

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Resistencia del concreto $f'c=175$ kg/cm² con sustitución de
cemento por relave y agregado grueso por agregado
reciclado en 5% y 10%**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Huanca Herrera, Jorge Luis

Asesor:

López Carranza, Atilio Rubén

Huaraz – Perú

2020

Palabras clave

Tema	Relave, agregado reciclado, resistencia a la compresión
Especialidad	Tecnología del concreto

Keywords

Subject	Tailings, recycled aggregate, compressive strength
Specialty	Concrete technology

Línea de investigación	Construcción y Gestión de la construcción
Área	Ingeniería y Tecnología
Subarea	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería Civil

Título de la investigación

Resistencia del concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10%.

Resumen

El presente trabajo tuvo por objetivo determinar la influencia de sustituir cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en la resistencia a compresión de un concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$, para lo cual se utilizó una metodología con tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación experimental, para este trabajo se tuvo la unidad de análisis una probeta cilíndrica de concreto (dimensiones $30\text{cm}\times 15\text{cm}$), la población y la muestra fueron 27 unidades, el muestreo fue por conveniencia con la finalidad de determinar el efecto del relave y agregado grueso en las propiedades mecánicas de una probeta de concreto, para ello se inició el proceso recolectando el agregado reciclado, el relave minero y los agregados naturales, luego se evaluaron las resistencias a la compresión de las probetas de concreto patrón obteniéndose $180,23\text{kg/cm}^2$ y los experimentales con sustitución de cemento por relave minero y agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10%, de lo cual se obtuvo una resistencia a la compresión promedio $188,13\text{kg/cm}^2$ y $193,83\text{kg/cm}^2$ respectivamente a los 28 días de curado, lo cual represento un 107,50% y 110,76% respecto al concreto de diseño $f'c=175\text{kg/cm}^2$, de lo que se concluye que la sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado aumenta la resistencia a compresión de un concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$.

Abstract

The objective of the present work was to determine the influence of substituting cement for tailings and coarse aggregate for recycled aggregate on the compressive strength of a concrete $f'c = 175\text{kg/cm}^2$, for which a methodology with a type of applied research and experimental research design, for this work the unit of analysis had a cylindrical concrete specimen (dimensions $30\text{cm} * 15\text{cm}$), the population and the sample were 27 units, the sampling was for convenience in order to determine the effect of the tailings and coarse aggregate in the mechanical properties of a concrete specimen, for this the process began collecting recycled aggregate, mining tailings and natural aggregates, then the compressive strengths of the standard concrete specimens were evaluated obtaining $180,23\text{kg/cm}^2$ and the experimental ones with substitution of cement for mining tailings and coarse aggregate for recycled aggregate in 5% and 10%, from which are resistance to average compression $188,13\text{kg/cm}^2$ and $193,83\text{kg/cm}^2$ respectively at 28 days of curing, which represents 107,50% and 110,76% with respect to design concrete $f'c = 175\text{kg} / \text{cm}^2$, From which it is concluded that the substitution of cement for tailings and coarse aggregate for recycled aggregate increases the compressive strength of a concrete $f'c = 175\text{kg/cm}^2$.

Índice

Tema	Página N°
Palabras clave	i
Título la investigación.....	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice.....	v
Introducción	1
Metodología.....	15
Tipo y diseño de investigación	15
Resultados	19
Análisis y discusión	30
Conclusiones.....	33
Recomendaciones	35
Referencias bibliográficas.....	36
Agradecimientos.....	40
Anexos	41

Índice de tablas

Tabla 1. Diseño experimental con un DBCA para las resistencias del concreto.....	15
Tabla 2. Operacionalización de variable.....	16
Tabla 3. Matriz de consistencia	16
Tabla 4. Técnicas e instrumentos de investigación.....	18
Tabla 5. Ensayos realizados al agregado reciclado.....	19
Tabla 6. Ensayos realizados a los agregados naturales y aditivos	20
Tabla 7. Diseño de mezcla de la probeta patrón y experimental	21
Tabla 8. Resistencia a la compresión de probetas por triplicado patrón y experimental	22
Tabla 9. Resistencia a la compresión promedio de probetas patrón y experimental .	23
Tabla 10. Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error ^{a,b}	26
Tabla 11. Pruebas de efectos inter – sujetos	27
Tabla 12. Comparación por parejas del porcentaje de sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado.....	28
Tabla 13. Comparación por parejas del tiempo de curado para el concreto patrón y experimental.....	29

Índice de figuras

Figura 1. Resistencia a la compresión respecto al tiempo de curado	23
Figura 2. Resistencia a la compresión promedio de las probetas patrón y experimental.....	24
Figura 3. Relave minero de Ticapampa	64
Figura 4. Recojo de material para estudio	64
Figura 5. Muestreo del material para estudio	65
Figura 6. Obtención del agregado reciclado	65
Figura 7. Chancado de probetas para agregado reciclado.....	67
Figura 8. Muestreo de material para estudio.....	67
Figura 9. Tamices seleccionados para la granulometría	68
Figura 10. Tamices listo para realizar la granulometría	68
Figura 11. Realizando el tamizado de los agregados	68
Figura 12. Realizando el pesado de la muestra para llevar al horno	68
Figura 13. Hallando el contenido de humedad del agregado.....	69
Figura 14. Llevando la muestra de relave al horno.....	69
Figura 15. Peso unitario del agregado grueso	70
Figura 16. Peso unitario del agregado fino	70
Figura 17. Gravedad específica del agregado fino	72
Figura 18. Realizando el llenado de la muestra en la fiola	72
Figura 19. Peso del agregado grueso	72
Figura 20. Gravedad específica del agregado grueso	72
Figura 21. Limpieza de moldes para el vaciado de concreto	73

Figura 22. Realizando la mezcla del concreto	73
Figura 23. Realizando el vaciado de los moldes.....	74
Figura 24. Realizando el varillado en 3 capas	74
Figura 25. Probetas ya vaciadas.....	75
Figura 26. Rotura de probetas para hallar su resistencia	75
Figura 27. Con el técnico de laboratorio.....	77
Figura 28. Resultado de la resistencia a compresión	77
Figura 29. Probetas fracturadas por compresión	78

Introducción

En la actualidad la producción minera y de minerales genera gran cantidad de relaves sin precedentes en la historia de la humanidad, además estos residuos aumentan a través de los años y las políticas para mitigar el impacto ambiental no se hacen presentes. Es por ello que los lugares de disposición final de estos relaves crecen y ocupa espacios cada vez mayores, este problema se mitigara cuando existan tecnologías que aprovechen estos elementos como sustituyentes de otros elementos naturales, así generar menos contaminación. Existe un problema latente a causa de estos residuos generados por dicha industria y sobre la disposición final que genera daños irreversibles al medio ambiente que soporta cada año miles de millones de toneladas de desechos minerales en todo el mundo a través de la extracción de minerales y la extensión para el tratamiento primario y secundario es aproximadamente de 660 km², en donde se tratan más de 10 mil millones de toneladas, causando daños severos a la flora y fauna del ecosistema (Yi et al., 2009).

Además se busca procesar estos residuos y en ese sentido se presenta el proceso alternativo para minimizar los efectos ambientales nocivos de los relaves es utilizarlos como pasta cementada, que se utilizan para elaborar concretos de alto desempeño además de concretos para obras de ingeniería, esta aplicación de los relaves en pasta cementante es de gran utilidad para disminuir los costos del concreto y mitigar el impacto ambiental, es por ello que en el presente trabajo de investigación se realizó el estudio del efecto en la resistencia a la compresión al sustituir el cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado y para una mejor comprensión se realizó el estudio de los trabajos que antecedieron a la presente investigación, la fundamentación científica donde se plasmó las teorías relacionadas al tema, además de la realidad problemática que se tuvo para abordar la investigación.

Para ello se estudió a varios investigadores en el ámbito internacional tales como los investigadores Xu et al. (2020) en su artículo de investigación titulado *Propiedades mecánicas y estructura de poros del concreto con agregado reciclado elaborado con relaves de mineral de hierro y fibras de polipropileno*, para ello se plantearon como objetivo general evaluar el efecto que se produce al adicionar fibras de polipropileno y agregado reciclado que presenta relaves de mineral de hierro en las propiedades mecánicas del concreto, para ello utilizaron una metodología con un tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación experimental, para lo cual elaboraron 4 tipos de concretos diferentes (con agregados naturales, con agregados reciclados, con relaves de mineral de hierro y reforzados con polipropileno) . El refuerzo de las fibras de polipropileno lo adicionaron en 0,3%, 0,6%, 0,9% y 1,2%, para luego comparar con los 4 tipos de concretos elaborados. Para los análisis utilizaron la técnica de correlación de imágenes digitales, con ello obtuvieron como resultado que el concreto con 30% de agregados reciclados, 30% de residuos de relave de mineral de hierro y 0,6% fibras de polipropileno mejora las propiedades mecánicas del concreto experimental, llegando así a la conclusión que es factible elaborar concretos con relaves de mineral de hierro y fibras de polipropileno.

Según Saedi et al. (2020) en su artículo de investigación titulado *Una revisión sobre diferentes métodos de activación de relaves para mejorar su propiedad cementante como pasta cementada y reutilización*, para ello se plantearon como objetivo general estudiar las propiedades de los relaves mineros para la utilización en morteros y concretos, para ello utilizaron una metodología tipo aplicada con un diseño de investigación experimental, para ello elaboraron morteros con relaves mineros como sustituyente del cemento y analizaron las propiedades químicas y físicas de los relaves mineros, obtuvieron como resultado que la temperatura óptima para el proceso de activación fue de 800°C, la sustitución cemento por los relaves de carbón no debe exceder el 20% en masa, también determinaron que los compuestos tales como el SiO_2 y Al_2O_3 presentes en las activaciones térmicas sirve para la activación de los relaves de carbón pudieron reaccionar con $\text{Ca}(\text{OH})_2$, resultado de

la hidratación del cemento, y formar aluminato de calcio hidratado y calcio geles de silicato para aumentar la compresión del cemento además cuando realizaron la prueba del índice de actividad a los 28 días la resistencia a la compresión de los morteros experimentales alcanzaron el 78,99%, de lo cual llegaron a la conclusión que es factible reemplazar el relave minero como sustituyente del cemento Portland para la elaboración de morteros.

También Shettima et al. (2016) en su artículo de investigación titulado *Evaluación de relaves de mineral de hierro como reemplazo de agregado fino en concreto*, para ello se plantearon como objetivo general evaluar el efecto en las propiedades físicas y mecánicas del concreto al sustituir el agregado fino por relave de mineral de hierro, para ello utilizaron una metodología con tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación experimental, para lo cual se prepararon mezclas de concreto que se sustituyeron el 25%, 50%, 75% y 100% de relave de mineral de hierro por agregado fino y la relación de agua a cemento de 0.5, de donde obtuvieron como resultado que la resistencia a la tracción a la compresión y al fraccionamiento, módulo de ensayos de elasticidad indicaron que las propiedades mecánicas mejoran, de lo cual llegaron a la conclusión que es factible utilizar releve de mineral como reemplazo de agregado fino, con lo cual se genera sostenibilidad del medio ambiente disminuyendo el impacto ambiental al aprovechar los residuos provenientes de la industria minera.

En el ámbito nacional se estudió a investigadores tales como Rodríguez (2018) en su trabajo de investigación titulado *Influencia de la sustitución del agregado fino por relave minero en la resistencia a compresión y permeabilidad de un concreto de bajo tránsito, Parcoy – La Libertad – 2018*, para ello el autor se planteó un objetivo general determinar la influencia que se da a causa de la sustitución del agregado fino por relave minero en la resistencia a compresión, para ello utilizó una metodología con un tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación experimental, la muestra fue de 36 probetas de las cuales tuvo 9

patrones y 27 experimentales que sustituyó el agregado fino en 5%, 10% y 15% por relave minero. De lo cual obtuvo como resultados para una sustitución de 10% de agregado fino por relave minero presentó mejores propiedades físicas y mecánicas, en lo cual la resistencia a la compresión aumento a 110.07% y la permeabilidad del concreto se redujo a 51,61% eso con respecto al concreto patrón, llegó a la conclusión que es factible sustituir el agregado fino por un 10% de relave minero con lo que se mejora las propiedades mecánicas del concreto experimental.

Cáceres y Larico (2017) en su trabajo de investigación titulado *Evaluación de mezclas de concreto $f'c=175, 210$ y 245 kg/cm^2 con relave minero del distrito de Ananea - Putina - Puno, 2017*, el investigador en dicho trabajo tuvo como objetivo general determinar la influencia que tiene el relave minero en el diseño de mezcla de concreto con $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2, 210 \text{ kg/cm}^2$ y 245 kg/cm^2 , utilizo un tipo de investigación aplicada con un diseño de investigación experimental, complementándolo con los pasos y metodologías de la preparación de las muestras, como resultado obtuvo que la resistencia a la compresión de los distintos concretos para lo cual sometió a los concretos patrón y experimental donde la propiedad mecánica de resistencia más alta que obtuvo fue a los 28 días de curado, en la cual se presentó una resistencia para el concreto patrón de 182 kg/cm^2 y para los concretos experimentales se presentaron resistencias a la compresión de 218 kg/cm^2 y 210 kg/cm^2 para una adición de 3% y 6% de relave minero respectivamente en la mezcla, de lo que pudieron apreciar que para los concretos experimentales no se llega a la resistencia a la compresión de diseño, pero se puede adicionar el relave minero a la mezcla pues el rango de trabajo del concreto es aceptable, de lo que concluyeron que la resistencia a la compresión del concreto mejora las características mecánicas del concreto.

También Quichca (2016) en su trabajo de investigación titulado *Diseño de mezcla de concreto $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$ adicionando relave minero para tránsito ligero relavera Pacococha – P Virreyña – Castro Virreyña – Huancavelica*, el investigador

en dicho trabajo tuvo por objetivo general diseñar la dosificación adecuada de la mezcla para un concreto convencional $f'c=175\text{kg/cm}^2$ en el cual le adicionó relave minero para la aplicación para tránsito ligero. Para ello utilizó una metodología con tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación experimental, para lo cual utilizó dos diseños de mezcla el cual se diferenció de la adición de relave minero por agregado natural en un 50% que representa un menor costo y como resultado obtuvo que las propiedades mecánicas tal como la resistencia a la compresión fue en un intervalo de 90% hasta 110% respecto al concreto patrón, con lo llegó a la conclusión que al adicionar relave minero a la mezcla se mejora las propiedades mecánicas del concreto experimental.

En el ámbito local se estudió a investigadores tales como Fernández (2019) en su trabajo de investigación titulado *Resistencia mecánica de un concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con sustitución del 50% de cemento por relave minero, Distrito de Jangas, Huaraz – Ancash*, para ello se planteó como propósito general determinar la resistencia mecánica de un concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$ convencional que se sustituye el 50% del cemento por relave minero, para ello utilizó una metodología con un tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación experimental, teniendo como muestra 18 probetas de concreto patrón y experimental, utilizó la técnica de observación y el instrumento los registros de datos, con lo cual obtuvo como resultados que la resistencia a la compresión de $51,06\text{kg/cm}^2$ para el concreto experimental que fue sustituido el 50% del cemento por relave minero, este valor fue medido a los 28 días de curado, llegando a la conclusión que el relave minero es de utilidad para la sustitución por cemento en la mezcla, pero debe ser sustituido para porcentajes menores al 50% del cemento interviniente en la mezcla.

También según Calhua (2018) en su trabajo de investigación titulado *Resistencia de un concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ con cemento sustituido en 5%, 10% y 15% por relave de la mina Antamina*, para ello el autor se planteó como objetivo general determinar las propiedades mecánicas como la resistencia a compresión de

un concreto convencional $f'c=210\text{kg/cm}^2$ al sustituir el cemento en 5%, 10% y 15% del relave minero proveniente de la mina Antamina, para ello utilizó una metodología con un tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación experimental, para el experimento tuvo una muestra de 36 probetas de concreto, de las cuales 9 probetas fueron patrón y 27 fueron probetas experimentales, con lo que obtuvo como resultado que a los 28 días de curado se obtuvo una resistencia a la compresión de $230,52\text{kg/cm}^2$, $234,48\text{kg/cm}^2$ y $232,30\text{kg/cm}^2$ para los concretos experimentales sustituyendo el cemento en 5%, 10% y 15% por relave minero respectivamente. Por lo que llegó a la conclusión que al sustituir el cemento en 5%, 10% y 15% aumenta la resistencia a la compresión del concreto experimental.

Y por último Melgarejo (2018) en su trabajo de investigación titulado *Resistencia del concreto $F'C=210\text{ kg/cm}^2$ con sustitución del cemento en 4% y 8% por relave de la mina Potosí*, para ello la autora se planteó como objetivo general determinar la resistencia a compresión de un concreto $F'C=210\text{kg/cm}^2$ al sustituir el cemento en 4% y 8% por relave minero, para ello utilizó una metodología con un tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación experimental, utilizó para ello una muestra de 27 probetas de las cuales 9 probetas fueron de concreto patrón y 18 probetas fueron experimentales con sustitución de cemento en 4% y 8% por relave minero, la técnica fue la observación y el instrumento los formatos del laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos, de lo cual obtuvo como resultados a los 28 días de curado una resistencia a compresión de $209,92\text{kg/cm}^2$ para un concreto experimental con 4% de sustitución de cemento por relave minero y una resistencia a compresión de $207,03\text{kg/cm}^2$ para el concreto experimental, de lo cual llegó a la conclusión que es factible sustituir el cemento en 4% y 8% por relave minero para concretos convencionales con $F'C=210\text{kg/cm}^2$.

En este apartado se definen las teorías relacionadas al tema, tales como la resistencia a compresión, el relave minero y todos los elementos que intervienen en el diseño de un concreto para determinar el efecto de sustituir el cemento por relave

minero y agregado grueso por agregado reciclado, y además de la realidad problemática por lo que se aborda el trabajo de investigación.

Según Abanto (2013), definió al **concreto** como el material que está compuesto por una serie de elementos que se mezclan en cantidades establecidas en la normativa vigente, estos elementos pueden ser de origen natural y en algunos casos de origen artificial destacando algunos aditivos que generan las características clásicas del concreto. Este proceso se lleva a cabo desde un estado plastificante y que a través del tiempo se forma una estructura rígida y con propiedades que son aprovechables en las estructuras o edificaciones que se realizan en un determinado lugar, es así como el cemento y el líquido hidratador o agua reaccionan para formar esta pasta cementante que comúnmente se denomina concreto y muchas veces para mejorar estas características se adicionan o sustituyen aditivos a la mezcla y así poder convertirlo en un concreto de alto desempeño.

También afirmó que en la construcción de obras civiles, es común utilizar el concreto, ya sea convencional o de alto rendimiento, generando así mayores eficiencias respecto a otras mezclas cementantes que son utilizadas en diversas construcciones, que abarca los trabajos de fundiciones entre otras aplicaciones, siendo esta mezcla la que más se ajusta a las necesidades de la población, aunque este beneficio se ve afectado por que los elementos que lo constituyen son no renovables y no son sostenibles en el tiempo por su desmedido uso y su fácil explotación para su uso industrial. En ese mismo sentido Metha y Monteiro (1998), afirmaron que la reacción entre el agua y el cemento portland adicionado los agregados naturales y algunos aditivos dotan a esta mezcla de una propiedad mecánica llamada resistencia, también, esta mezcla presenta características de dureza así como de consistencia, la cual se relaciona con la estructura compleja del concreto.

Según Rivva (2007) y Harmsen (2005), afirmaron que la resistencia del concreto, es gobernada por algunos factores tales como la relación agua/cemento, agregado fino/cemento, agregado grueso/cemento y en algunos casos aditivos/cemento, las cuales apoyadas en las condiciones climatológicas, el tiempo de fraguado, y la dosificación del material cementante, contribuyen directamente a la resistencia del concreto, también esta propiedad mecánica se puede calcular matemáticamente dividiendo la fuerza de ruptura y el área presente en dicha fuerza, otorgando así la característica de presión, teniendo así concretos convencionales cuya resistencia comercial se presenta en un rango de 17 a 28 Megapascales y para concretos de alto rendimiento se presentan resistencias mayores a 28 Megapascales, las cuales son utilizadas para estructuras y pórticos que se desarrollan en diferentes obras civiles.

Además según Rivva (2007), afirmo que la relación existente que incide en la resistencia a compresión de un concreto ya sea patrón o experimental está dado por propiedades como la densidad, resistencia a la abrasión, resistencia a la tensión entre otros, es por ello que se debe realizar un diseño de mezcla de acuerdo a la carga que soportara dicho concreto, incluyendo un análisis de las características físicas y químicas de los elementos dan origen al concreto, además se debe realizar el estudio de la cantidad de aire infiltrado, el volumen de los vacíos presentes en el concreto ya que esto afecta directamente a las propiedades físicas y mecánicas del concreto, generando que la resistencia presente variaciones significativas.

Según Rivva (2007), afirmó que se debe indicar también que los ensayos y medición de resistencia del concreto es realizada a través de equipos estandarizados que presentan resultados confiables al ser manipulados por técnicos capacitados que siguen los procedimientos estándares regulados por la normativa ASTM, es por ello que se tiene precaución al elaborar el diseño de mezcla que origina el concreto a estudiar, para llevar a cabo estos procedimientos se moldea probetas cilíndricas y paralelepípedos (ladrillos de concreto), asimismo, se someten a compresión y se

determina la resistencia a la rotura del testigo, teniendo para ello el apoyo de las normas ASTM C31 y ASTM C 39, brindando así métodos estándar para dichos procedimientos.

Según Harmsen (2005), afirmo que para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto se debe tener en cuenta la edad del concreto, el cual se denomina tiempo de fraguado, es durante este tiempo que se tiene que hidratar el concreto para fortalecer las características físicas y mecánicas del concreto, siendo la propiedad más resaltante la resistencia a la compresión, medida por el endurecimiento del concreto, esta etapa es de gran importancia debido a que se evita la desecación de los compuestos químicos presentes en la mezcla, los más representativos son los hidróxidos metálicos y los óxidos metálicos que se da lugar en el Clinker, cuyo elemento es fundamental para el concreto, asimismo, en este intervalo de tiempo se puede encontrar al concreto viscoelástico – plástico caracterizado por una pequeña resistencia al corte y una elevada resistencia al corte respectivamente, del mismo modo, se presenta el fin de fraguado donde el concreto ya está endurecido y adquirió sus propiedades físicas y mecánicas finales las cuales clasifican al concreto de acuerdo a su resistencia.

Además según Harmsen (2005), afirmo que el proceso que se lleva a cabo para el curado del concreto es la actividad principal que se debe seguir para mantener hidratado hasta la saturación al concreto evitando así la pérdida de las propiedades físicas y mecánicas, y dotando de su resistencia característica de acuerdo al diseño de la mezcla, asimismo, con este proceso se dota al concreto de propiedades mecánicas altas, además de lograr estabilidad frente a las condiciones como la temperatura y la humedad, para se debe mantener los capilares llenos de agua, para evitar la evaporación excesiva de este concreto, evitando así la fractura y el no cumplimiento del estándar establecido en la normativa vigente, es así que se debe tener en cuenta las condiciones para llevar a cabo este proceso, destacando principalmente la temperatura cuyo factor es relevante para la velocidad de hidratación, siendo

directamente proporcional al aumento de temperatura, las cuales pueden ser mayores a 100°C. Asimismo, la temperatura más frecuente es 85°C, en el cual el concreto realiza o se somete a todo el proceso de curado, promoviendo así la hidratación adecuada del cemento.

Según la NTP 400.011, definió a los **agregados**, como elemento que es extraído de la fuente terrestre, el cual está compuesto por piedra y arena teniendo como característica, ser un recurso no renovable, siendo estos componentes fundamentales para la elaboración del concreto, con granulometría diferenciada por la dimensión de las partículas de acuerdo a la normativa ASTM, además deben cumplir los tamaños nominales máximos, la humedad y módulo de fineza, entre otros, asimismo, estos elementos deben aportar el 75% del volumen cubico del concreto elaborado, el cual debe regirse por la NTP 400.011. También la NTP 400.037, afirmo que las partículas retenidas en el tamiz N° 4, son consideradas como agregado grueso, las mismas que son originadas y extraídas de las rocas, como grava y piedra chancada, del mismo se tiene a las partículas que quedan retenidas en el tamiz 200 y que no es retenido por el tamiz 3/8”, el cual es comúnmente denominada agregado fino o arena.

Además según Céspedes (2003), definió a la **granulometría** como la secuencia de tamaños de malla que se somete al agregado natural, ya sea agregado grueso y agregado fino, y que se distribuye de forma uniforme y constante de todas las partículas, las cuales denotan la característica del agregado que se mezcla con la pasta cementante y algunos aditivos para darle dureza y resistencia al concreto, además de dar la propiedad de trabajabilidad del concreto elaborado, teniendo distintos factores que influyen directamente en dichas propiedades, estos factores que cumplen la NTP 400.037, los cuales pueden ser el área superficial, el volumen, la segregación y el tamaño máximo nominal de los agregados ya sean naturales o artificiales que contribuyen a modificar las propiedades mecánicas del concreto patrón o experimental elaborado.

También es necesario definir al **relave**, según Rojas (2007), lo definió como el residuo proveniente del procesamiento y transformación de los recursos naturales que se trabajan en la minería formal o informal, estos residuos o “wastes” son acumulados en pozas de recepción de relave para su tratamiento y así evitar la contaminación ambiental del suelo a causa de la mala manipulación de estos contaminantes que involucra metales pesados, en el cual sus principales características físicas son muy variadas dependiendo del tipo de mineral explotado en la mina que da origen a este residuo, así mismo se debe tener en cuenta el tipo de proceso y el tratamiento posterior que se le da a este elemento, puede ser un tratamiento primario, secundario y terciario dependiendo de la tecnología y las regulaciones del estado en donde se realiza la explotación y por último pero no menos importante la característica que diferencia al relave son los ensayos granulométricos que presenta y sus propiedades químicas que es inherente a cada tipo de relave minero.

Y por último el **agregado reciclado**, según ECCO (1999), definió que el agregado reciclado es obtenido del proceso de demolición o refacción que se da en las obras civiles y que genera como un residuo que daña el ornato de la ciudad, agota los agregados naturales y artificiales, es así que a través de procesos de tratamiento de dichos residuos agregados de demolición, se puede obtener agregado grueso, agregado fino para que se incluya en la mezcla para la elaboración de concretos experimentales que pueden ser utilizados en obras de pavimentación, cercos perimétricos, entre otros, así mismo se puede utilizar en sub bases, sub rasantes, etc y al presentar la absorción hace que varíen las propiedades físicas y mecánicas del concreto experimental respecto al concreto patrón, pero si puede presentar características similares a la resistencia a los climas extremos como el deshielo y congelación, los cuales lo convierten en un concreto utilizado y además amigable con el medio ambiente que le da un valor agregado a su uso comerciales en las obras civiles.

La realidad problemática, El concreto ha sido estudiado a nivel internacional en sus diversas formas de presentación estructural, se ha estudiado la resistencia del concreto cuando en sus componentes se han sustituido diversos cuerpos con finalidad de determinar en qué medida estos cuerpos aumentan o disminuyen la resistencia a la compresión, así mismo se ha buscado con esta sustitución aminorar los costos de producción del concreto. La determinación de las resistencias del concreto ante la sustitución de porcentajes de materiales adicionados ha constituido siempre un problema para los diseñadores de concreto. La sustitución de relave y agregado reciclado en el concreto en porcentajes es un tipo de diseño de concreto que se no se han aplicado con mucha frecuencia, por lo tanto la determinación de la resistencia a la compresión del concreto ha constituido una necesidad de cálculo con la finalidad de si el concreto puede ser usado sin alterar las características mínima de fuerza de compresión del concreto, es por ello que con la presente investigación se busca determinar la resistencia a la fuerza de la compresión del concreto diseñado como concreto simple de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, cuando en este diseño es sustituido por relave y agregado reciclado.

De lo anterior y según Hernández et al. (2014) afirman que toda investigación debe presentar distintas razones fundamentales que motiven al investigador a efectuar un propósito definido con fuertes motivos que justifiquen la realización del trabajo en estudio y así se comprendido de una forma teoría, epistemológica, práctica y metodológica; estos razones y motivos de justificación deben contribuir a la solución de un problema o a la generación de un conocimiento inédito y a veces completamente nuevo que sea conveniente para la solución de un problema, además debe presentar una amplia relevancia social, es por ello de la importancia de la justificación del presente trabajo de investigación

Es por ello que el presente trabajo se justifica a nivel **científico** es decir la investigación brindara conocimientos solidos sobre el uso del agregado reciclado y la reutilización del relave del depósito minero, y mitigar hasta reducir el volumen de la

cancha de relave. Es útil porque se establecerá una metodología del procedimiento experimental para la elaboración de concreto el cual será utilizado en obras de construcción, teniendo como materia prima al relave y el agregado reciclado y para ello se utilizara el método científico con una aplicación de los conocimientos teóricos y la solución de un problema real.

A nivel **social** el presente trabajo de investigación mejorara las condiciones de uso de los relaves mineros y los residuos reciclados, y con ello ayudara a la sociedad a tener estudios más detallados y así proponer a la municipalidad a cumplir con la reutilización de dichos componentes y con ello contribuir a la utilización de dichos residuos contaminantes.

A nivel **económico** el presente investigación formulara una propuesta económica para las obras de construcción con material reciclado de menor costo. El relave minero del distrito de Ticapampa, causa una gran pérdida económica al distrito, debido al alto costo de mantenimiento de la cancha de relave minero.

A nivel **ambiental** el presente trabajo de investigación Contribuirá con la minimización de los problemas de contaminación ambiental actuales en nuestra región, así mismo con la reducción del calentamiento global.

De lo anterior se planteó el problema de investigación ¿Cuál es el efecto de la sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10% en la resistencia a compresión del concreto $f^c = 175\text{kg/cm}^2$?, y para ello se planteó hipótesis la sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10% mejora la resistencia a compresión del concreto $f^c=175\text{kg/cm}^2$, de lo cual se tuvo el siguiente objetivo general Determinar el efecto de la sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10% en la resistencia del concreto $f^c = 175\text{kg/cm}^2$, de donde se desprendieron

los objetivos específicos, tales como Caracterizar el relave y el agregado reciclado que serán utilizados en el concreto experimental. Diseñar la mezcla del concreto patrón y experimental con la sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10%, Determinar la resistencia a compresión del concreto patrón y experimental a los 7, 14 y 28 días de curado y Evaluar el efecto de sustituir cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10% en la resistencia a la compresión $f'_c = 175\text{kg/cm}^2$.

Metodología

Tipo y diseño de investigación

El **tipo de investigación** lo definieron Hernández et al. (2014), como básica y aplicada, dentro de la cual la investigación de tipo aplicada es la utilización de las teorías y fundamentos de una determinada materia para la solución de un problema real, es por ello que el presente trabajo de investigación es del tipo de investigación **aplicada**.

Según Carrasco (2013), definió al **diseño de investigación** como las etapas secuenciales que se llevan a cabo para obtener resultados verificables y que además el investigador manipulo las variables para diseños experimentales, es por ello que el presente trabajo de investigación presento un diseño de investigación **experimental**, Para el análisis de los resultados se realizó a través de un diseño en bloque completamente al azar, con la comparación de un patrón. Esto se puede observar en la tabla

Tabla 1

Diseño experimental con un DBCA para las resistencias del concreto

Tiempo de edad	Sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado		
	0%	5%	10%
7 días	R11	R12	R13
	R11	R12	R13
	R11	R12	R13
14 días	R21	R22	R23
	R21	R22	R23
	R21	R22	R23
28 días	R31	R32	R33
	R31	R32	R33
	R31	R32	R33

Nota: Elaboración propia, basada en el método del proyecto.

Tabla 2

Operacionalización de variables

VARIABLE (S)	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Variable Dependiente	Es la propiedad mecánica que se utiliza para diseñar concreto usado en diferentes tipo de obras.	Es una medida en unidades de kilogramos - fuerza por pulgadas cuadradas (PSI) o en mega pascales (SI), que se utiliza para diseñar concreto.	kg/cm2
La resistencia a la compresión del concreto.			
VARIABLES Independiente	Se apoya en el estudio de distintas muestras mediante su análisis en laboratorio y brinda un resultado objetivo que puede ser cuantitativo o cualitativo (positivo o negativo).	Es la sustitución de cemento por relave minero en un 5% y 10% en el diseño del concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$.	Porcentaje
Sustitución del cemento por relave minero			
Sustitución del agregado grueso por agregado reciclado	Se apoya en el estudio de la muestra mediante su análisis en laboratorio y brinda un resultado objetivo que puede ser cuantitativo o cualitativo (positivo o negativo).	Es la sustitución de agregado grueso por agregado reciclado en un 5% y 10% en el diseño del concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$.	Porcentaje

Tabla 3

Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS	HIPOTESIS GENERAL	MARCO TEORICO
¿Cuál es el efecto de la sustitución de cemento por relave y agregado por agregado reciclado en 5% y 10% en la resistencia a compresión del concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$?.	OBJETIVO GENERAL Determinar el efecto de la sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en un 5% y 10% en la resistencia del concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$.	La sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10% mejora la resistencia a compresión del concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$.	Relave Minero Características de los Relaves: 1. Propiedades físicas 2. Propiedades químicas Agregado Reciclado 1. Propiedades físicas . Contenido de humedad . Análisis granulométrico . Peso específico . Contenido de absorción . Densidad aparente
	OBJETIVOS ESPECIFICOS 1. Caracterizar el relave y el agregado reciclado que serán usados en el concreto experimental. 2. Diseñar la mezcla del concreto patrón y experimental con la sustitución de cemento por relave minero y agregado grueso por reciclado. 3. Determinar la resistencia a la compresión del concreto patrón y experimental a los 7, 14 y 28 días de curado.		

Nota: Elaboración propia

Población, muestra y muestreo

Según Hernández et al. (2014), definieron a **la población** como el conjunto de las características de la unidad de análisis que pertenece al objeto de estudio, además dichos elementos deben ser finitos o infinitos y que presente similitudes entre ellos. Es por ello que la población del presente trabajo de investigación tuvo como población al conjunto de probetas con un diseño de concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$. El Relave se obtuvo de la relavera Alianza, que se encuentra en el distrito de Ticapampa, Provincia de Recuay. El agregado reciclado fue obtenido del chancado de las probetas que se encuentran en la misma universidad en la ciudad de Huaraz.

Según Tamayo y Tamayo (2006), definieron a la muestra como el conjunto particular de elementos que se extrajo de la población y que fue representada adecuadamente todas las características relevantes de la población para la investigación, es por ello que en el presente trabajo de investigación se utilizó como muestra lo que indica el reglamento NTP 334.051-2006 donde señala que se debe preparar (3) o más muestras, que estuvo constituida por 27 probetas de concreto con un diseño de $f'c = 175 \text{ kg/cm}$. 9 probetas para 0% de relave y agregado reciclado, 9 probetas para la sustitución del 5% de relave por cemento y agregado grueso por agregado reciclado, y finalmente 9 probetas para sustituir el 10% de relave por cemento y agregado reciclado por agregado grueso. Para el muestreo se realizó a través de un muestreo no probabilístico por conveniencia de acuerdo a los fines de la investigación

Técnicas e instrumentos de investigación

Las técnicas e instrumentos de investigación que se utilizó para la recolección de los datos que permitió determinar el efecto que tiene la sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10% en la resistencia del concreto. Estas técnicas e instrumentos que se utilizaron para lograr ese objetivo se especifica en la Tabla 4.

Tabla 4

Técnicas e instrumentos de investigación

Variable	Técnica	Instrumentos	Fuente
Relave agregado reciclado	Investigación y bibliográfica	Ficha Bibliográfica	Bibliotecas físicas y virtuales
	Observación	Fichas de laboratorio	de Encargado del laboratorio
Resistencia del concreto $f'_c = 175\text{kg/cm}^2$	Observación	Formatos de laboratorio	de Encargado del laboratorio
	Investigación bibliográfica	Ficha Bibliográfica	Bibliotecas físicas y virtuales

Nota: Elaboración propia, basado en el método del proyecto.

Procesamiento y análisis de la información

Para el presente trabajo de investigación se utilizó el software SPSS v. 25, para el análisis de los datos recolectados en campo. Además para una mejor comprensión de los resultados se utilizó la estadística descriptiva, la cual nos permitió recopilar, procesar la información e interpretarla sistemáticamente en tablas estadísticas básicas para verificar el porcentaje de sustitución que fueron más incidentes, además para visualizar mejor el comportamiento de las variables se construyeron gráficos que se describieron fácil y rápidamente las características esenciales de dichos datos como: gráficos de barras, diagrama circular, histograma de frecuencias y para la comprobación de la hipótesis se utilizó la estadística inferencial.

Resultados

Caracterización del relave y el agregado reciclado que serán utilizados en el concreto experimental.

Para la caracterización del relave minero se realizó los análisis de peso específico aparente, pH y el análisis de fluorescencia de rayos – X dispersiva en energía (FRXDE), para el análisis químico (Ver Anexo 1)

Para la caracterización del agregado reciclado se realizó diferentes ensayos para lo cual se inició el proceso recolectando la muestra de los botaderos y se transportó al laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimento de la Universidad San Pedro, dentro de los ensayos se realizó la granulometría, el contenido de humedad, peso unitario varillado, peso unitario suelto, gravedad específica y absorción. Estos ensayos se resumen en la tabla 5. Para los ensayos ver Anexo 2.

Tabla 5

Ensayos realizados al agregado reciclado

Tipo de ensayo	Valor reportado
Contenido de humedad	0,85%
Tamaño máximo nominal	1”
Peso específico aparente	2,60
Absorción	9,38%
Peso unitario suelto	1318,77kg/m ³
Peso unitario varillado	1420,83kg/m ³

Nota: Elaboración propia, basado en los ensayos reportados por el Laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos.

Diseño de la mezcla del concreto patrón y experimental con la sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10%.

Para el diseño de mezcla se analizó todos los elementos que influyen en la elaboración del concreto patrón y experimental tales como los agregados naturales, el agregado grueso reciclado y el relave minero, estos dos últimos elementos ya fueron analizados. Todos estos componentes deben cumplir las normas de calidad y ajustarse al método A.C.I, entre los ensayos realizados a estos elementos tenemos a la granulometría, contenido de humedad, peso específico aparente, absorción, peso unitario suelto y peso unitario compactado, entre otros. Dichos datos se puede apreciar en la tabla 5 (Ver anexo 2).

Tabla 6

Ensayos realizados a los agregados naturales y aditivos

Tipo de ensayo	Valor reportado		
	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado reciclado
Contenido de humedad	4,90%	0,73%	0,85%
Tamaño máximo nominal	#4	1"	1"
Módulo de fineza	2,6	---	---
Peso específico aparente	2,70	2,13	2,60
Absorción	1,04%	0,83%	9,38%
Peso unitario suelto	1655kg/m ³	1482kg/m ³	1318,77kg/m ³
Peso unitario varillado	1836kg/m ³	1584kg/m ³	1420,83kg/m ³

Nota: Elaboración propia, basado en los ensayos reportados por el Laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos.

Como se puede apreciar en la tabla 7, se cumplió la norma A.C.I, para el diseño de la mezcla con la que se elaboró las probetas cilíndricas de un volumen de

0,0053014m³, teniendo en cuenta las pérdidas de la mezcla en cada operación para las 9 probetas de concreto patrón $f'c=175\text{kg/cm}^2$ y las 18 probetas de concreto experimental elaboradas a base de la sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10%, cuyas dimensiones son de 30 cm de altura y un diámetro de 15 cm.

Tabla 7

Diseño de mezcla de la probeta patrón y experimental

Probeta de concreto	Relación C/C:A/C:AF/C:AG/C:(R M+AGR)* /C	Cantidad materiales para 9 probetas				
		Cemen to (kg)	Agu a (l)	Agrega do Fino (kg)	Agregad o grueso (kg)	(RM+AG R)* (kg)
Patrón	1 : 0,57 : 1,67 : 3,57 : ----	14,70	8,35	24,48	52,53	----
Experime ntal 5%	1 : 0,57 : 1,75 : 3,39 : 0,43	13,96	8,01	24,48	47,28	5,98
Experime ntal 10%	1 : 0,59 : 1,75 : 3,20 : 0,62	13,96	8,19	24,48	44,65	8,61

(*) Es la combinación de relave minero y agregado grueso reciclado

Nota: Elaboración propia, basado en los ensayos reportados por el Laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos.

Determinación de la resistencia a compresión del concreto patrón y experimental a los 7, 14 y 28 días de curado.

Para la determinación de la resistencia a compresión del concreto patrón y experimental los cuales estuvieron elaborados a partir de la sustitución del cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10%, para la medición de la resistencia a compresión se realizó a la edad de 7, 14 y 28 días en los cuales se llevó a cabo la rotura de las probetas de concreto patrón y experimentales. Los

valores reportados en de dichas lecturas se observa en la tabla 6. Para las pruebas de resistencia a la compresión.

Para las resistencias de los días de curado, se trabajó con el promedio de las resistencias a compresión de la probeta patrón y experimental en el cual se ha sustituido el cemento por relave y el agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10%. El promedio de la resistencia para los días de curado se puede observar en la tabla 8.

Tabla 8

Resistencia a la compresión de probetas por triplicado patrón y experimental

Tiempo de edad	Sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado		
	0%	5%	10%
	117,3kg/cm ² (*)	136,5kg/cm ² (*)	172,7kg/cm ² (*)
7 días	107,3	124,4	156,5
	120,9	133,3	147
	139,7	156,7	172,7
14 días	146,3	154,5	168,3
	136,4	147	167,3
	176,4	182,8	192,8
28 días	183	191,7	189,9
	181,3	189,9	198,8

(*) Resistencia a la compresión a las condiciones de sustitución y días de curado

Nota: Elaboración propia, basado en los ensayos reportados por el Laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos.

En la tabla 9, se puede observar que el promedio de la resistencia a la compresión a los 28 días de curado es superior a la resistencia del concreto de diseño de 175kg/cm², esto tanto para el concreto patrón y experimental.

Tabla 9

Resistencia a la compresión promedio de probetas patrón y experimental

Tiempo de edad	Sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado		
	0%	5%	10%
7 días	115,17 kg/cm ² (*)	131,40 kg/cm ² (*)	158,73 kg/cm ² (*)
14 días	140,80	152,73	169,43
28 días	180,23	188,13	193,83

(*) Resistencia a la compresión a las condiciones de sustitución y días de curado.

Nota: Elaboración propia, basado en los ensayos reportados por el Laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos.

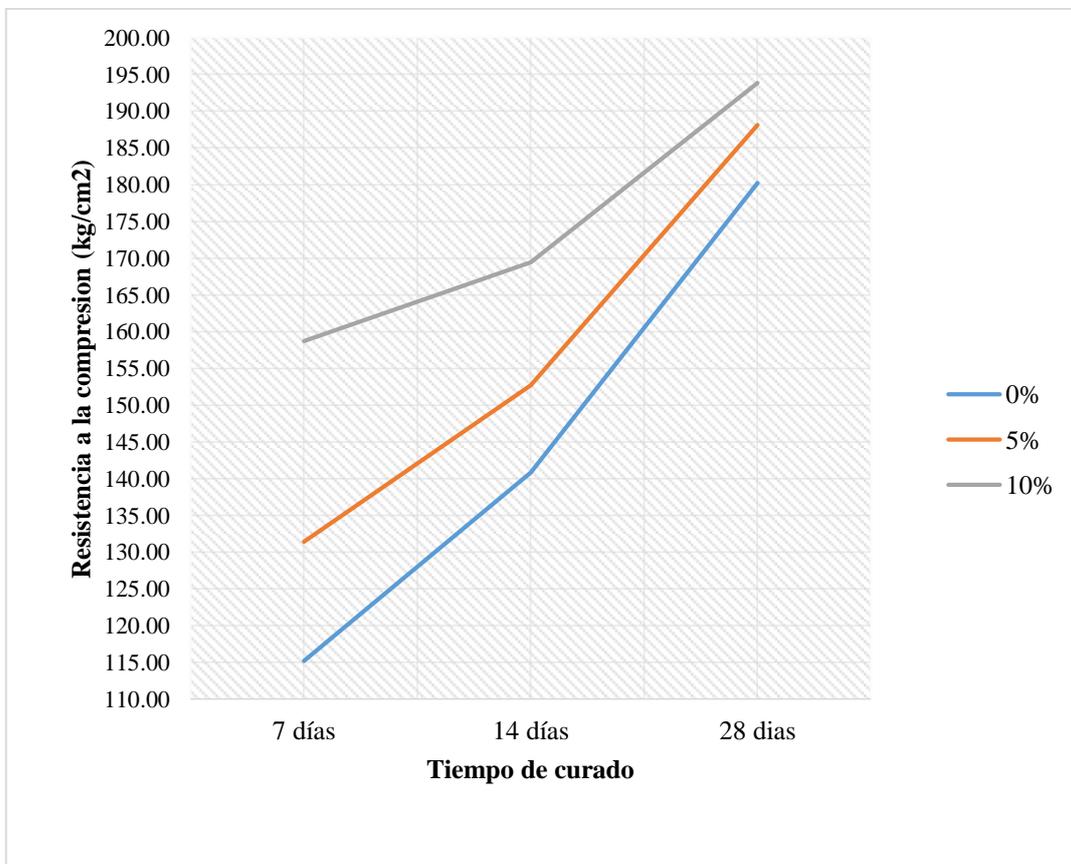


Figura 1. Resistencia a la compresión respecto al tiempo de curado

En la figura 1, se observa el comportamiento de la resistencia promedio de la probeta patrón y experimentales. Para ello se tiene una máxima resistencia promedio de $193,83\text{kg/cm}^2$, el cual pertenece a la probeta de concreto experimental elaborado con 10% sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado, para el concreto experimental elaborado a partir de la sustitución del 5% de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado $188,13\text{kg/cm}^2$, este comportamiento se da en a cualquier edad del concreto.

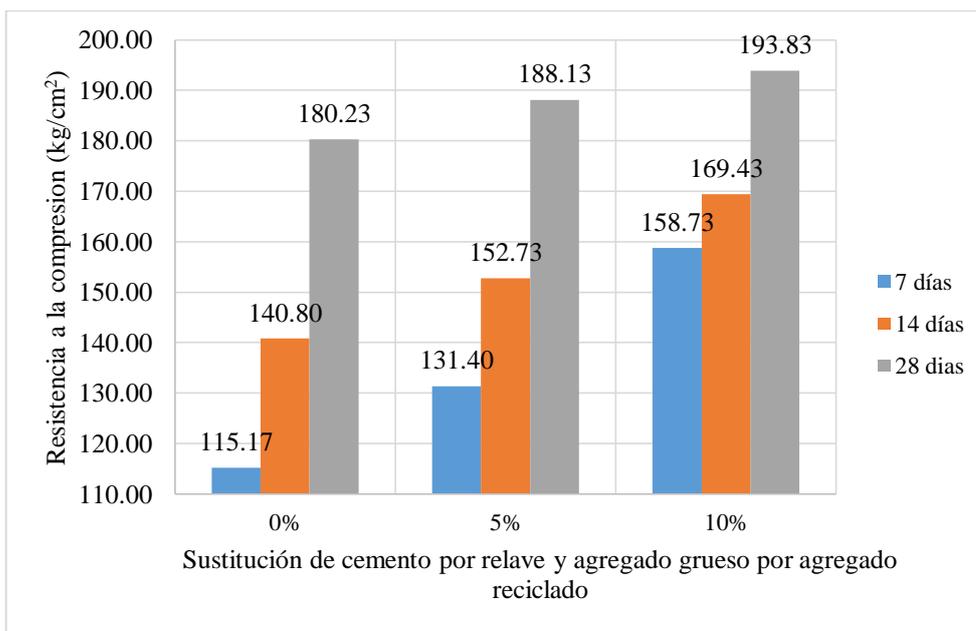


Figura 2. Resistencia a la compresión promedio de las probetas patrón y experimental

En la figura 2, se observa que al aumentar la sustitución del cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en ese mismo sentido aumenta la resistencia a compresión del concreto experimental, en el cual se presentan aumentos de 107,50% y 110,76% respecto al concreto de diseño $f'c=175\text{kg/cm}^2$.

Evaluación del efecto de sustituir cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10% en la resistencia a la compresión $f'_c = 175\text{kg/cm}^2$.

Para la evaluación del efecto de sustituir el cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10% se utilizó el software SPSS v.25, para lo cual se realizó un análisis del diseño en bloque completamente al azar (DBCA), para ello realizo una matriz de resistencias a la compresión del concreto patrón y experimental (Ver anexo 4), se planteó un modelo para el diseño en bloques completos totalmente al azar, como se muestra a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}; i = 1, 2, 3 \text{ y } j = 1, 2, 3.$$

Donde:

Y_{ij} : Resistencia a compresión de la probeta patrón y experimental medido con la sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado i , y el tiempo de curado j .

μ : Resistencia a compresión media de la probeta patrón y experimental

α_i : Efecto medio adicional sobre la resistencia a compresión media de la probeta patrón y experimental, debido a la sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado i .

β_j : Efecto medio adicional sobre la resistencia a compresión media de la probeta patrón y experimental, debido a los días de curado j .

ε_{ij} : Error aleatorio atribuible a la medición de la resistencia a compresión de la probeta Y_{ij} .

Para la prueba de hipótesis se planteó el modelo siguiente:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3;$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2; \text{ para algún } i \neq j$$

Para la prueba de hipótesis, se realizó la prueba del estadístico de Levene, en el cual se obtuvo una potencia o significancia de $0,181 > 0,05$, para la resistencia a

compresión de la probeta que se basa en la media, y una significancia de $0,748 > 0,05$ para la resistencia a compresión de la probeta que se basa en la mediana, al cumplirse esta condición no hay motivos para decir que las medias de las resistencias a la compresión de la probeta patrón y experimental son diferentes. En la tabla 10, se ha resumido los resultados.

Tabla 10

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^{a,b}

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia a compresión de la probeta	Se basa en la media	1,646	8	18	,181
	Se basa en la mediana	,623	8	18	,748
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,623	8	9,659	,742
	Se basa en la media recortada	1,555	8	18	,207

a. Variable dependiente: Resistencia a compresión de las probetas

b. Diseño: Intersección + Edad + Sustitución + Edad * Sustitución

Nota: SPSS v.25

Para la significancia estadística del factor y el bloque se ha realizado una prueba inter – sujetos de donde se obtuvo que la sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10% afecta significativamente en la resistencia a la compresión de la probeta, pues $p = 0,000 < 0,05$, lo cual se debe tener en cuenta para el diseño de la resistencia a compresión de la probeta de concreto. Esto se puede apreciar en la tabla 11.

Tabla 11

Pruebas de efectos inter – sujetos

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Parámetro sin centralidad	Potencia observada ^a
Modelo corregido	17026,479 _a	8	2128,310	51,513	,000	412,104	1,000
Intersección	682078,295	1	682078,295	16508,847	,000	16508,847	1,000
Edad	12596,770	2	6298,385	152,444	,000	304,889	1,000
Sustitución	3711,950	2	1855,975	44,922	,000	89,843	1,000
Edad * Sustitución	717,759	4	179,440	4,343	,012	17,372	,848
Error	743,687	18	41,316				
Total	17026,479 _a	8	2128,310	51,513	,000	412,104	1,000
Total corregido	682078,295	1	682078,295	16508,847	,000	16508,847	1,000

a. R al cuadrado = ,958 (R al cuadrado ajustada = ,940)

b. Se ha calculado utilizando Alpha = .05

Nota: SPSS v.25

En la tabla 10, se realizó la comparación por parejas de la sustitución del cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 0%, 5% y 10% obteniendo en cada caso valores menores a 0,05 lo cual indica que existe diferencia significativa entre la resistencia a compresión del patrón y experimentales.

Tabla 12

Comparación por parejas del porcentaje de sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado

(I) Sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado	(J) Sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
					Límite inferior	Límite superior
0%	5%	-12,022*	3,030	,001	-18,388	-5,656
	10%	-28,600*	3,030	,000	-34,966	-22,234
5%	0%	12,022*	3,030	,001	5,656	18,388
	10%	-16,578*	3,030	,000	-22,944	-10,212
10%	0%	28,600*	3,030	,000	22,234	34,966
	5%	16,578*	3,030	,000	10,212	22,944

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

Nota: SPSS v.25

En la tabla 13, se realizó la comparación por parejas de los días de curado de las probetas patrón y experimentales elaboradas a base de la sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 0%, 5% y 10% obteniendo en cada caso valores menores a 0,05 lo cual indica que existe diferencia significativa entre la resistencia a compresión del patrón y experimentales respecto a los días de curado.

Tabla 13

Comparación por parejas del tiempo de curado para el concreto patrón y experimental

(I) Edad	(J) Edad	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
					Límite inferior	Límite superior
7 Días	14 Días	-19,222*	3,030	,000	-25,588	-12,856
	28 Días	-52,300*	3,030	,000	-58,666	-45,934
14 Días	7 Días	19,222*	3,030	,000	12,856	25,588
	28 Días	-33,078*	3,030	,000	-39,444	-26,712
28 Días	7 Días	52,300*	3,030	,000	45,934	58,666
	14 Días	33,078*	3,030	,000	26,712	39,444

* La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

Nota: SPSS v.25

Análisis y discusión

En la actualidad las empresas que se dedican al rubro de elaboración y diseño de concretos tratan de optimizar los costos de la producción, dependiendo del uso del concreto se ha realizado diferentes ensayos para tratar de sustituir el cemento y los agregados naturales, en ese sentido constantemente buscan formas de innovar para elaborar estos elementos, además tratan de tener menor huella de carbono para cuidar el medio ambiente, es por ello que utilizan residuos que contaminan en ambiente para elaborar concretos y aumentar la resistencia a compresión o mejorar las propiedades físicas del concreto, es por ello que de los resultados obtenidos se puede afirmar que el efecto de la sustitución del cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10% aumenta la resistencia a la compresión $f'_c=175 \text{ kg/cm}^2$, estos resultados fueron comparados con los investigadores Xu et al. (2020) en su artículo de investigación titulado *Propiedades mecánicas y estructura de poros del concreto con agregado reciclado elaborado con relaves de mineral de hierro y fibras de polipropileno*, para lo cual elaboraron 4 tipos de concretos diferentes (con agregados naturales, con agregados reciclados, con relaves de mineral de hierro y reforzados con polipropileno, con ello obtuvieron como resultado que el concreto con 30% de agregados reciclados, 30% de residuos de relave de mineral de hierro y 0,6% fibras de polipropileno mejora las propiedades mecánicas del concreto experimental, llegando así a la conclusión que es factible elaborar concretos con relaves de mineral de hierro y fibras de polipropileno.

En cuanto a la caracterización de los agregados reciclados y el relave que se utilizó en la mezcla de los concretos experimentales, para ello se utilizó análisis tales como la granulometría, módulo de fineza, peso unitario suelto, compacto, absorción, entre otros, estas características se realizaron en el trabajo del investigador Fernández (2019) en su trabajo de investigación titulado *Resistencia mecánica de un concreto $f'_c=175\text{kg/cm}^2$ con sustitución del 50% de cemento por relave minero, Distrito de Jangas, Huaraz – Ancash*, con lo cual obtuvo como resultados que la resistencia a la compresión de $51,06\text{kg/cm}^2$ para el concreto experimental que fue sustituido el 50%

del cemento por relave minero, este valor fue medido a los 28 días de curado, llegando a la conclusión que el relave minero es de utilidad para la sustitución por cemento en la mezcla, pero debe ser sustituido para porcentajes menores al 50% del cemento interviniente en la mezcla.

En cuanto al diseño de la mezcla para el concreto patrón y experimental elaborado a partir de la sustitución del cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10% se tuvo en cuenta todas las características de acuerdo al método A.C.I para lo cual se realizó todos los cálculos de la relación de agua/cemento, agregado fino/cemento y aditivo/cemento, estos resultados y análisis coincidieron con el investigador Melgarejo (2018) en su trabajo de investigación titulado *Resistencia del concreto $F'C=210$ kg/cm² con sustitución del cemento en 4% y 8% por relave de la mina Potosí*, de lo cual obtuvo como resultados a los 28 días de curado una resistencia a compresión de 209,92kg/cm² para un concreto experimental con 4% de sustitución de cemento por relave minero y una resistencia a compresión de 207,03kg/cm² para el concreto experimental, de lo cual llego a la conclusión que es factible sustituir el cemento en 4% y 8% por relave minero para concretos convencionales con $F'C=210$ kg/cm².

Con respecto a la determinación de la resistencia a la compresión del concreto patrón y experimental se realizó a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniéndose para el concreto patrón una resistencia a compresión promedio de 180,23kg/cm² y para los concretos experimentales fue de 188,13kg/cm² y 193,83kg/cm² esto a los 28 días de curado por el trabajo del concreto, la resistencia a la compresión promedio de los concretos experimentales fue mayor al concreto patrón, esto coincidió con los resultados obtenidos por el investigador Calhua (2018) en su trabajo de investigación titulado *Resistencia de un concreto $f'c=210$ kg/cm² con cemento sustituido en 5%, 10% y 15% por relave de la mina Antamina*, para ello el autor se planteó como objetivo general determinar las propiedades mecánicas como la resistencia a compresión de un concreto convencional $f'c=210$ kg/cm² al

sustituir el cemento en 5%, 10% y 15% del relave minero proveniente de la mina Antamina, con lo que obtuvo como resultado que a los 28 días de curado se obtuvo una resistencia a la compresión de $230,52\text{kg/cm}^2$, $234,48\text{kg/cm}^2$ y $232,30\text{kg/cm}^2$ para los concretos experimentales sustituyendo el cemento en 5%, 10% y 15% por relave minero respectivamente. Por lo que llegó a la conclusión que al sustituir el cemento en 5%, 10% y 15% aumenta la resistencia a la compresión del concreto experimental.

Con respecto a la evaluación de la influencia de sustituir el cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10% se realizó un análisis estadístico inferencial a la resistencia a compresión de las probetas patrón y experimental utilizando para ello el software SPSS v.25, dando como resultado que la sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado tiene significancia estadística en el diseño del concreto, esto fue comparado y coincidió con los autores Cáceres y Larico (2017) en su trabajo de investigación titulado *Evaluación de mezclas de concreto $f'c=175, 210$ y 245 kg/cm^2 con relave minero del distrito de Ananea - Putina - Puno, 2017*, el investigador en dicho trabajo tuvo como objetivo general determinar la influencia que tiene el relave minero en el diseño de mezcla de concreto con $f'c = 175\text{ kg/cm}^2$, 210 kg/cm^2 y 245 kg/cm^2 , como resultado obtuvo que la resistencia a la compresión de los distintos concretos para lo cual sometió a los concretos patrón y experimental donde la propiedad mecánica de resistencia más alta que obtuvo fue a los 28 días de curado, en la cual se presentó una resistencia para el concreto patrón de 182 kg/cm^2 y para los concretos experimentales se presentaron resistencias a la compresión de 218 kg/cm^2 y 210kg/cm^2 para una adición de 3% y 6% de relave minero respectivamente en la mezcla, de lo que pudieron apreciar que para los concretos experimentales no se llega a la resistencia a la compresión de diseño, pero se puede adicionar el relave minero a la mezcla pues el rango de trabajo del concreto es aceptable, de lo que concluyeron que la resistencia a la compresión del concreto mejora las características mecánicas del concreto.

Conclusiones

Para la sustitución del cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10% tiene una influencia positiva en las propiedades mecánicas del concreto experimental, lo cual es muy beneficioso para las constructoras del lugar de impacto y para los pobladores pues esta influencia tendrá un impacto directo en los costos de construcción de algunas obras de ingeniería y cuidará el medio ambiente de la contaminación a causa del relave y los agregados reciclados o escombros de construcción.

La caracterización de todos los elementos o componentes que se necesitan para la dosificación del diseño de la mezcla para la elaboración del concreto patrón y experimental, son importantes porque se debe a estos elementos la resistencia a la compresión del concreto, dentro de los análisis se realizó el análisis de fluorescencia de rayos – X dispersiva en energía (FRXDE), incineración y análisis de pH para el relave minero y la granulometría, el contenido de humedad, peso unitario varillado, peso unitario suelto, gravedad específica y absorción para el agregado reciclado.

El diseño de la mezcla fue realizado en base a todos los componentes necesarios para elaborar los concretos patrón y experimental de acuerdo al método A.C.I. para lo cual se tuvo para el patrón una relación de agua/cemento de 0,57 y para las probetas experimentales elaborados a base de la sustitución del cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado en 5% y 10% se tuvo una relación de agua/cemento de 0,57 y 0,59 respectivamente, también la relación agregado fino/cemento para el concreto patrón fue de 1,67 y para los concretos experimentales fueron de 1,75 para ambos casos, la relación de agregado grueso/cemento fue de 3,57, 3,39 y 3,20 respectivamente para el patrón y experimental y la relación del aditivo/cemento fue de 0,43 y 0,62 respectivamente el concreto experimental elaborado a base de la sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado.

La resistencia a la compresión promedio del concreto patrón a los 28 días fue de $180,23\text{kg/cm}^2$ y para las probetas de concreto experimentales elaborados a base de la sustitución del cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado se tuvo una resistencia a la compresión promedio de $188,13\text{kg/cm}^2$ y $193,83\text{kg/cm}^2$, estas resistencias se determinaron a los 28 días de curado.

La influencia que genera al sustituir el cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado es que mejora la propiedad mecánica como es la resistencia a la compresión del concreto experimental, la cual presento un en el cual se presentan aumentos de 107,50% y 110,76% respecto al concreto de diseño $f'c=175\text{kg/cm}^2$, para los concretos experimentales a base de sustitución de cemento por relave y agregado grueso por agregado reciclado, estas resistencias a la compresión promedio se realizó a los 28 días de curado.

Recomendaciones

Para futuras investigaciones con tipo de investigación aplica y diseños experimentales que tomen como base el presente trabajo de investigación y que sea de ayuda para el trabajo se recomienda lo siguiente:

Realizar otras diseños de mezcla con la finalidad que se pueda tener mejor representatividad y un rango de trabajo donde se pueda simular la relación que existe entre la relación de aditivo/cemento respecto a la resistencia a la compresión de un cubo de mortero o concreto.

Realizar la sustitución con porcentajes mayores al 10% de cemento por relave y un porcentaje mayor a 10% de agregado grueso por agregado reciclado, además de hacer en la combinación partes iguales de relave y agregado grueso para evaluar las propiedades mecánicas y propiedades físicas como la absorción total del mortero o concreto en estudio.

Realizar una evaluación de costos para determinar el ahorro por cada diseño del concreto experimental que se realiza y su impacto en la rentabilidad de una empresa constructora del sector.

Referencias bibliográficas

Abanto, F. (2000). *Tecnología del Concreto*. Lima – Perú: Edición San Marcos. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/306087568/Tecnologia-Del-Concreto-Flavio-Abanto>

Anicama G. (2013). *Estudio experimental del empleo de materiales de desecho de procesos mineros en aplicaciones prácticas con productos cementicios*. Universidad Católica del Perú, julio, 2013. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/250083846.pdf>

Barreda, Aguilar & Cueva (2012). *Desarrollo de prototipo para la fabricación de ladrillos de construcción a partir de la utilización de relaves mineros del proceso de cianuración en plantas minero artesanales*. Universidad Nacional de Arequipa, diciembre, 2012. Recuperado de: http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/11400/Tesis_61608.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cáceres, I y Larico, J. (2017). *Evaluación de mezclas de concreto $f'c = 175, 210$ y 245 kg/cm^2 con relave minero del Distrito de Ananea-Putina-Puno, 2017*. (Tesis de pregrado). Puno, Perú. Recuperado de: [file:///C:/Users/yavekenyi/Dropbox/Mi%20PC%20\(KADAS\)/Downloads/Caceres_Pachari_Isaac_Milton_Larico_Tito_Jose_Luis.pdf](file:///C:/Users/yavekenyi/Dropbox/Mi%20PC%20(KADAS)/Downloads/Caceres_Pachari_Isaac_Milton_Larico_Tito_Jose_Luis.pdf)

Celis, C. (2007). *Mejora en la durabilidad de materiales base cemento utilizando adiciones deshidratadas de dos cactáceas*. Tesis de licenciatura en ingeniería civil. Universidad Marista de Querétaro, Santiago de Querétaro, Querétaro, diciembre, 2007. Recuperado de: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt326.pdf>

Céspedes, M. (2003). *Resistencia a la compresión del concreto a partir de la Velocidad de pulsos de Ultrasonido*. Universidad de Piura. Perú. Recuperado de: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1338?locale-attribute=en>

Díaz & Bocanegra (2005). *Efecto en la sustitución del agregado reciclado por agregado grueso en la resistencia de un concreto*. Perú (2005). Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4187/chavez-bocanegra-daniel-encarnacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ecco (2009). *Definición del agregado reciclado*. Perú (2009). Recuperado de: https://r.search.yahoo.com/_ylt=AwrCwOWmGOFfpQsAAhynfAx.;;_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1608616231

Harmsen, E. (2005). *Diseño de estructuras de concreto*. 4ta ed. Fondo editorial de la pontificia Universidad Católica, p. 18. Recuperado de: <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/disenodeestructurasdeconcreto-harmsen.pdf>

Mehta K., & Monteiro P. (1998). *Concreto, estructura, propiedades y materiales*. IMCYC, México, p. 38. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46770203.pdf>

Melgarejo, Y. (2018). *Resistencia del concreto F' C= 210 kg/cm² con sustitución del cemento en 4% y 8% por relave de la mina Potosí*. (Tesis de pregrado), Huaraz. Perú. Recuperado de: http://repositorio.usanpedro.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/5397/Tesis_56075.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Neville, A. (1999). *Tecnología del Concreto*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. México. Recuperado de: <https://www.coursehero.com/file/45817875/Neville-Tecnolog%C3%ADa-del-Concretopdf/>

NTP 400.011 – AGREGADOS (Definición y clasificación) Recuperado de: https://r.search.yahoo.com/_ylt=AwrCmrA5GuFfCz4A4iCnfAx.;_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzIEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1608616633/RO=10/RU=https%3a%2f%2fwww.studocu.com%2fpe%2fdocument%2funiversidad-nacional-agraria-la-molina%2fresistencia-de-materiales%2fotros%2fntp-400011-agregados-definicion

Quichca, J. (2016). Diseño de mezcla de concreto $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ adicionando relave minero para tránsito ligero relavera Pacococha-P Virreyna-Castrovirreyna-Huancavelica., (Tesis de pregrado), Huancavelica, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/UPLA/261/JAIME%20VLADIMIR%20QUICHCA%20PALOMINO.pdf?sequence=1>

Rodríguez et al. (2019). *Influencia de la sustitución del agregado fino por relave minero en la resistencia a compresión y permeabilidad de un concreto de bajo tránsito, Parcoy-La Libertad-2018* (Tesis pregrado).Trujillo, Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14827/Rodr%C3%ADguez%20Salirrosas%20Jhosver%20-%20Ulloa%20S%C3%A1nchez1>

Rivva, E. (2007). *Tecnología del Concreto. Diseño de mezclas*. Segunda Edición. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/FredrafuEnrifer/disenodemezclasenrriquerivvalopez>

Saedi,et al. (2020) *Developing a general extended UTAUT model for M-payment adoption* (Artículo científico) *Technology in Society* 62. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/342356050_Developing_a_general_extended_UTAUT_model_for_M-payment_adoption

Serrano M. (2010). *La calidad del concreto: responsabilidad del diseñador y del constructor, Innovación y Ciencia*, Volumen XVII, No. 2, Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia. Recuperado de: <https://educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/116>

Shettima et al. (2016). *Evaluation of iron ore tailings as replacement for fine aggregate in concrete.* (Artículo científico) *Construction and Building Materials*, 120, 72-79. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/303439762_Evaluation_of_iron_ore_tailings_as_replacement_for_fine_aggregate_in_concrete

Xu, F. et al. (2020). *Mechanical properties and pore structure of recycled aggregate concrete made with iron ore tailings and polypropylene fibers.* *Journal of Building Engineering*, 33, 101572. Recuperado de: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbioe.2020.589590/full>

Yi et al. (2009). *Artemisinin resistance in Plasmodium falciparum malaria.* (Artículo científico) *New England Journal of Medicine*, 361(5), 455-467. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7276816/>

Agradecimientos

Agradezco a mi madre Hilda Herrera Cerna y a mi padre Cruz Huanca Pomiano quienes me apoyaron en todo el tiempo en el que permanecí en la universidad.

A mis hermanos quienes me apoyaron y alentaron para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

A mis maestros quienes nunca dejaron de enseñarme, aún sin importar que muchas veces no prestaba atención en clases, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí.

Para todos ellos que estuvieron presente durante el desarrollo de esta tesis que me brindaron su apoyo incondicional

Anexos

Anexo 1. Ensayos de Análisis Granulométrico Grava, Arena



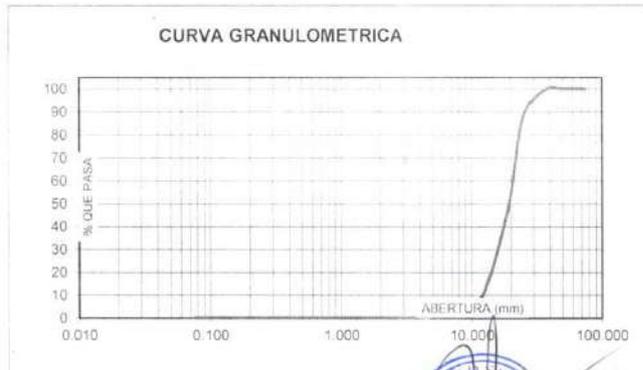
ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA

SOLICITA : **Bach. HUANCA HERRERA, Jorge Luis.**
 TESIS : "Resistencia del Concreto $f_c=175$ Kg/Cm2 con Sustitucion de Cemento por Relave y Agregado Grueso por Agregado Reciclado en 5% y 10%"
 LUGAR : HUARAZ
 FECHA : 10/09/2020 CANTERA : TACLLAN MATERIAL : AGREGADO GRUESO

PESO SECO INICIAL	6843
PESO SECO LAVADO	6843.00
PESO PERDIDO POR LAVADO	0.00

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	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	823.00	12.03	12.03	87.97
3/4"	19.000	2783.00	40.67	52.70	47.30
1/2"	12.500	2458.00	35.89	88.59	11.41
3/8"	9.500	439.00	6.42	95.00	5.00
N° 4	4.750	300.00	4.38	99.39	0.61
N° 8	2.360	42.00	0.61	100.00	0.00
N° 16	1.180	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 30	0.600	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00
PLATO		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		6843.00	100.00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 1"
 HUMEDAD : 0.73%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIEROS CIVILES
 Y ESPECIALIZACIONES
 Ing. *Jorge Luis Huanca Herrera*
 CIP: 70751
 JEFE

ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA

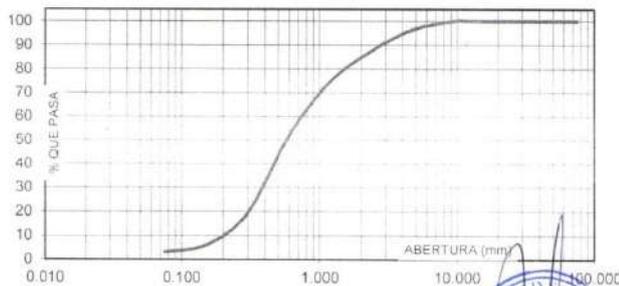
SOLICITA : Bach. HUANCA HERRERA, Jorge Luis.
 TESIS : "Resistencia del Concreto $f_c=175 \text{ Kg/Cm}^2$ con Sustitucion de Cemento por Relave y Agregado Grueso por Agregado Reciclado en 5% y 10%"
 LUGAR : HUARAZ
 FECHA : 10/09/2020 CANTERA : TACLLAN MATERIAL : AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	1524
PESO SECO LAVADO	1476.00
PESO PERDIDO POR LAVADO	48.00

TAMIZ	PESO RETEN.	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA
No	ABERT. (mm.)	(gr)	PARCIAL	ACUMULADO
3"	75.000	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	53.00	3.48	96.52
N° 8	2.360	138.00	9.06	87.47
N° 16	1.180	201.00	13.19	74.28
N° 30	0.600	344.00	22.57	51.71
N° 50	0.300	495.00	32.48	19.23
N° 100	0.150	201.00	13.19	93.96
N° 200	0.075	44.00	2.89	96.85
PLATO		48.00	3.15	100.00
TOTAL		1524.00	100.00	0.00

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : n° 4
 MODULO DE FINEZA : 2.6
 HUMEDAD : 4.90%

CURVA GRANULOMETRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO - FILIAL HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 L.I. MECANICA DE SUELOS
 Y ENAYO DE MATERIALES
 Ing. Jesus Ernesto Sotelo Montes
 CIP: 70761
 JEFE

Anexo 2. Ensayos de Granulometría del Agregado reciclado grueso



ENSAYO DE GRANULOMETRIA DEL AGREGADO RECICLADO GRUESO

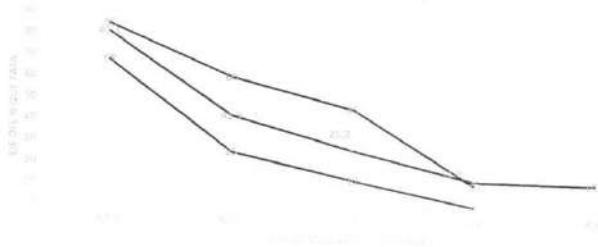
SOLICITA : Bach. HUANCA HERRERA, Jorge Luis.
 TESIS " Resistencia del Concreto $f_c=175 \text{ Kg/Cm}^2$ con Sustitucion de Cemento por Relave y Agregado Grueso por Agregado Reciclado en 5% y 10%"
 LUGAR HUARAZ
 FECHA 10/09/2020

GRANULOMETRIA DE AGREGADO RECICLADO GRUESO	
Peso inicial del agregado grueso reciclado	5628.5

TM=	1"
TMN=	1"
TM OBT=	0

Malla	Peso retenido	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa	Especificaciones
1"	593	10.5	10.5	89.5	95-100
3/4"	1061	18.9	18.9	81.1	68-85
1/2"	2211	39.3	58.1	41.9	25-60
3/8"	902	16.0	74.2	25.8	12_45
Nº 4	787	14.0	88.1	11.9	0-10
Nº 8	74.5	1.3	89.5	10.5	
cazuela	593	10.5	100.0		
	5628.5	100.0			

Curva granulometrica del Agregado Reciclado Grueso



cazuela	0.0
Nº 8	10.5
Nº 4	11.9
3/8"	25.8
1/2"	41.9
3/4"	81.1

ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño ASTM C-29
 NOTA: La muestra fue traída por el interesado a este laboratorio

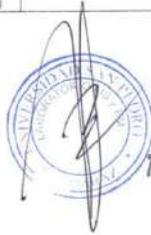
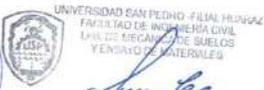
UNIVERSIDAD SAN PEDRO HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Jesués Ernesto Botelo Montes
 CIP: 70761
 JEFE

Anexo 3. Contenido de Humedad ASTM D-2216-71



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TESIS : "Resistencia del Concreto $f_c=175$ Kg/Cm2 con Sustitucion de Cemento por Relave y Agregado Grueso por Agregado Reciclado en 5% y 10%"					
SOLICITA : Bach. HUANCA HERRERA, Jorge Luis.					
DISTRITO : HUARAZ			HECHO EN : USP -HUARAZ		
PROVINCIA : HUARAZ			FECHA : 10/09/2020		
PROG (KM.) :			ASESOR		
DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA :					
MUESTRA : AGREGADO GRUESO; AGREGADO FINO; TACLLAN					
PROF. (m) :					
AGREGADO GRUESO					
Nº TARRO		49	37		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1272.0	1295.0		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1264.5	1256.5		
PESO DE AGUA	(g)	7.50	8.50		
PESO DEL TARRO	(g)	167.10	169.1		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1097.40	1087.4		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0.68	0.78		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)			0.73	
AGREGADO FINO					
Nº TARRO		2	25		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1043.0	1028.0		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1002.0	987.5		
PESO DE AGUA	(g)	41.00	40.50		
PESO DEL TARRO	(g)	168.50	165.5		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	833.50	822.0		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	4.92	4.9		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)			4.9	



 Ing. Jesus Ernesto Sotelo Montes
 CIP: 70751
 JEFE

Anexo 4. Ensayo de Contenido de Humedad del agregado reciclado grueso



ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMENDAD DEL AGREGADO RECICLADO GRUESO

SOLICITA : Bach. HUANCA HERRERA, Jorge Luis.
 TESIS : "Resistencia del Concreto $f_c=175$ Kg/Cm² con Sustitucion de Cemento por Relave y Agregado Grueso por Agregado Reciclado en 5% y 10%"
 LUGAR : HUARAZ
 FECHA : 10/09/2020

CANTERA:	RECICLADO
MATERIAL:	AGREGADO GRUESO

ENSAYO N°	01
Peso Recip + muestra Humeda	1046.50
Peso Recip + muestra seca	1039.10
Peso de recipiente - N° (Gr)	163.70
Peso de agua	7.40
Peso muestra seca	875.40
Contenido humedad (%)	0.85
(%) Promedio	0.85

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

OBSERVACIONES : La muestra fue traída por el interesado a este laboratorio

Ing. JESÚS EMERSON MONTES
 CIP: 0761
 LABORATORIO DE MATERIAS
 PARA LA INVESTIGACION Y ENSEÑANZA DE
 LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 UNIVERSIDAD SAN PEDRO - HUARAZ

Anexo 5. Pesos Unitarios de los agregados grueso, fino y reciclado



PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach. HUANCA HERRERA, Jorge Luis.
TESIS : "Resistencia del Concreto $f_c=175$ Kg/Cm² con Sustitucion de Cemento por Relave y Agregado Grueso por Agregado Reciclado en 5% y 10%"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : TACLLAN
MATERIAL : AGREGADO GRUESO
FECHA : 10/09/2020

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19180	19130	19150
Peso de molde	5310	5310	5310
Peso de muestra	13870	13820	13840
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1485	1479	1482
Peso unitario prom.	1482 Kg/m3		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	20105	20070	20135
Peso de molde	5310	5310	5310
Peso de muestra	14795	14760	14825
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1584	1580	1587
Peso unitario prom.	1584 Kg/m3		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO FILIAL HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 DEPARTAMENTO DE SUELOS Y CONTROL DE MATERIALES
 Ing. Jesu...
 Jefe

PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach. HUANCA HERRERA, Jorge Luis.

TESIS : "Resistencia del Concreto $f_c=175$ Kg/Cm² con Sustitucion de Cemento por Relave y Agregado Grueso por Agregado Reciclado en 5% y 10%"

LUGAR : HUARAZ
CANTERA : TACLLAN
MATERIAL : AGREGADO FINO
FECHA : 10/09/2020

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8010	8015	8018
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4590	4595	4598
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1653	1655	1656
Peso unitario prom.	1655 Kg/m ³		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8500	8523	8525
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	5080	5103	5105
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1830	1838	1839
Peso unitario prom.	1836 Kg/m ³		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO FILIAL HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
L.I.D. DE MECANICA DE SUELOS
Y LABORATORIO DE MATERIALES

Jesús Ernesto Sotelo Montes
Ing. Jesús Ernesto Sotelo Montes
CIP: 70751
JEFE

ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL AGREGADO RECICLADO GRUESO

SOLICITA Bach. HUANCA HERRERA, Jorge Luis.
 TESIS "Resistencia del Concreto $f_c=175 \text{ Kg/Cm}^2$ con Sustitucion de Cemento por
 Relave y Agregado Grueso por Agregado Reciclado en 5% y 10%"
 LUGAR HUARAZ
 FECHA 10/09/2020

CANTERA:	RECICLADO
MATERIAL:	AGREGADO GRUESO

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO VARILLADO			PESO UNITARIO SUELTO		
Peso material + molde (kg)	18.6	18.605	18.61	17.66	17.645	17.65
Peso de molde (kg)	5.333	5.333	5.333	5.333	5.333	5.333
Peso de material (kg)	13.267	13.272	13.277	12.327	12.312	12.317
Volumen de molde m3	0.009341	0.009341	0.009341	0.009341	0.009341	0.009341
Peso unitario (kg/m3)	1420.298	1420.833	1421.368	1319.666	1318.060	1318.595
PESO UNITARIO PROMEDIO	1420.511			1318.774		

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C 39

OBSERVACIONES : La muestra fue traída por el interesado a este laboratorio



UNIVERSIDAD SAN PEDRO FILIAL HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 UNIDAD DE MECANICA DE SUELOS Y
 FUNDACIONES Y MATERIALES
 Ing. Jesús Ernesto Sotelo Montes
 CIP: 70781
 I.E.F.S.

Anexo 6. Gravedad Específica y Absorción del agregado grueso, fino y reciclado



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : Bach. HUANCA HERRERA, Jorge Luis.
 OBRA : "Resistencia del Concreto f'c=175 Kg/Cm2 con Sustitucion de Cemento por Relave y Agregado Grueso por Agregado Reciclado en 5% y 10%"
 LUGAR : HUARAZ
 CANTERA : TACLLAN
 MATERIAL : AGREGADO GRUESO
 FECHA : 10/09/2020

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)
 B : Peso de material saturado superficialmente seco (agua)
 C = A - B : Volumen de masa + volumen de vacios
 D : Peso de material seco en el horno
 E = C - (A - D) : Volumen de masa

ABSORCION (%) : $((A-D)/D) \times 100$
 ABS. PROM. (%) :

1140.0	1109.0	1128.0
607.2	587.5	579.0
532.8	521.5	549.0
1130.7	1100.1	1118.4
523.5	512.6	539.4
0.82	0.81	0.86
0.83		

P.e. Bulk (Base Seca) = D/C
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/C
 P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

2.12	2.11	2.04
2.14	2.13	2.05
2.16	2.15	2.07

P.e. Bulk (Base Seca)
 P.e. Bulk (Base Saturada)
 P.e. Aparente (Base Seca)

PROMEDIO

2.09
2.11
2.13

UNIVERSIDAD SAN PEDRO - FILIAL HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 DEPARTAMENTO DE GEOMETRIA DE SUELOS
 Y MATERIALES
 Ing. Jesús Botello Montas
 CIP: 70751
 JEFFE

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION
DEL AGREGADO FINO**

SOLICITA : **Bach. HUANCA HERRERA, Jorge Luis.**
 TESIS : "Resistencia del Concreto $f_c=175 \text{ Kg/Cm}^2$ con Sustitucion de Cemento por Relave y Agregado Grueso por Agregado Reciclado en 5% y 10%"
 LUGAR : HUARAZ
 CANTERA : TACLLAN
 MATERIAL : **AGREGADO FINO**
 FECHA : 10/09/2020

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)
 B : Peso de frasco+ agua
 C = A + B : Peso frasco + agua +material
 D : Peso de material+agua en el frasco
 E = C - D : Volumen de masa+volumen de vacio
 F : Peso Material seco en horno
 G= E- (A - F) : Volumen de masa

ABSORCION (%) : $((A-F/F) \times 100)$
 ABS. PROM. (%) :

300.0		
670.7		
970.7		
857.7		
113.0		
296.9		
109.9		
1.04		
1.04		

P.e. Bulk (Base Seca) = F/E
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/E
 P.e. Aparente (Base Seca) = F/G

PROMEDIO

2.63		
2.65		
2.70		

PROMEDIO

P.e. Bulk (Base Seca)
 P.e. Bulk (Base Saturada)
 P.e. Aparente (Base Seca)

2.63
2.66
2.70



UNIVERSIDAD SAN PEDRO - FILIAL HUARAZ
 INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL
 DEPARTAMENTO DE TECNICAS DE SUELOS
 Y LABORATORIOS DE MATERIALES

Jesu
 Ing. Jesu Ernesto Sotelo Montes
 CIP: 70751
 JEFE

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEI AGREGADO GRUESO RECICLADO

SOLICITA : Bach. HUANCA HERRERA, Jorge Luis.
TESIS : "Resistencia del Concreto $f_c=175$ Kg/Cm² con Sustitucion de Cemento por Relave y Agregado Grueso por Agregado Reciclado en 5% y 10%"
LUGAR : HUARAZ
FECHA : 10/09/2020

AGREGADO GRUESO RECICLADO					
IDENTIFICACION	21	41	30	PROMEDIO	
A	Peso mat. Sat. Sup seca (en aire)	1080.00	1030.00	1232.00	
B	Peso mat. Sat. Sup seca (en agua)	629.50	612.50	637.00	
C	Vol. De masas / vol. De vacíos = A-B	450.50	417.50	595.00	
D	Peso Mat. Seco en estufa	1044.00	987.00	1023.90	
E	Vol. De masa=C-(A-D)	414.50	374.50	386.90	
	P.e. Bulk (Base Seca) =D/C	2.32	2.36	1.72	
	P.e. Bulk (Base Saturada) =A/C	2.40	2.47	2.07	2.31
	P.e. Aparente (Base Seca) =D/E	2.52	2.64	2.65	2.60
	% de Absorcion = ((A-D)/D)*100	3.45	4.36	20.32	9.38

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

OBSERVACIONES : La muestra fue traída por el interesado a este laboratorio



UNIVERSIDAD SAN PEDRO - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 Y ENSAYOS DE MATERIALES
 Ing. Jesús Ernesto Botelo Montes
 CIP: 70761
 JEFE

Anexo 7. Análisis Físico - Químico del Relave Minero

PESO ESPECIFICO

(RELAVE MINERO)

SOLICITA: Bach. HUANCA HERRERA, Jorge Luis.
TESIS: "Resistencia del Concreto $f_c=175 \text{ Kg/Cm}^2$ con Sustitución de Cemento por Relave y Agregado Grueso por Agregado Reciclado en 5% y 10%"
LUGAR: HUARAZ
CANTERA: -----
MATERIAL: RELAVE MINERO DE TICAPAMPA
FECHA: 10/09/2020

PESO DE MATERIAL	150	gramos
VOL. DEZPLAZAMIENTO	62	gramos Cm3

PESO ESPECIFICO	$D = P/V = 150/62$	
-----------------	--------------------	--

PESO ESPECIFICO RELAVE	2.42	gr./cm3
------------------------	------	---------

OBSERVACIONES: Material relave utilizado paso por la malla N° 200


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO HUANCAYO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIEROS EN MATERIALES
Ing. Jesús Américo Sotelo Montes
CIP: 70761
JEFE



UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA - SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ - REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS : "Resistencia del Concreto $F'c=175\text{kg/cm}^2$ con
Sustitución de Cemento por Relave y Agregado Grueso
por Agregado Reciclado en 5% y 10%".

TESISTA : Jorge Luis Huanca Herrera

MUESTRA : Relave Minero de Ticapampa

LUGAR DE MUESTREO : Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN : 14/09/2020

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS : 15/09/2020

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS : 15/09/2020

Muestra	pH
Relave Minero	11.61

ENSAYOS:

1. Determinación de Ph

OBSERVACIONES:

- . La muestra es tomada por el tesista.
- . Lugar y condiciones de muestra es indicado por el tesista.

CONCLUSIONES:

- . El pH es calificado como extremadamente alcalina

Huaraz, 15 de septiembre del 2020



Ing. M.Sc. Guillermo Castilla Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS



LABORATORIO QUÍMICO QUIMBOL CHEMICAL S.A.C
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORIA E INVESTIGACION

INFORME TÉCNICO N°728-20-LAB.

1. DATOS DEL SOLICITANTE
1.1 NOMBRE : JORGE LUIS HUANCA HERRERA
1.2 DNI : 70192449
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 02/10/2020
2.2 FECHA DE ENSAYO : 05/10/2020
2.3 FECHA DE EMISIÓN : 07/10/2020
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA
4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA EN POLVO
4.2 TESIS : "RESISTENCIA DEL CONCRETO F'C=175 KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO POR RELAVE Y AGREGADO GRUESO POR AGREGADO RECICLADO EN 5% Y 10%".
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO QUÍMICO QUIMBOL CHEMICAL S.A.C.
6. CONDICIONES AMBIENTALES : TEMPERATURA 20.4 °C, HUMEDAD RELATIVA 60%
7. EQUIPO UTILIZADO : ESPECTRÓMETRO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X SHIMADZU XRD-6000
8. RESULTADOS
8.1 RESULTADOS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MUESTRA

N°	MINERAL	FÓRMULA	%
01	Cuarzo	SiO ₂	81.04
02	Muscovita	KAl ₃ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂	4.93
03	Jarosita	KFe ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₆	4.11
04	Yeso	CaSO ₄ ·2H ₂ O	3.37
05	Diáspora	AlOOH	2.87
06	Pallgorskita	(Mg,Al) ₂ (Si,Al) ₈ O ₂₀ (OH) ₂ ·8H ₂ O	1.75
07	Clorita	(Mg,Al) ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₈	1.21
08	Anhidrita	CaSO ₄	0.71

9. CONCLUSIONES

- 9.1 La mineralogía trabajada en la zona corresponde a yacimientos polimetálicos de Cu - Pb - Zn, asociados con Au - Ag.
9.2 La asociación mineralógica del relave con el silicio (superior a 80%), permitirá la encapsulación de los metales pesados.

10. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

- 10.1 Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas en el presente informe.

Ing. Juan Vega González
Jefe de Laboratorio
CIP 79515

Anexo 6. Diseño de Mezcla usando el Método ACI

DISEÑO DE MEZCLA USANDO EL MÉTODO ACI			
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A USAR PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO			
Cantera de donde se extraen los materiales : TACLLAN			
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO			
Resistencia a la compresión del Concreto (f_c) =		175	kg / cm ²
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Peso específico de masa :	2.7	Tamaño máximo nominal (Pulg.) :	1 "
Absorción (%) :	1.04	Peso seco compactado (kg / m ³) :	1584.00
Contenido de Humedad (%) :	4.90	Peso específico de masa :	2.13
Módulo de finura :	2.60	Absorción (%) :	0.83
		Contenido de Humedad (%) :	0.73
CEMENTO		AGUA	
Tipo de Cemento Portland a usar :	ASTM Tipo 1 "sol"		
Peso Específico :	3.15		
DISEÑO DE MEZCLA			
Selección del Asentamiento :		Tipo de consistencia : Plástica	
		Asentamiento : $f_c + 70$	
Tipo de Concreto a diseñar :		Concreto sin aire incorporado	
Volumen unitario de Agua :		193.00	lt / m ³
Contenido de aire total :		1.50	%
Relación Agua / Cemento :		0.626	
Factor cemento :	Factor Cemento :	308.00	Kg / m ³
	Factor Cemento :	7.2	Bls / m ³
Contenido de Agregado Grueso	Ag. Grueso Seco Compact por Und de Vlm del Concreto.	0.69	m ³
	Peso del Agregado Grueso	1092.96	Kg / m ³
Cálculo de Volúmenes Absolutos de los materiales	Cemento	0.098	m ³
	Agua	0.193	m ³
	Aire	0.015	m ³
	Agregado Grueso	0.513	m ³
	Suma de Volúmenes	0.819	m ³
Contenido de Agregado Fino	Volumen Absoluto Agregado Fino :	0.181	m ³
	Peso del Agregado Fino seco :	489	Kg / m ³
Cantidad de materiales a ser empleados como valores de diseño por m ³	Cemento	308.00	Kg / m ³
	Agua de diseño	193.00	lt / m ³
	Agregado Fino seco	489.00	Kg / m ³
	Agregado Grueso seco	1093.00	Kg / m ³
Cantidad de materiales en peso seco que se necesita en una tanda de saco de Cemento	Cemento	42.50	Kg / saco
	Agua de diseño	26.63	lt / saco
	Agregado Fino seco	67.48	Kg / saco
	Agregado Grueso seco	150.82	Kg / saco
Proporción en peso de los materiales sin ser corregidos por Humedad del Agregado	Cemento	1	
	Agregado fino seco	1.59	
	Agregado grueso seco	3.55	
	Agua de Diseño	26.6	lt / saco



Anexo 7. Corrección por Humedad usando el Método ACI

CORRECCIÓN POR HUMEDAD USANDO EL MÉTODO ACI			
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO			
Cantera de donde se extraen los materiales :		TACLLAN	
Contenido de Humedad de los Agregados	Agregado Fino	: 4.90	%
	Agregado Grueso	: 0.73	%
Peso Húmedo de los Agregados	Agregado Fino	: 513.00	Kg / m3
	Agregado Grueso	: 1101.00	Kg / m3
Humedad Superficial de los Agregados	Agregado Fino	: 3.86	%
	Agregado Grueso	: -0.10	%
Aporte de Humedad de los Agregados	Agregado Fino	: 19.00	lt / m3
	Agregado Grueso	: -1.00	lt / m3
	Aporte Total	: 18.00	lt / m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva	: 175.00	lt / m3
Relación Agua / Cemento de Diseño		0.63	
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en la mezcla de prueba por m3	Cemento	: 308.00	Kg / m3
	Agua Efectiva	: 175.00	lt / m3
	Agregado Fino Húmedo	: 513.00	Kg / m3
	Agregado Grueso Húmedo	: 1101.00	Kg / m3
Relación Agua / Cemento Efectiva		0.57	
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda en un saco de cemento	Cemento	: 42.5	Kg / saco
	Agua Efectiva	: 24.1	lt / saco
	Agregado fino húmedo	: 70.8	Kg / saco
	Agregado grueso húmedo	: 151.9	Kg / saco
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado	Cemento	: 1	
	Agregado fino húmedo	: 1.67	
	Agregado grueso húmedo	: 3.57	
	Agua Efectiva	: 24.1	lt / saco



Anexo 8. Diseño de Mezcla Concretos Experimentales

DISEÑO DE MEZCLA CON SUSTITUCION AL 5% USANDO EL MÉTODO ACI			
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A USAR PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO			
Cantera de donde se extraen los materiales :		TACLLAN	
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO			
Resistencia a la compresión del Concreto (f'c) =	175	kg / cm ²	
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Peso específico de masa :	2.7	Tamaño máximo nominal (Pulg.) :	1 "
Absorción (%) :	1.04	Peso seco compactado (kg / m ³) :	1575.84
Contenido de Humedad (%) :	4.90	Peso específico de masa :	2.15
Módulo de finura :	2.60	Absorción (%) :	1.26
		Contenido de Humedad (%) :	0.74
CEMENTO		AGUA	
Tipo de Cemento Portland a usar	ASTM Tipo 1 "sol"		
Peso Especifico	3.11		
DISEÑO DE MEZCLA			
Selección del Asentamiento :		Tipo de consistencia :	Pástica
		Asentamiento :	f'c + 70
Tipo de Concreto a diseñar :			Concreto sin aire incorporado
Volumen unitario de Agua :		193.00	lt / m ³
Contenido de aire total :		1.50	%
Relación Agua / Cemento :		0.626	
Factor cemento :	Factor Cemento =	308.00	Kg / m ³
	Factor Cemento =	7.2	Bls / m ³
Contenido de Agregado Grueso	Ag. Grueso Seco Compact por Und de Vm del Concreto :	0.69	m ³
	Peso del Agregado Grueso :	1087.3296	Kg / m ³
Cálculo de Volúmenes Absolutos de los materiales	Cemento :	0.099	m ³
	Agua :	0.193	m ³
	Aire :	0.015	m ³
	Agregado Grueso :	0.506	m ³
	Suma de Volúmenes :	0.813	m ³
Contenido de Agregado Fino	Volumen Absoluto de Agregado Fino	0.187	m ³
	Peso del Agregado Fino seco :	506	Kg / m ³
Cantidad de materiales a ser empleados como valores de diseño po m ³	Cemento :	308.00	Kg / m ³
	Agua de diseño :	193.00	lt / m ³
	Agregado Fino seco :	506.00	Kg / m ³
	Agregado Grueso seco :	1087.00	Kg / m ³
Cantidad de materiales en peso seco que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento	Cemento :	42.50	Kg / saco
	Agua de diseño :	26.63	lt / saco
	Agregado Fino seco :	69.82	Kg / saco
	Agregado Grueso seco :	149.99	Kg / saco

CORRECCIÓN POR HUMEDAD USANDO EL MÉTODO ACI			
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO			
Cantera de donde se extraen los materiales :		TACLLAN	
Contenido de Humedad de los Agregados	Agregado Fino	: 4.90	%
	Agregado Grueso	: 0.74	%
Peso Húmedo de los Agregados	Agregado Fino	: 531.00	Kg / m ³
	Agregado Grueso	: 1095.00	Kg / m ³
Humedad Superficial de los Agregados	Agregado Fino	: 3.86	%
	Agregado Grueso	: -0.52	%
Aporte de Humedad de los Agregados	Agregado Fino	: 20.00	lt / m ³
	Agregado Grueso	: -6.00	lt / m ³
	Aporte Total	: 14.00	lt / m ³
Agua Efectiva	Agua Efectiva	: 179.00	lt / m ³
Relación Agua / Cemento de Diseño		0.63	
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser emplados en las mezclas de prueba por m³	Cemento	: 308.00	Kg / m ³
	Agua Efectiva	: 179.00	lt / m ³
	Agregado Fino Húmedo	: 531.00	Kg / m ³
	Agregado Grueso Húmedo	: 1095.00	Kg / m ³
Relación Agua / Cemento Efectiva		0.58	
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento	Cemento	: 42.5	Kg / saco
	Agua Efectiva	: 24.7	lt / saco
	Agregado fino húmedo	: 73.3	Kg / saco
	Agregado grueso húmedo	: 151.1	Kg / saco
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado	Cemento	: 1	
	Agregado fino húmedo	: 1.72	
	Agregado grueso húmedo	: 3.56	
	Agua Efectiva	: 24.7	lt / saco

DISEÑO DE MEZCLAS CON SUSTITUCION AL 10% USANDO EL MÉTODO ACI			
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A USAR PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO			
Cantera de donde se extraen los materiales :		TACLLAN	
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO			
Resistencia a la compresión del Concreto (f_c) =		175	kg / cm ²
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Peso específico de masa :	2.7	Tamaño máximo nominal (Pulg.) :	1 "
Absorción (%) :	1.04	Peso seco compactado (kg / m ³) :	1567.68
Contenido de Humedad (%) :	4.90	Peso específico de masa :	2.18
Módulo de finura :	2.60	Absorción (%) :	1.69
		Contenido de Humedad (%) :	0.74
CEMENTO		AGUA	
Tipo de Cemento Portland a usar		ASTM Tipo 1 "sol"	
Peso Específico :		3.07	
DISEÑO DE MEZCLA			
Selección del Asentamiento :		Tipo de consistencia : Plástica	
		Asentamiento : $f_c + 70$	
Tipo de Concreto a diseñar :		Concreto sin aire incorporado	
Volumen unitario de Agua :		193.00	lt / m ³
Contenido de aire total :		1.50	%
Relación Agua / Cemento :		0.626	
Factor cemento :		Factor Cemento =	308.00 Kg / m ³
		Factor Cemento =	7.2 Bls / m ³
Contenido de	Ag. Grueso Seco Compact por Und de Vm del Concreto :	0.69	m ³
Agregado Grueso	Peso del Agregado Grueso :	1081.6992	Kg / m ³
Cálculo de Volúmenes Absolutos de los materiales		Cemento :	0.100 m ³
		Agua :	0.193 m ³
		Aire :	0.015 m ³
		Agregado Grueso :	0.496 m ³
		Suma de Volúmenes :	0.805 m ³
Contenido de Agregado Fino		Volumen Absoluto de Agregado Fino	0.195 m ³
		Peso del Agregado Fino seco :	528 Kg / m ³
Cantidad de materiales a ser empleados como valores de diseño po m ³		Cemento :	308.00 Kg / m ³
		Agua de diseño :	193.00 lt / m ³
		Agregado Fino seco :	528.00 Kg / m ³
		Agregado Grueso seco :	1082.00 Kg / m ³
Cantidad de materiales en peso seco que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento		Cemento :	42.50 Kg / saco
		Agua de diseño :	26.63 lt / saco
		Agregado Fino seco :	72.86 Kg / saco
		Agregado Grueso seco :	149.30 Kg / saco

CORRECCIÓN POR HUMEDAD USANDO EL MÉTODO ACI			
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO			
Cantera de donde se extraen los materiales :		TACLAN	
Contenido de Humedad de los Agregados	Agregado Fino	: 4.90	%
	Agregado Grueso	: 0.74	%
Peso Húmedo de los Agregados	Agregado Fino	: 554.00	Kg / m3
	Agregado Grueso	: 1090.00	Kg / m3
Humedad Superficial de los Agregados	Agregado Fino	: 3.86	%
	Agregado Grueso	: -0.95	%
Aporte de Humedad de los Agregados	Agregado Fino	: 20.00	lt / m3
	Agregado Grueso	: -10.00	lt / m3
	Aporte Total	: 10.00	lt / m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva	: 183.00	lt / m3
Relación Agua / Cemento de Diseño		0.63	
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser emplados en las mezclas de prueba por m3	Cemento	: 308.00	Kg / m3
	Agua Efectiva	: 183.00	lt / m3
	Agregado Fino Húmedo	: 554.00	Kg / m3
	Agregado Grueso Húmedo	: 1090.00	Kg / m3
Relación Agua / Cemento Efectiva		0.59	
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento	Cemento	: 42.5	Kg / saco
	Agua Efectiva	: 25.3	lt / saco
	Agregado fino húmedo	: 76.4	Kg / saco
	Agregado grueso húmedo	: 150.4	Kg / saco
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado	Cemento	: 1	
	Agregado fino húmedo	: 1.80	
	Agregado grueso húmedo	: 3.54	
	Agua Efectiva	: 25.3	lt / saco

Anexo 9. Proporción para el vaciado de las probetas

PROPORCIONAMIENTO PARA EL VACEADO DE LAS PROBETAS

$$\text{Volumen Probeta} = (\pi \times r^2) \times h$$

Dimensiones de Probeta: d = 15cm
h = 30cm

Volumen Probeta = $(\pi \times 7.5^2) \times 30$		
V	m ³	cm ³
	0.0053014	5301.4376

TABLA DE PROPORCION DE MATERIALES POR 1 m³

Material	Peso	Porcentaje (%)
Cemento	308.00	14.69
Arena	513.00	24.46
Grava	1101.00	52.50
Agua	175.00	8.35
	2097	100

TABLA DE PROPORCION PARA CONCRETO PATRON

Material	1 PROBETA	9 PROBETAS
	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	1.63	14.70
Arena	2.72	24.48
Grava	5.84	52.53
Agua	0.93	8.35

TABLA DE PROPORCION PARA UN CONCRETO CON SUSTITUCION DE RELAVE POR CEMENTO EN UN 5% Y AGREGADO RECICLADO EN UN 10% POR AGREGADO GRUESO

Material	1 PROBETA	9 PROBETAS
	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	1.55	13.96
Relave	0.08	0.73
Arena	2.72	24.48
Grava	5.25	47.28
Agr. Reciclado	0.58	5.25
Agua	0.89	8.01

(Trabajable)

TABLA DE PROPORCION PARA UN CONCRETO CON SUSTITUCION DE RELAVE POR CEMENTO EN UN 5% Y AGREGADO RECICLADO EN UN 15% POR AGREGADO GRUESO

Material	1 PROBETA	9 PROBETAS
	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	1.55	13.96
Relave	0.08	0.73
Arena	2.72	24.48
Grava	4.96	44.65
Agr. Reciclado	0.88	7.88
Agua	0.91	8.19

(Trabajable)



Anexo 10. Ensayo de Resistencia a la compresión

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA: Bach. HU ANCA HERRERA, Jorge Luis.
 TESIS : "Resistencia del Concreto $f_c=175 \text{ Kg/Cm}^2$ con Sustitucion de Cemento por Relave y Agregado Grueso por Agregado Reciclado en 5% y 10%"
 FECHA : 11/09/2020

F' C : 175 kg/cm²

Nº	TESTIGO ELEMENTO	PROGRESIVA KM.	SLUMP ["]	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/cm ²	FC/F' C (%)
				MOLDEO	ROTURA			
1	CONCRETO PATRON	-	-	13/08/2020	20/08/2020	7	117.3	67.0
2	CONCRETO PATRON	-	-	13/08/2020	20/08/2020	7	107.3	61.3
3	CONCRETO PATRON	-	-	13/08/2020	20/08/2020	7	120.9	69.1
4	CONCRETO PATRON	-	-	13/08/2020	27/08/2020	14	139.7	79.8
5	CONCRETO PATRON	-	-	13/08/2020	27/08/2020	14	146.3	83.6
6	CONCRETO PATRON	-	-	13/08/2020	27/08/2020	14	136.4	78.0
7	CONCRETO PATRON	-	-	13/08/2020	10/09/2020	28	176.4	100.8
8	CONCRETO PATRON	-	-	13/08/2020	10/09/2020	28	183.0	104.6
9	CONCRETO PATRON	-	-	13/08/2020	10/09/2020	28	181.3	103.6

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 DE HUANCABAMBA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 VICERRECTORIA DE ASISTENCIA TECNICA
 DEPARTAMENTO DE MATERIALES
 Ing. Jesús Ernesto Solís Montes
 CIP: 70761
 JEFE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA: Bach. HUANCA HERRERA, Jorge Luis.

TESIS : "Resistencia del Concreto $f_c=175$ Kg/Cm² con Sustitucion de Cemento por Relave y Agregado Grueso por Agregado Reciclado en 5% y 10%"

FECHA : 11/09/2020

F'c: 175 kg/cm²

Nº	TESTIGO ELEMENTO	PROGRESIVA KM.	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/cm ²	FC/F'c (%)
				MOLDEO	ROTURA			
1	CONCRETO CON SUSTITUCION EN 5%	-	-	13/08/2020	20/08/2020	7	136.5	78.0
2	CONCRETO CON SUSTITUCION EN 5%	-	-	13/08/2020	20/08/2020	7	124.4	71.1
3	CONCRETO CON SUSTITUCION EN 5%	-	-	13/08/2020	20/08/2020	7	133.3	76.2
4	CONCRETO CON SUSTITUCION EN 5%	-	-	13/08/2020	27/08/2020	14	156.7	89.5
5	CONCRETO CON SUSTITUCION EN 5%	-	-	13/08/2020	27/08/2020	14	154.5	88.3
6	CONCRETO CON SUSTITUCION EN 5%	-	-	13/08/2020	27/08/2020	14	147.0	84.0
7	CONCRETO CON SUSTITUCION EN 5%	-	-	13/08/2020	10/09/2020	28	182.8	104.4
8	CONCRETO CON SUSTITUCION EN 5%	-	-	13/08/2020	10/09/2020	28	191.7	109.5
9	CONCRETO CON SUSTITUCION EN 5%	-	-	13/08/2020	10/09/2020	28	189.9	108.5

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 DE SAN PABLO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
Ing. Jefe. Ernesto Sotelo Montes
CIP: 70751
JEFE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA: Bach. HUANCA HERRERA, Jorge Luis.

TESIS : "Resistencia del Concreto $f_c=175$ Kg/Cm² con Sustitucion de Cemento por Relave y Agregado Grueso por Agregado Reciclado en 5% y 10%"

FECHA : 11/09/2020

FC : 175 kg/cm²

N°	TESTIGO	PROGRESIVA	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C
	ELEMENTO			KM.	(")			
1	CONCRETO CON SUSTITUCION EN 10%	-	-	13/08/2020	20/08/2020	7	172.7	98.7
2	CONCRETO CON SUSTITUCION EN 10%	-	-	13/08/2020	20/08/2020	7	156.5	89.4
3	CONCRETO CON SUSTITUCION EN 10%	-	-	13/08/2020	20/08/2020	7	147.0	84.0
4	CONCRETO CON SUSTITUCION EN 10%	-	-	13/08/2020	27/08/2020	14	172.7	98.7
5	CONCRETO CON SUSTITUCION EN 10%	-	-	13/08/2020	27/08/2020	14	168.3	96.2
6	CONCRETO CON SUSTITUCION EN 10%	-	-	13/08/2020	27/08/2020	14	167.3	95.6
7	CONCRETO CON SUSTITUCION EN 10%	-	-	13/08/2020	10/09/2020	28	192.8	110.2
8	CONCRETO CON SUSTITUCION EN 10%	-	-	13/08/2020	10/09/2020	28	189.9	108.5
9	CONCRETO CON SUSTITUCION EN 10%	-	-	13/08/2020	10/09/2020	28	198.8	113.6

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 DE HUANCABAMBA
 DE INGENIERIA CIVIL
 DEPARTAMENTO DE SUELOS Y MATERIALES

 Ing. Jesús Ernesto Sotelo Montes
 CIP: 70751
 JEFE

Anexo 11. Panel Fotográfico



Figura 3. Relave minero de Ticapampa



Figura 4. Recojo de material para estudio



Figura 5. Muestreo del material para estudio



Figura 6. Obtención del agregado reciclado



Figura 7. Chancado de probetas para agregado reciclado



Figura 8. Muestreo de material para estudio



Figura 9. Tamices seleccionados para la granulometría



Figura 10. Tamices listo para realizar la granulometría



Figura 11. Realizando el tamizado de los agregados



Figura 12. Realizando el pesado de la muestra para llevar al horno



Figura 13. Hallando el contenido de humedad del agregado



Figura 14. Llevando la muestra de relave al horno



Figura 15. Peso unitario del agregado grueso



Figura 16. Peso unitario del agregado fino



Figura 17. Gravedad específica del agregado fino



Figura 18. Realizando el llenado de la muestra en la fiola



Figura 19. Peso del agregado grueso



Figura 20. Gravedad específica del agregado grueso



Figura 21. Limpieza de moldes para el vaciado de concreto



Figura 22. Realizando la mezcla del concreto



Figura 23. Realizando el vaciado de los moldes



Figura 24. Realizando el varillado en 3 capas



Figura 25. Probetas ya vaciadas



Figura 26. Rotura de probetas para hallar su resistencia



Figura 27. Con el técnico de laboratorio



Figura 28. Resultado de la resistencia a compresión



Figura 29. Probetas fracturadas por compresión