado $\text{pH} = 13.56$, cabe mencionar que los resultados fueron óptimos para la elaboración del concreto.
- La relación A/C (Agua - Cemento) para el concreto patrón es 0.45, este resultado está dentro del rango (0,42 y 0,60), el cual nos indica una relación de A/C baja.
- Se determinó la resistencia a la compresión del concreto patrón a los 7 días es $f_c=170.74 \text{ kg/cm}^2$, a los 14 días es $f_c=198.34 \text{ kg/cm}^2$, a los 28 días es

$f'_c=212.79 \text{ kg/cm}^2$ y la resistencia a la compresión del concreto cuando se sustituyó al cemento en 10 % por polvo cerámico reciclado a los 7 días es $f'_c=166.27 \text{ kg/cm}^2$, a los 14 días es $f'_c=192.07 \text{ kg/cm}^2$, a los 28 días es $f'_c=201.98 \text{ kg/cm}^2$ y la resistencia a la compresión del concreto cuando se sustituyó al cemento en 20 % por polvo cerámico reciclado a los 7 días es $f'_c=165.00 \text{ kg/cm}^2$, a los 14 días es $f'_c=189.66 \text{ kg/cm}^2$, a los 28 días es $f'_c=197.78 \text{ kg/cm}^2$. Según los resultados obtenidos a los 28 días de curado el concreto patrón tuvo una $f'_c=212.79 \text{ kg/cm}^2$ el cual fue muy bueno y lo comparamos con el concreto cuando se sustituyó al cemento en 10 % por polvo cerámico reciclado con una $f'_c=201.98 \text{ kg/cm}^2$ hay una variación en 5.15%, este resultado permite considerar como un concreto bueno y también lo comparamos con el concreto cuando se sustituyó al cemento en 20 % por polvo cerámico reciclado con una $f'_c=197.78 \text{ kg/cm}^2$ hay una variación en 7.15%, este resultado permite considerar como un concreto regular.

VI. RECOMENDACIONES:

- Se recomienda continuar la investigación adicionando algún insumo con composición de CaO para mejorar el concreto.
- Se recomienda el uso de este tipo de concreto con la sustitución al cemento en 10 % por polvo cerámico reciclado para estructuras como zapatas y columnas y vigas en edificaciones de viviendas de 2 niveles.
- Se recomienda el uso de porcentajes menores al 10% en la sustitución al cemento por polvo cerámico reciclado para obtener un concreto más próximo al diseño de $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$.
- Se recomienda la sustitución al cemento en 10 % y 20% por polvo cerámico reciclado para un concreto con diseño de $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto. (2018). Tecnología del Concreto. Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L.
- Alujas, F. M. (2010). Empleo de acrillas caplinéticas de bajo grado activadas termicamente como una alternativa para el reemplazo parcial de cemento portland.
- Avalo, J. (2014). Las normas técnicas de cemento y concreto en el Perú. Lima - Perú.
- Castillo. (2011). Arcillas calcinadas.
- Castillo, A. y. (2011). Estudio de la adición de arcillas calcinadas en durabilidad de hormigones.
- Castillo, R., Antoni, M., Alujas, A., Scrivener, K., & Martirena, J. (2011). Estudio de la adición de arcillas calcinadas en la durabilidad de hormigones. Revista ingeniería de construcción, 25 - 45.
- Gonzales, H. (2017). Resistencia del mortero con cemento sustituido por el 13 % por una combinación de arcilla y concha cuchara. Chimbote: Universidad San Pedro.
- Huaquisto, S., & Belizario, G. (2018). Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. Puno: Revista de Investigaciones Altoandinas.
- Neville, A. (2010). Tecnología del Concreto. Porto Alegre: Bookman Editora Ltda.
- NTP 400.011. (2020). Agregados. Lima.
- O, M. (2008). La influencia de las cenizas volantes como sustituto parcial del cemento portland en la durabilidad del hormigón. Madrid.
- Panarese, K. y. (2004). Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Skokie, Illinois, EE.UU: Portland Cement Association.
- Pasquel. (1998). Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú. Lima: Derechos Reservados.
- Porrero, R. G. (2014). Manual del Concreto Estructural. Caracas: PAG Marketing Soluciones.

- Quiroz, E. (2019). Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con sustitución de flakes de tereftalato de polietileno y fibras de lana. Trujillo: Universidad Privada del Norte.
- Ramirez, Y. (2012). Determinación de las fases presentes en pisos y revestimientos cerámicos a base de arcilla cocidos a diferentes temperaturas y su influencia en las propiedades técnicas. Bogota: Universidad Nacional De Colombia.
- Rivera, W. (2006). Estudio referente al procesamiento de arcilla, factibilidad para la recuperación de caolinita de menas de arcilla de baja ley con altos contenidos de sílice en Cemento Andino S.A. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Rivva. (2000). Naturaleza y Materiales del Concreto. Lima: ACI Perú.
- Troxell. (1968). Composition and Properties of Concrete. New York.
- Valencia. (2013). Estudio experimental para determinar Patrones de correlación entre la resistencia a compresión y la velocidad de pulso ultrasónico en concreto simple. Lima - Peru.
- Vergara. (2013). Cemento y sus especificaciones en las normas ASTM.
<http://revistas.utp.ac.pa/>.
- Wandell. (1968). Concrete Construction Handbook. New York: McGraw-Hill; Firts Edition.
- Yañez. (2014). Control de Calidad en los Componentes para la Obtencion de Concretos. Arequipa: UNSA.

VIII. APENDICE Y ANEXOS



Figura N° 13: *Se aprecia el pesado y el lavado del agregado.*



Figura N° 14: *Se aprecia llevado de la muestra al horno para el secado.*



Figura N° 15: *Se aprecia el uso de los tamices para la clasificación granulométrica*



Figura N° 16: *Se aprecia el uso de la canasta de malla para sacar el peso específico y la absorción*



Figura N° 17: *Se aprecia el uso del Cilindro para calcular el peso unitario*



Figura N° 18: *Material (cerámico reciclado) y su trituración.*



Figura N° 19: *Molienda de material (cerámico reciclado).*



Figura N° 20: *Secado de material (cerámico reciclado molido).*



Figura N° 21: recolección de producto final del molido de cerámico reciclado molido.



Figura N° 22: Material (arena y piedra) y preparación de concreto patrón.



Figura N° 23: *Midiendo el SLUM del concreto patrón – 3”.*



Figura N° 24: *Elaboración de las probetas de concreto patrón.*



Figura N° 25: *Fraguado de las probetas de concreto patrón.*



Figura N° 26: *Utilización de Cono de Abrams de concreto patrón.*



Figura N° 27: *Midiendo el SLUM del concreto experimental sustitución del cemento en 10%.*



Figura N° 28: *Retirando las probetas para el curado de ellas.*



Figura N° 29: Prueba de resistencia a la compresión al concreto patrón y experimental



Figura N° 30: Resultados de las Pruebas de resistencia a la compresión

***ANALISIS DE MUESTRA DE POLVO
CERAMICO RECICLADO POR FRXDE***



Informe N°58-LAQ/2019

Análisis de una muestra de polvo cerámico reciclado por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de polvo cerámico a pedido de la Sr. Edhuin Bruno Flores Sánchez, bachiller en ingeniería civil de la Universidad de San Pedro, sede Huaraz, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Resistencia del concreto de $F'c=210$ kg/cm², sustituyendo al cemento en 10% y 20% por polvo cerámico reciclado”.

La muestra es de color arcilla y en forma de polvo. De acuerdo a la información proporcionada por el Sr. Flores, el polvo cerámico proviene de un proceso de molienda de piezas de cerámico reciclado.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 2000 cts/s

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

Teniendo en cuenta referencias sobre la composición del polvo cerámico se supone que los componentes principales de esta muestra sean óxidos de Si, Ca, K, P y Mg. Estos datos son importantes para iniciar el proceso de interpretación del espectro e interpretación de los resultados.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo K y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra.

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio, selenio y bromo, a menos que se encuentren en altas concentraciones.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

El análisis elemental de las muestras se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

La Figura 1 muestra el espectro de FRXDE de la muestra en escala semi-logarítmica Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. A pesar que la concentración de Si es la más alta, el 14% del total de la muestra por masa, su pico característico es muy débil debido a su bajo número atómico y la baja energía de sus rayos-X característicos.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de la muestra de ceniza de paja de trigo. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables de los elementos presentes. Se supone que debido a la calcinación del polvo cerámico reciclado todos los elementos presentes se han oxidado. Pero debe de recalcar que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de polvo cerámico.

Óxido	Concentración (% masa)
SiO ₂	67.96
Al ₂ O ₃	19.50
Fe ₂ O ₃	2.03
K ₂ O	1.33
TiO ₂	0.62
MgO	0.38
CaO	0.11
Na ₂ O	0.53
P ₂ O ₅	0.11
MnO	0.00
Total	92.57

Esta suma no llega al 100% indicando que no se ha detectado picos de algunos elementos. Es probable que uno de estos elementos no detectados sean del elemento Mg, mencionado líneas arriba.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

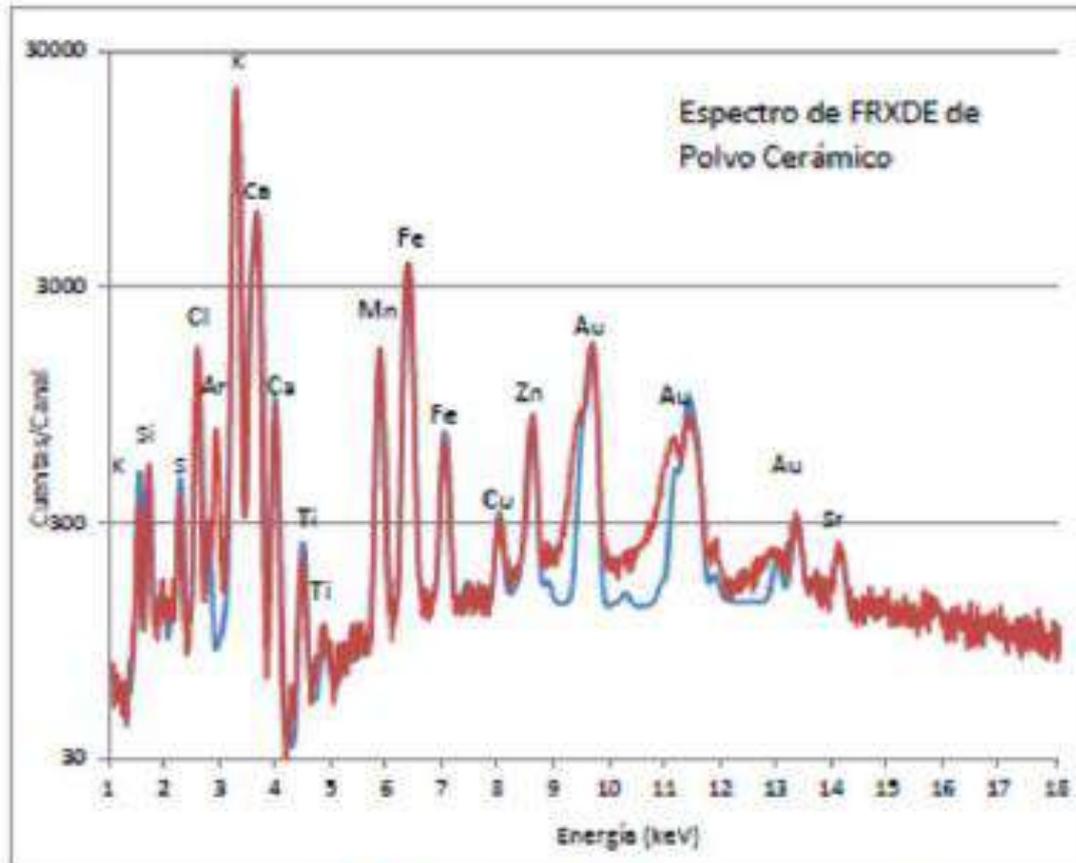


Figura 1. Espectro de FRXDE de polvo cerámico. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva azul muestra el espectro calculado.

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría

Lima, 28 noviembre del 2019

ENSAYO DE PH



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

CONFORME AL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO 9001:2008 CERTIFICADO

INFORME DE ENSAYO N° 20201013-008

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR	: BRUNO EDUIN FLORES SANCHEZ
DIRECCIÓN	: Chimboe
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE	: NO APLICA
PRODUCTO DECLARADO	: ABAJO INDICADO
LUGAR DE MUESTREO	: NO APLICA
MÉTODO DE MUESTREO	: NO APLICA
PLAN DE MUESTREO	: NO APLICA
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO	: NO APLICA
FECHA DE MUESTREO	: NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA	: 04 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: En pote de plástico con tapa, cerrada
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2020-10-13
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2020-10-13
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2020-10-14
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS	: Laboratorio Físico Químico
CÓDIGO COLECBI	: SS 201013-4

RESULTADOS

“RESISTENCIA DEL CONCRETO DE $f_c=2120\text{kg/cm}^2$, SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10% Y 20% POR POLVO CERÁMICO RECIKLADO”

MUESTRA	ENSAYO
	pH
POLVO CERÁMICO RECIKLADO	11,18
CEMENTO PORTLAND TIPO I - SOL	13,54
CEMENTO SUSTITUIDO EN 10% POR POLVO CERÁMICO RECIKLADO	13,60
CEMENTO SUSTITUIDO EN 20% POR POLVO CERÁMICO RECIKLADO	13,56

METODOLOGIA EMPLEADA

pH : Potenciométrico

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras: Proportionalizadas por el Solicitante (X) Muestras por COLECBI S.A.C. ()
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Denuncia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías: SI () NO (X)
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emite un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negra y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimboe, Octubre 13 del 2020

Química

Gastón-Hugo Ramos
Gerente de Laboratorio
RUT: 2010130000000
C.P. 100

LC-MPHR
Rut: 08
Fecha 2020-10-13

COLECBI S.A.C. EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - 1 Etapa - Nuevo Chimboe - Teléfono: 043-310752

Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com

ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TESIS	: "Resistencia del Concreto F'c= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo al Cemento en 10 % y 20% por Polvo Ceramico Reciclado"				
SOLICITA	: Bach. Flores Sanchez, Edhuin Bruno				
DISTRITO	: HUARAZ	HECHO EN : USP -HUARAZ			
PROVINCIA	: HUARAZ	FECHA 09/03/2018			
PROG (KM.)	:	ASESOR			
DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA	:				
MUESTRA	: AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO				
PROF. (m)	:				
AGREGADO GRUESO					
Nº TARRO		8	9		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	210,1	207,4		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	201,3	198,3		
PESO DE AGUA	(g)	8,80	9,10		
PESO DEL TARRO	(g)	39,20	40,0		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	162,10	158,3		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	5,43	5,7		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	5,59			
AGEGRADO FINO					
Nº TARRO		2	4		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	241,3	254,7		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	233,1	246,0		
PESO DE AGUA	(g)	8,20	8,70		
PESO DEL TARRO	(g)	39,00	38,2		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	194,10	207,8		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	4,22	4,2		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	4,2			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach. Flores Sanchez, Edhuin Bruno
TESIS : "Resistencia del Concreto F'C= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo al Cemento en 10 % y 20% por Polvo Ceramico Reciclado"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : GUENSHO
MATERIAL : AGREGADO FINO
FECHA : 09/03/2018

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	10320	10090	10330
Peso de molde	6700	6700	6700
Peso de muestra	3620	3390	3630
Volumen de molde	2124	2124	2124
Peso unitario	1704	1596	1709
Peso unitario prom.	1670 Kg/m3		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	10590	10520	10518
Peso de molde	6700	6700	6700
Peso de muestra	3890	3820	3818
Volumen de molde	2124	2124	2124
Peso unitario	1831	1798	1798
Peso unitario prom.	1809 Kg/m3		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS &
 ENSAYOS DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maiza Ambrosio
 CIP: 116644
 JEFE

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION

ASTM C127-C128 (NTP 400.021-400.022)

SOLICITA : Bach. Flores Sanchez, Edhuin Bruno
TESIS : "Resistencia del Concreto F'c= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo al Cemento en 10 % y 20% por Polvo Ceramico Reciclado"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : GUENSHO
MATERIAL : AGREGADO FINO
FECHA : 09/03/2018

PESO ESPECIFICO

ASTM C127-C128 (NTP 400.021-400.022)

AGREGADO	FINO	GRUESO
Tamaño maximo de la muestra	Malla nº 4	1 1/2"
Tipo de frasco utilizado	Fiola 500 ml.	Probeta 1000 ml.
Peso frasco + agua	685,20	1518,70
Peso material Sup. Seca al aire	200,00	500,00
Peso del material saturado + agua + frasco	885,20	2018,70
Peso global con desplazamiento de volumen	809,20	1829,85
Peso vol. Masas+ Vol vacios	76,00	188,85
Peso especifico	2,63	2,65

PORCENTAJE DE ABSORCION

ASTM C127-C128 (NTP 400.021-400.022)

AGREGADO	FINO	GRUESO
Nº Recipiente	2	6
Peso recipiente + Material sup. Seca en aire	160,45	168,9
Peso Recipiente + Material seca en estufa	157,5	167,25
Peso del agua	2,95	1,65
Peso del recipiente	23,41	30,03
Peso del Material Secado en estufa	134,09	137,22
Porcentaje de absorcion	2,2	1,2



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 ENSAYOS DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA

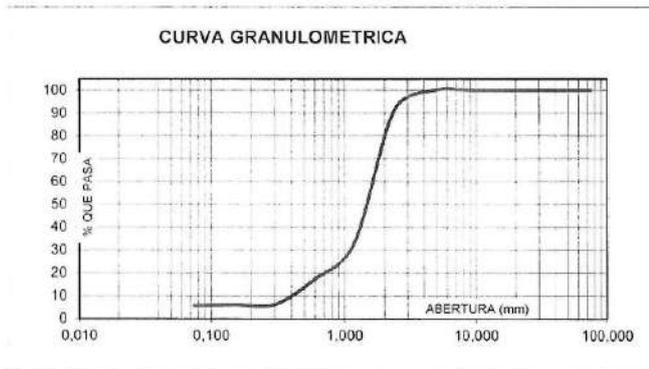
SOLICITA : Bach. Flores Sanchez, Edhuin Bruno
TESIS : "Resistencia del Concreto F'C= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo al Cemento en 10 % y 20% por Polvo Ceramico Reciclado"
LUGAR : HUARAZ
FECHA : 09/03/2018 **CANTERA :** GUENSHO **MATERIAL :** AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	2852
PESO SECO LAVADO	2889,00
PESO PERDIDO POR LAVADO	163,00

TAMIZ	ABERT. (mm)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75,000	0,00	0,00	0,00	100,00
2 1/2"	63,000	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,500	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,500	0,00	0,00	0,00	100,00
N° 4	4,750	0,00	0,00	0,00	100,00
N° 8	2,360	258,00	9,08	9,08	90,92
N° 16	1,180	1656,00	58,08	67,15	32,85
N° 30	0,600	443,00	15,53	82,68	17,32
N° 50	0,300	314,00	11,01	93,69	6,31
N° 100	0,150	4,00	0,14	93,83	6,17
N° 200	0,075	13,00	0,46	94,28	5,72
PLATO		163,10	5,72	100,00	0,00
TOTAL		2852,10	100,00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : n° 8
 MODULO DE FINEZA : 3,5
 HUMEDAD : 5,59%

CURVA GRANULOMETRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYOS DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

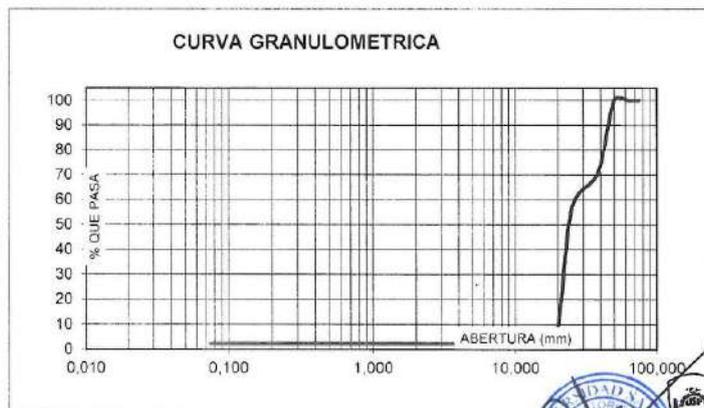
ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA

SOLICITA : **Bach. Flores Sanchez, Edhuin Bruno**
 TESIS : "Resistencia del Concreto F'C= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo al Cemento en 10 % y 20% por Polvo Ceramico Reciclado"
 LUGAR : HUARAZ
 FECHA : 09/03/2018 CANTERA : GUENSHO MATERIAL : AGREGADO GRUESO

PESO SECO INICIAL	4501
PESO SECO LAVADO	4398,00
PESO PERDIDO POR LAVADO	103,00

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75,000				
2 1/2"	63,000				
2"	50,000				
1 1/2"	38,100	1318,00	29,28	29,28	70,72
1"	25,000	632,00	14,04	43,32	56,68
3/4"	19,000	2374,00	52,74	96,07	3,93
1/2"	12,500	29,00	0,64	96,71	3,29
3/8"	9,500	15,00	0,33	97,05	2,95
N° 4	4,750	30,00	0,67	97,71	2,29
N° 8	2,360	0,00	0,00	97,71	2,29
N° 16	1,180	0,00	0,00	97,71	2,29
N° 30	0,600	0,00	0,00	97,71	2,29
N° 50	0,300	0,00	0,00	97,71	2,29
N° 100	0,150	0,00	0,00	97,71	2,29
N° 200	0,075	0,00	0,00	97,71	2,29
PLATO		103,00	2,29	100,00	0,00
TOTAL		4501,00	100,00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 1 1/2"
 MODULO DE FINEZA : 8,09
 HUMEDAD : 4,21%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach. Flores Sanchez, Edhuin Bruno
TESIS : "Resistencia del Concreto F'c= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo al Cemento en 10 % y 20% por Polvo Ceramico Reciclado"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : GUENSHO
MATERIAL : AGREGADO GRUESO
FECHA : 09/03/2018

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	9760	9720	9732
Peso de molde	6700	6700	6700
Peso de muestra	3060	3020	3032
Volumen de molde	2124	2124	2124
Peso unitario	1441	1422	1427
Peso unitario prom.	1430 Kg/m3		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	10218	10244	10211
Peso de molde	6700	6700	6700
Peso de muestra	3518	3544	3511
Volumen de molde	2124	2124	2124
Peso unitario	1656	1669	1653
Peso unitario prom.	1659 Kg/m3		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

***ENSAYO DE RESISTENCIA A LA
COMPRESION***



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BRIQUETAS DE CONCRETO ASTM C39/C39-M

SOLICITA : Bachiller, Flores Sánchez Edhuin Bruno
TESIS: Resistencia del concreto de $f'c=210$ kg/cm², sustituyendo al cemento en 10% y 20% por polvo cerámico reciclado
FECHA: 24/01/2018 - 21/02/2018

F'c : 210 kg/cm²
Altura: 30.0 cm **Area:** 176,7 cm²
Diametro: 15.0 cm

Nº	TESTIGO	ROGRESIV	SLUMP	FECHA		EDAD	CARGA	F'c	F'c/F'cd	PROMEDIO
	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg	Kg/cm ²	%	Kg/cm ²
1	PATRÓN	-	-	24/01/2018	31/01/2018	7	29591	167,5	79,75	170,74
2	PATRÓN	-	-	24/01/2018	31/01/2018	7	29892	169,2	80,56	
3	PATRÓN	-	-	24/01/2018	31/01/2018	7	31024	175,6	83,61	
4	PATRÓN	-	-	24/01/2018	07/02/2018	14	34603	195,8	93,25	198,34
5	PATRÓN	-	-	24/01/2018	07/02/2018	14	35127	198,8	94,66	
6	PATRÓN	-	-	24/01/2018	07/02/2018	14	35411	200,4	95,43	
7	PATRÓN	-	-	24/01/2018	21/02/2018	28	37504	212,2	101,07	212,79
8	PATRÓN	-	-	24/01/2018	21/02/2018	28	37642	213,0	101,44	
9	PATRÓN	-	-	24/01/2018	21/02/2018	28	37654	213,1	101,47	

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 118844
 JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 326034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
 - Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BRIQUETAS DE CONCRETO ASTM C39/C39-M

SOLICITA : Bachiller, Flores Sánchez Edhuin Bruno
TESIS: Resistencia del concreto de $f'c=210$ kg/cm², sustituyendo al cemento en 10% y 20% por polvo cerámico reciclado
FECHA: 24/01/2018 - 21/02/2018

F'c: 210 kg/cm²
Altura: 30.0 cm **Area:** 176,7 cm²
Diametro: 15.0 cm

Nº	TESTIGO	ROGRESIV	SLUMP	FECHA		EDAD	CARGA	F'c	FC/F'c	PROMEDIO
	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg	Kg/cm ²	%	Kg/cm ²
1	SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10% POR POLVO CERAMICO RECLADO	-	-	24/01/2018	31/01/2018	7	28788	162,9	77,58	166,27
2	SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10% POR POLVO CERAMICO RECLADO	-	-	24/01/2018	31/01/2018	7	29950	169,5	80,71	
3	SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10% POR POLVO CERAMICO RECLADO	-	-	24/01/2018	31/01/2018	7	29401	166,4	79,23	
4	SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10% POR POLVO CERAMICO RECLADO	-	-	24/01/2018	07/02/2018	14	33997	192,4	91,62	192,07
5	SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10% POR POLVO CERAMICO RECLADO	-	-	24/01/2018	07/02/2018	14	33879	191,7	91,30	
6	SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10% POR POLVO CERAMICO RECLADO	-	-	24/01/2018	07/02/2018	14	33940	192,1	91,47	
7	SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10% POR POLVO CERAMICO RECLADO	-	-	24/01/2018	21/02/2018	28	35596	201,4	95,93	201,98
8	SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10% POR POLVO CERAMICO RECLADO	-	-	24/01/2018	21/02/2018	28	35687	202,0	96,17	
9	SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10% POR POLVO CERAMICO RECLADO	-	-	24/01/2018	21/02/2018	28	35789	202,5	96,45	

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BRIQUETAS DE CONCRETO ASTM C39/C39-M

SOLICITA : Bachiller, Flores Sánchez Edhuin Bruno
TESIS: Resistencia del concreto de $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo al cemento en 10% y 20% por polvo cerámico reciclado
FECHA: 24/01/2018 - 21/02/2018

F'c: 210 kg/cm^2
Altura: 30.0 cm **Area:** 176,7 cm^2
Diametro: 15.0 cm

Nº	TESTIGO	ROGRESIV	SLUMP	FECHA		EDAD	CARGA	F'c	FC/F'c	PROMEDIO
	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg	Kg/cm ²	%	Kg/cm ²
1	SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 20% POR POLVO CERAMICO RECIKLADO	-	-	24/01/2018	31/01/2018	7	29820	168,8	80,36	165,00
2	SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 20% POR POLVO CERAMICO RECIKLADO	-	-	24/01/2018	31/01/2018	7	28845	163,2	77,73	
3	SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 20% POR POLVO CERAMICO RECIKLADO	-	-	24/01/2018	31/01/2018	7	28801	163,0	77,62	
4	SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 20% POR POLVO CERAMICO RECIKLADO	-	-	24/01/2018	07/02/2018	14	32993	186,7	88,91	189,66
5	SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 20% POR POLVO CERAMICO RECIKLADO	-	-	24/01/2018	07/02/2018	14	33875	191,7	91,29	
6	SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 20% POR POLVO CERAMICO RECIKLADO	-	-	24/01/2018	07/02/2018	14	33672	190,6	90,74	
7	SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 20% POR POLVO CERAMICO RECIKLADO	-	-	24/01/2018	21/02/2018	28	34978	198,0	94,26	197,78
8	SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 20% POR POLVO CERAMICO RECIKLADO	-	-	24/01/2018	21/02/2018	28	34989	198,0	94,29	
9	SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 20% POR POLVO CERAMICO RECIKLADO	-	-	24/01/2018	21/02/2018	28	34877	197,4	93,99	

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.




UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUAYAY
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE