

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“Resistencia de un concreto $f'c=210$ kg/cm² sustituyendo
el agregado grueso por concreto reciclado y adicionando
cenizas de hoja de capulí”**

Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil

Autor

Paredes Chávez Anthony Johann

Asesor

Ing. Castañeda Gamboa Rogelio

Huaraz– Perú

2019

PALABRAS CLAVE:

Tema	Resistencia a la compresión
Especialidad	Tecnología del Concreto

KEY WORDS:

Topic	Concrete Resistance
Specialty	Concrete Technology

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN OCDE:

Línea de Investigación	Construcción y Gestión de la Construcción
Área	Ingeniería y Tecnología
Sub-área	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería Civil
Sub - Línea o Campo de Investigación	Materiales de la construcción

“Resistencia de un concreto $f'c=210$ kg/cm² sustituyendo el agregado grueso por concreto reciclado y adicionando cenizas de hoja de capulí”

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se consideró como objetivo general Sustitución del agregado grueso por concreto reciclado adicionando cenizas de hojas de capulí para un $f'c$ 210 en la ciudad de Huaraz, mediante los ensayos de compresión (ruptura de probetas), Los materiales que se usaron para la elaboración del concreto a ensayar fueron residuos de concreto reciclado obtenidos de escombros de obras de carretera en la ciudad de Huaraz y probetas usadas en el laboratorio de la USP-Huaraz, de donde se obtuvo el agregado grueso luego del método de trituración o cribado; el agregado fino y el cemento fueron los mismos usados en concretos convencionales, las hojas de capulí se obtuvieron de árboles del mismo nombre ubicados en Yungay.

En primera instancia, se estudió cada material que se utilizará para la mezcla de concreto, el concreto reciclado sustituyó el 100% del agregado grueso y la ceniza de hoja de capulí se adicionó un 15% al cemento, el concreto reciclado se consideró como un agregado nuevo, por esta razón se hizo los estudios pertinentes, tales como la granulometría, contenido de humedad, peso específico, peso unitario, cumpliendo todas las exigencias de agregados. En cuanto a la Resistencia a los 28 días, la mezcla de concreto reciclado y la adición de ceniza de capulí, superó la resistencia de diseño ($f'c=210$) en 1.65 %, cumpliendo satisfactoriamente la norma NTP 339.034: 2015.

ABSTRACT

In the present research work was considered as a general objective Substitution of the coarse aggregate by recycled concrete adding ashes of leaves of capuli for a f_c 210 in the city of Huaraz, by compression tests (rupture of test tubes), The materials that were used for the preparation of the concrete to be tested were recycled concrete waste obtained from debris from road works in the city of Huaraz and test tubes used in the laboratory of the USP-Huaraz, from where the coarse aggregate was obtained after the crushing method or screening; the fine aggregate and the cement were the same used in conventional concrete, the leaves of capuli were obtained from trees of the same name located in Yungay.

In the first instance, each material that will be used for the concrete mix was studied, the recycled concrete replaced 100% of the coarse aggregate and the ash of the cocoa leaf was added 15% to the cement, the recycled concrete was considered as an aggregate new, for this reason the pertinent studies were made, such as the granulometry, moisture content, specific weight, unit weight, fulfilling all the aggregate requirements. Regarding the Resistance to 28 days, the mixture of recycled concrete and the addition of capuli ash, exceeded the design resistance ($f_c = 210$) in 1.65%, satisfactorily fulfilling the norm NTP 339.034: 2015.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

Palabras clave - Keywords – Línea de investigación	ii
Título	i
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice	v
Introducción	1
Metodología	26
Resultados	29
Análisis y discusión	55
Conclusiones y Recomendaciones	58
Agradecimientos	60
Referencias bibliográficas	61
Anexos y apéndices	64

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Compuestos principales del cemento portland.....	11
Tabla 2: Porcentajes típicos de Intervención de los óxidos.....	11
Tabla 3: Granulometría del Agregado Fino.....	16
Tabla 4: Peso de agregado y número de esferas para agregados gruesos hasta de 1 ½ “ (ensayo de Abrasión ASTM C – 131)	22
Tabla 5: peso de agregado y número de esferas para agregados gruesos de tamaños mayores a ¾” (Ensayo de Abrasión ASTM C – 535)	22
Tabla 6: Diseño en bloque cantidad de probetas según días de curado y porcentaje de adición de Ceniza de capulí.....	26
Tabla 7. Resultado De Fluorescencia De Rayos X de la ceniza de Capulí.	31
Tabla 8: Peso específico de la ceniza del Capulí y Para el uso en el diseño de mezcla	32
Tabla 9: Ensayo de contenido de humedad de agregado fino	33
Tabla 10: Ensayo de contenido de humedad de agregado fino.....	34
Tabla 11: Ensayo de análisis granulométrico de arena	34
Tabla 12: Ensayo de análisis granulométrico de la grava.	35
Tabla 13: Ensayo del Peso específico y absorción de agregado grueso.....	36
Tabla 14: Ensayo del Peso específico y absorción de agregado fino.....	37
Tabla 15: Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregado grueso.....	38
Tabla 16: Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregado grueso.....	38
Tabla 17: Datos obtenidos de los ensayos en el laboratorio de los agregados fino y grueso	39
Tabla 18: Valores de diseño de materiales para la mezcla de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$	40
Tabla 19: Datos obtenidos de los ensayos de los agregados.	40
Tabla 20: Volumen unitario de agua.....	41
Tabla 21: Relación agua cemento por resistencia	42
Tabla 22: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto	43
Tabla 23: Diseño en estado seco	44

Tabla 24: dosificación por bolsa	45
Tabla 25: cantidad de material por tanda	45
Tabla 26: Cantidad de material para una probeta.....	46
Tabla 27: Abrasión por medio de la máquina de los Ángeles	47
Tabla 28: Cantidad de material para una probeta	47
Tabla 29: cantidad de material para una probeta concreto experimental	47
Tabla 30: Proporción de materiales para 9 probetas patrón.....	47
Tabla 31: Proporción de materiales para 9 probetas concreto experimental.....	48
Tabla 32: Relación a/c del concreto reciclado y concreto experimental	48
Tabla 33: Resistencia a la compresión ensayo patrón	50
Tabla 34: Resistencia a la compresión ensayo experimental.....	51
Tabla 35: Resistencia a compresión de concreto sustituyendo ceniza de hoja de capulí Validación Estadística	52

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1: Análisis Termo Gravimétrico de la Ceniza de Capulí.	29
Figura 2: Curva calorimétrica DSC de la Ceniza de Capulí.....	30
Figura 3: Ph de la ceniza combinado con concreto.....	32
Figura 4: Ph de la ceniza de Capulí	33
Figura 5: Curva granulométrica del agregado fino	35
Figura 6: Curva granulométrica del agregado fin.....	36
Figura 7: Comparación de la Relación agua / cemento del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ Patrón vs Experimental.....	49
Figura 8: Comparación del asentamiento de la mezcla de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ Patrón vs Experimental.....	50
Figura 9: Comparación a la resistencia a la compresión / concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ Patrón vs Experimental.....	51
Figura 10: Análisis de contenido de humedad ASTM D – 2216-71.....	67
Figura 11: : Análisis granulométrico de agregado fino.....	68
Figura 12: Análisis granulométrico de agregado grueso.....	69

Figura 13: Análisis de peso específico y absorción del agregado fino.	70
Figura 14: Análisis de peso específico y absorción del agregado grueso	71
Figura 15: Análisis de pesos unitarios de agregado fino.....	72
Figura 16: Análisis de pesos unitarios de agregado grueso.....	73
Figura 17: Análisis de contenido de humedad ASTM D – 2216-71.....	74
Figura 18: Análisis granulométrico de agregado grueso reciclado.....	75
Figura 19: Análisis de peso específico y absorción del agregado grueso reciclado.	76
Figura 20: Análisis de pesos unitarios de agregado grueso reciclado.....	77
Figura 21: Resistencia a la Abrasión Máquina de los Ángeles.	79
Figura 22: Análisis Térmico Diferencial.....	81
Figura 23: Análisis Térmico Diferencial.....	82
Figura 24: Análisis Térmico Diferencial.....	83
Figura 25: Análisis del PH de ceniza de capulí.	85
Figura 26: Análisis del PH de ceniza con cemento de capulí.....	86
Figura 27: Peso Específico de la ceniza de capulí.	88
Figura 28: Análisis Químico de la Ceniza de Capulí.....	90
Figura 29: Espectro de FRXDE de una muestra de Ceniza de Hoja de Capulí.....	91
Figura 30: Diseño de mezcla por el método ACI (a).	93
Figura 31: Diseño de mezcla por el método ACI (b).	94
Figura 32: Diseño de mezcla por el método ACI (c).	95
Figura 33: Diseño de mezcla por el método ACI (d).....	96
Figura 34: Diseño de mezcla por el método ACI (A).	97
Figura 35: Diseño de mezcla por el método ACI (B).	98
Figura 36: Diseño de mezcla por el método ACI (C)..	99
Figura 37: Diseño de mezcla por el método ACI (D)..	100
Figura 38: Ensayo de resistencia a la compresión patrón vs experimental.	102
Figura 39: Extracción de las hojas de capulí.....	104
Figura 40: Extracción de las hojas de capulí.	104
Figura 41: Secado de las hojas de capulí.....	105
Figura 42: muestra del calcinado de las hojas de capulí	105

Figura 43: Recolección del Concreto Reciclado.....	106
Figura 44: Tamizado de los agregados.....	106
Figura 45: secado de los agregados.....	107
Figura 46: Ensayo de Absorción y peso específico de los agregados.....	107
Figura 47: Preparación de la mezcla de concreto.	108
Figura 48: Ensayo de asentamiento del concreto “Slump”	108
Figura 49: Ensayo de asentamiento del concreto “Slump”	109
Figura 50: Elaboración de las probetas de concreto	109
Figura 51: Realización de ensayo de resistencia a la compresión espécimen patrón - Laboratorio de la USP – Huaraz	110
Figura 52: Realización de ensayo de resistencia a la compresión del espécimen experimental - Laboratorio de la USP – Huaraz.	110

I. INTRODUCCIÓN

En el transcurso del tiempo el concreto ha desempeñado un papel trascendental en la evolución humana, y el desarrollo científico ha logrado mejorar el arte del uso de éste. Existen muchas investigaciones que han aportado distintos reemplazos al diseño tradicional de mezcla de concreto, y esta investigación busca aportar una opción funcional que cumpla técnica y socialmente a los diseños de mezcla de concreto.

En toda revisión de antecedentes, se ha verificado que existen “reemplazos” que no han cumplido satisfactoriamente con las resistencias a la compresión para las cuales fueron diseñadas, ese es el caso del uso de concreto reciclado que posteriormente se estará abordando. Es por ello que se ha planteado usar un aditivo natural el cual corresponde a cenizas de hoja de capulí, teniendo en cuenta que ya se han investigados materiales similares (bagazo, trigo, bambú, entre otros), obteniendo resultados favorables.

De los antecedentes encontrados se ha abordado algunos trabajos relevantes a esta investigación, como el de Barroso, L; Gómez, C; (2011), en su tesis de Titulación “Análisis de la incorporación de materiales reciclados de los residuos de la construcción, para ser usados como Agregados en elementos estructurales o no estructurales.”, realizada en la Universidad de Oriente, Venezuela, tuvo como objetivo general “Analizar la incorporación de materiales reciclados a partir de los residuos de la construcción, para ser usados como agregados en elementos estructurales o no estructurales” mediante los ensayos de compresión de cilindros de concreto, cumpliendo con lo que establece en la norma Venezolana COVENIN 338:2002. Los materiales usados para la fabricación del concreto a ensayar fueron residuos de concreto viejo premezclado, de donde se obtuvo el agregado grueso luego del método de trituración o cribado, el agregado fino y el cemento fueron los mismos usados en concreto convencionales. En este sentido se determinó que, al someter al concreto reciclado a ensayos de compresión, se observó que este no alcanzó los estándares en su totalidad, pero se encontraron resultados positivos en comparación con el material de referencia de la región. Se puede concluir que la

incorporación de los residuos de concreto con agregado grueso nuevo al ciclo productivo de la construcción, es una alternativa viable, un ejemplo demostrativo para la transferencia de tecnología a la sociedad, además muestra beneficios económicos y ecológicos implícitos.

Por otro lado, en la investigación de Cruz J; Velázquez R; (2004), en su tesis de Titulación “Concreto Reciclado.”, realizada en Instituto Politécnico Nacional ESÍA Unidad Zacatencola, México, tuvo como Objetivo General, realizar un estudio del comportamiento de los residuos de construcción y demolición en especial del escombros para que se pueda utilizar como agregados en el concreto; Así como, determinar el empleo de este en el área de construcción, dependiendo de su resistencia específica “f’c” que se alcance a la edad de 28 días. Y concluyeron que el escombros de concreto libre de contaminantes es un sustituto satisfactorio como agregado grueso en la elaboración de concreto nuevo. Las propiedades de rigidez, durabilidad y trabajabilidad del concreto de agregado son aceptables, el concreto de agregado reciclado tiene menos resistencia que el concreto de agregado natural de la misma composición; sin embargo, esta se puede manipular (por ejemplo, mediante el aumento del contenido de cemento) para producir concreto de agregado reciclado de la misma resistencia que el concreto natural.

Así mismo se revisó la investigación de Pablo L. (2014) en su Tesis de Doctorado, Efecto de la Adición de Hidróxido Cálcico sobre Mezclas con alta sustitución de cemento por ceniza Volante. Realizada en la Universitat Politècnica de Valencia. Tuvo como objetivo general Estudiar los posibles beneficios de la adición de hidróxido cálcico en matrices de cemento portland con sustitución de alto contenido de éste por ceniza volante, con el objeto de valorizar en mayor medida las cenizas volantes a través de sistemas ternarios cemento portland-ceniza volante-hidróxido cálcico (C-CV-HC), concluyendo que la adición de cal mejora los resultados de expansión de morteros con sustitución de cemento por ceniza volante molida. El tratamiento de sonicado sobre la cal, permite que los morteros que la adicionan no desarrollen una expansión superior al 0,1% a todas las edades, excepto para el sulfato de amonio que comienza a expandir a partir de los 168 días de ensayo.

Así mismo se revisó la investigación de Ma-Tay D. (2014) en su Trabajo de Investigación CST/MIH, Valorización de Cenizas de Bagazo Procedentes de Honduras: Posibilidades de Uso en Matrices de Cemento Pórtland, tuvo como objetivo estudiar la posible valorización de diferentes muestras de ceniza de bagazo de caña de azúcar procedente de Honduras. Para ello, pretendieron realizar una caracterización físico-química, así como evaluar la reactividad puzolánica para su posible adición en morteros y hormigones. Sus conclusiones fueron que la influencia de la ceniza de bagazo sobre la resistencia a compresión de morteros fue significativa. Para probetas con un 25% de sustitución de cemento por ceniza curadas a 40°C durante 28 días, las probetas de SPS fueron un 15% más resistentes que las probetas control, mientras que las probetas de Choluteca presentaron un 9% más de resistencia que el control. En el caso de probetas curadas a 20°C durante 90 días, las probetas de SPS fueron un 14% más resistente que las de control y las probetas de Choluteca presentaron un 11% más de resistencia que las de control.

Obteniendo una conclusión general que es factible utilizar las cenizas de San Pedro Sula y Choluteca como adición puzolánica en morteros, generándose de esta manera una alternativa para el uso de estos residuos agrícolas que consiga un beneficio económico y medioambiental. Los resultados obtenidos abren la puerta al uso de la CBCA en prefabricados de base cementicia.

Así mismo se revisó la investigación de Asencio A (2014) que estudió el "Efecto de los Agregados de Concreto Reciclado en la Resistencia a la Compresión sobre el Concreto. Realizada en la Universidad Nacional de Cajamarca. En este trabajo se presenta el efecto de los agregados de concreto reciclado en la resistencia a la compresión sobre el concreto de $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$, obtenidos a partir de la elaboración de especímenes estándar según norma NTP 339.183:2013 o ASTM C 192, con agregados de concreto reciclado y agregados naturales para un $F'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ de diseño a los 28 días de edad. Los resultados experimentales mostraron que la resistencia a la compresión del concreto de $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con agregados

de concreto reciclado es 15.49% menor que el concreto de $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con agregados naturales.

De igual manera se revisó la investigación de Jordan J. & Viera N. (2014) que realizó el "Estudio de la Resistencia del concreto, Utilizando como agregado el Concreto Reciclado de Obra" Realizado en Universidad Nacional del Santa. Chimbote. Se estudió la dosificación idónea de cuatro concretos fabricados con diferentes porcentajes de agregado grueso reciclado (0% AR, el 25% AR, el 50% AR y el 100 % AR) con resistencia a compresión de $f_c = 21 \text{ o Kg/Cm}^2$ y $f_c = 175 \text{ Kg/Cm}^2$. En todos los concretos se utilizó arena natural (Cantera La Cumbre) y el agregado grueso natural utilizado (Cantera Huambacho). Se elaboraron 72 testigos cilíndricos 36 testigos cilíndricos con una resistencia a la compresión de $f_c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$ y 36 testigos cilíndricos con una resistencia a la compresión de $f_c= 175 \text{ Kg/Cm}^2$ (de diferentes porcentajes de Agregado reciclado). Se llevó a cabo una predicción analítica de los resultados, concluyendo que la mezcla con un aporte de 25% de agregado de concreto reciclado según los resultados, demuestran que. se tiene un incremento de la resistencia a la compresión de manera ascendente y homogéneo, sin embargo los gastos operativos en la producción del mismo son más elevados en comparación con la utilización del 50% de agregado de concreto reciclado, debido a que en esta proporción genera el uso de mayor cantidad de agregado grueso natural. Con lo dicho anteriormente concluyeron que el porcentaje más idóneo del agregado de concreto reciclado a utilizar, según los resultados obtenidos, demuestran que es de una proporción de 50% de agregado de concreto reciclado y 50% de agregado natural, en esta proporción se tienen un incremento de la resistencia a la compresión ascendente y homogéneo. La mezcla con un aporte del 100% de agregado de concreto reciclado según los resultados obtenidos demuestran que se tiene una irregularidad en la resistencia a la compresión, no siendo homogénea ni uniforme, estos presentan un alto grado de inestabilidad. Solo se recomienda su uso para construcciones ordinarias. (veredas, sobrecimientos, pisos, etc.). De los ensayos realizados se demuestra que el uso de agregado de concreto reciclado en la preparación de concreto, genera la utilización de mayor cantidad de agua, este

agregado presenta una mayor capacidad de absorción, debido a la porosidad de sus partículas producto del mortero adherido. Las propiedades físicas del agregado de concreto reciclado; como el peso específico, absorción y los pesos unitarios, dependerán del origen del concreto reciclado.

En la investigación de Lencinas F. & Incahuanaco B. (2017) “Evaluación de mezclas de Concreto con Adiciones de Ceniza de Paja de Trigo como Sustituto en Porcentaje del Cemento Portland Puzolánico IP en la Zona Altiplánica”. Se realizó esencialmente en el laboratorio de construcciones de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno; con el apoyo y servicio del laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Química de la misma Universidad y los servicios de la empresa “Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.” entre los meses de Junio y Diciembre del 2016, con el propósito principal de evaluar la resistencia a la compresión, trabajabilidad (asentamiento “slump”) del concreto fresco, propiedades de la ceniza de paja de trigo y su impacto ambiental al momento de la incineración, y por último el análisis económico con el uso de esta puzolana. Al realizar los ensayos de Resistencia a la Compresión (característica mecánica principal del concreto), se obtuvo que, con un contenido entre 2.5% y 5%, de ceniza de paja de trigo como sustituto en peso del cemento Portland Puzolánico IP; las Resistencias a la Compresión son semejantes a la del concreto Patrón $f'_c=210$ Kg/cm² y un slump (asentamiento) de 2.6”-2.1” (poca trabajabilidad). Por lo que la ceniza de paja de trigo actúa como sustituto del cemento Portland Puzolánico IP en un porcentaje de 2.5%-5%, reduciendo su trabajabilidad a un slump de 2.6”-2.1” respectivamente, y obteniendo valores de resistencia a la compresión semejantes a la del concreto patrón. Se realizaron ensayos comparativos entre el concreto patrón con una resistencia de $f'_c=210$ kg/cm² a los 28 días y un slump de 3.2” (trabajable), sin inclusión de la ceniza de paja de trigo; y un concreto con contenido de ceniza de paja de trigo en diferentes porcentajes (2.5%, 5%, 7.5%, 10%) como sustituto en peso del cemento Portland Puzolánico IP. Se utilizaron testigos de concreto de 4” de diámetro con 8” de altura y de 6” de diámetro con 12” de altura; las propiedades de los testigos de concreto fueron observadas a las edades de 7, 14 y 28 días; con un curado a una

temperatura promedio de 13°C (temperatura del agua y del medio normal en nuestra zona). su resistencia última a la tensión y su flexibilidad, que les permite ser consideradas como posible refuerzo en el concreto. Concluyendo que:

Al hacer uso de la ceniza de paja de trigo como sustituto en porcentaje del cemento portland puzolánico IP se ha obtenido resistencias con variaciones, superiores en 0.54% (con 2.5% de ceniza) e inferiores en 0.85% (con 5% de ceniza), con respecto a un concreto convencional (sin cenizas de paja de trigo) a la edad de 28 días; para este concreto, las adiciones de ceniza fueron de 2.5% y 5% del peso del cemento portland puzolánico IP y un asentamiento (slump) de 2.6 y 2.1 pulgadas respectivamente que nos indica una disminución de la trabajabilidad.

La composición química de la ceniza de paja de trigo resultante de la calcinación en un horno de ladrillo artesanal cumple con los requisitos químicos que exige la norma ASTM C 618-3 para el uso de puzolanas naturales calcinadas (artificiales); y una baja contaminación ambiental, al presentar poca liberación de gases contaminantes.

La inclusión de la ceniza de paja de trigo, como sustituto del cemento portland puzolánico IP, en mezclas de concreto en porcentajes entre 2.5% y 5% tienden a conservar la resistencia a la compresión a la edad de 28 días de su elaboración.

La inclusión de la ceniza de paja de trigo como sustituto del cemento portland puzolánico IP, en mezclas de concreto no aporta trabajabilidad a la mezcla, por el contrario esta se reduce notablemente a medida que se adiciona la puzolana artificial usada, debido a que la densidad de esta es mucho menor que la del cemento y se utilizó la misma relación agua-cementantes.

El uso de la ceniza de paja de trigo en la elaboración de mezclas de concreto es más económico que un concreto convencional. Al analizarlo en las mejores condiciones que son en 2.5% y 5% se tiene una diferencia de costos de S/. 2.60 y S/. 5.60 soles respectivamente, lo que se considera un ahorro al hacer uso de esta puzolana artificial.

Con respecto a los materiales y métodos utilizados, se tomó como referencia estudios realizados con respecto a otro tipo de puzolanas artificiales tales como son: ceniza de cáscara de arroz, ceniza volante, etc. Ya que en nuestro medio no existe estudios realizados acerca de la investigación a la ceniza de paja de trigo. Los materiales no cementantes usados (Agua y Agregados) fueron los más convencionales en nuestro medio, y se realizó el uso de ellos de manera igual tanto en mezclas con contenido de ceniza de paja de trigo como en mezclas sin contenido de esta.

La combustión de la paja de trigo, no contamina el medio ambiente, por el bajo contenido de gases contaminantes tanto para el medio ambiente como para el ser humano.

También se revisó la investigación de Cardona D. (2013), en este proyecto se pretendió encontrar la metodología para el procesamiento y caracterización química y física de la ceniza de las hojas de bambú. Para lograr este objetivo se utilizaron diferentes técnicas y procesos. La ceniza fue producida mediante la calcinación de las hojas de bambú a una temperatura aproximada de 650 °C durante dos horas en un horno eléctrico de laboratorio. Se evaluó el comportamiento puzolánico entre el hidróxido de calcio Ca(OH)_2 y la ceniza obtenida de la hoja de bambú (Blash), utilizando el método de conductividad, basado en la medición de la conductividad eléctrica en una solución Blash / Ca(OH)_2 con el tiempo de reacción entre ambos componentes. Otras técnicas experimentales también fueron empleadas, tales como la fluorescencia de rayos X (FRX), la difracción de rayos X (XRD), microscopía electrónica de barrido (SEM) y la medición de la distribución de tamaño de partícula (DTP). Los resultados del análisis químico de la ceniza de las hojas de bambú lograron determinar que este tipo de ceniza está formado por sílice con una naturaleza altamente amorfa y una elevada actividad puzolánica; con la posibilidad de ser usada como material de adición o de reemplazo en la preparación de morteros y concretos de alta resistencia. La evaluación de sus propiedades físicas o mecánicas se realizó mediante la elaboración de dos mezclas de mortero, la primera denominada mezcla de control y la segunda llamada mezcla de ensayo. Para esta última se hizo un reemplazo del 20% en peso de cemento Portland tipo III por ceniza de hoja de

bambú. Con los cubos de mortero obtenidos se evaluó el índice de actividad de resistencia, por medio del ensayo de compresión simple, fallando cubos a 7 y 28 días. Del ensayo de resistencia a la compresión se encontró que tanto los cubos de mortero de la mezcla sin reemplazo por ceniza, así como los cubos fallados de la mezcla de ensayo tuvieron resultados de esfuerzo a la compresión muy cercanos. El índice de actividad puzolánica logrado para la mezcla de ensayo con respecto a la mezcla de control fue de 99,25% para los cubos fallados a los 7 días, y de 95,91% para los cubos fallados a los 28 días. Para la elaboración de los cubos de mortero con reemplazo de ceniza fue necesario utilizar un 17,77% más de agua que la utilizada en la mezcla de control, alcanzando una relación agua -material cementante (a/cmte) de 0,57; mientras que para la mezcla de control se usó una relación a/cmte de 0,484. Si se tiene en cuenta que aumentar la cantidad de agua disminuye la resistencia a la compresión, la gran similitud de los resultados en la resistencia a la compresión de la mezcla de control y la mezcla con reemplazo muestra el excelente comportamiento del reemplazo con cenizas de hoja de bambú. La ceniza obtenida de las hojas de bambú puede ser considerada como una puzolana natural, de acuerdo con los parámetros de evaluación indicados en la ASTM C618.

Todos los seres humanos necesitamos una vivienda para poder crecer con nuestra familia, la vivienda es donde crecemos como personas y así nos verá la sociedad.

Sabemos también que la población mundial, nacional y regional va creciendo por lo que en un futuro no muy lejano tendremos que construir más viviendas para esta población.

Según las Naciones Unidas, la mitad de la población mundial vive hoy en ciudades y pronostica que en 25 años otros dos mil millones de personas se incorporarán a zonas urbanas.

Esto significa que unos tres mil millones de personas, el 40 por ciento de la población mundial, requerirá en 2030 de viviendas e infraestructura de servicios básicos.

En términos prácticos, eso representa construir diariamente 96 mil 150 casas, o cuatro mil por hora, desde ahora hasta el 2030, (Barroso et al, 2011).

Entonces el problema no está sólo en construir viviendas, está también en los escombros que deja la acción de construir.

Según datos de la Unión Europea, en 1992 los países miembros produjeron 200 millones de toneladas anuales de residuos de construcción y demolición. Parece clara y evidente la problemática originada por este tipo de residuos. Una problemática originada por el gran volumen generado de escombros, superior al de los desechos domésticos. Es demostrada la composición poco conflictiva de estos residuos, pues en términos generales son inertes, siendo la ocupación de grandes espacios uno de los principales problemas medio ambientales que provocan, pero, fundamentalmente, la degradación del paisaje cuando se vierten de manera incontrolada. (Barroso et al, 2011).

La ciudad de Huaraz, como ya se mencionó, también viene en crecimiento, provocando el uso de materiales para la construcción, renovación y rehabilitación de sus infraestructuras, esto nos lleva a observar que hay gran cantidad de residuos de construcción y demolición, que se llevan a diferentes lugares, muchos de ellos a botaderos sin licencia, que mayormente se encuentran a las riveras de los ríos, originando grandes estragos de tipo ambiental.

Así, podremos ver que estos escombros en botaderos no adecuados, disminuyen el área hidráulica de los ríos y quebradas, deteriora la belleza paisajística de la ciudad de Huaraz, ocasionando la proliferación de plagas como roedores e insectos. Estos materiales además de ser desperdiciados como posible material reciclable (escombros de cemento, plásticos y metales), funciona de suelo de cimentación para las familias que empiezan a habitar la zona, dejando en alta vulnerabilidad las viviendas, lo que puede traer consigo derrumbes y posteriores pérdidas humanas.

Por lo expuesto anteriormente, se plantea el siguiente problema de investigación:

¿La Sustitución del agregado grueso por concreto reciclado adicionando 15% de cenizas de hoja de capulí, mejorará la resistencia 210 kg/cm², para una mezcla de concreto $f'_c=210$ en la ciudad de Huaraz?

Cemento:

Se define como un material pulverizado que posee la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forma una pasta conglomerante o aglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables.

Grupo I, Cemento Portland

Se subdividen en 05 tipos:

- **Tipo I**, de uso normal, cuando no se requiere ninguna característica especial, se usa en toda obra civil normal.
- **Tipo II**, cemento de moderado calor de hidratación y resistencia moderada a la acción de los sulfatos, se usa cuando se requiere una resistencia moderada a la acción de los sulfatos y moderado calor de hidratación.
- **Tipo III**, cemento de altas resistencias iniciales, se utiliza cuando se requiere una rápida puesta de servicio de la estructura de concreto o ganancias rápidas de resistencia.
- **Tipo IV**, cemento de bajo calor de hidratación, se utiliza para la fabricación de concretos masivos.
- **Tipo V**, cemento de alta resistencia al ataque de los sulfatos, se utiliza en zonas donde la presencia de los sulfatos es elevada, (Oré, 2014).

Composición química cemento portland

Los componentes principales del cemento portland lo constituyen los silicatos y los aluminatos de calcio, estos compuestos se forman por la asociación química de diferentes óxidos como el óxido de calcio (CaO), que se representa químicamente en forma abreviada por la letra C, la sílica (Si O₂) que se representa por S, la alúmina (Al₂O₃) que se representa por A y el óxido de hierro (Fe₂ O₃) representado por F. Los compuestos principales resultados del proceso de fusión química en el horno son cuatro, sus nombres, fórmulas químicas abreviadas comunes se citan en la siguiente tabla: (Guerra, 2013).

Tabla N°1. Compuestos principales del cemento portland.

Nombre	Fórmula	Abreviación común
Silicato tricálcico	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	C ₃ S
Silicato dicálcico	$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	C ₂ S
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	C ₃ A
Aluminoferriotetracálcico	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	C ₄ AF

Fuente: IngTekch, El constructor Civil- 2010-Sitio Web

Según Apaza (2018), nos muestra también los porcentajes típicos que intervienen los compuestos en el cemento y sus respectivas abreviaturas con las que son conocidas o denominadas en la siguiente tabla:

Tabla N°2. Porcentajes típicos de Intervención de los óxidos

	Oxido componente	Porcentaje típico	abreviatura
Cal combinada	CaO	62.5%	C
Sílice	SiO ₂	21%	S
Alúmina	Al ₂ O ₃	6.5%	A
Hierro	Fe ₂ O ₃	2.5%	F
Cal libre	CaO	0%	
Azufre	SO ₃	2%	
Magnesio	MgO	2%	
Álcalis	Na ₂ O y K ₂ O	0.5%	
Perdida al fuego	P.F	2%	
Residuo insoluble	R.I	1%	

Fuente: (Polanco Madrazo & Setien Maquinez, N.P.), N.P, no precisa año

De la tabla anterior los primeros 4 componentes se encuentran libre en el cemento, éstos conforman los componentes potenciales, conocidos como “compuestos Bogue” que se muestran en la tabla 1.

Los compuestos químicos o fase como también se les conoce son calculadas y halladas mediante fórmulas que están plasmadas en la norma ASTM C150, cabe indicar que estas fases no son compuestos verdaderos en un sentido químico, pero sin embargo proporcionan una información muy valiosa para la predicción de las propiedades del cemento.

Efectos de los componentes

El comportamiento del cemento y sus efectos se debe principalmente a la contribución de cada uno de los cuatro compuestos del cemento Portland, así como también por los compuestos secundarios, estos efectos se ven cuando el cemento pasa de su estado plástico al endurecido después de la hidratación. Conocer el comportamiento de cada uno de estos compuestos durante el proceso de hidratación permite afinar las cantidades y proporciones de cada uno para su fabricación y así poder producir con las propiedades de un cemento óptimo.

El Silicato Tricálcico, C3S, es el principal compuesto activo para la constitución de 50% al 70% del Clinker, este compuesto es el que interviene directamente a la alta resistencia inicial del cemento Portland, pasa del estado fraguado inicial al estado final en horas asimismo al reaccionar con el agua desprende una gran cantidad de calor, llamado calor de hidratación. Va en relación directa con el calor de hidratación quiere decir a mayor porcentaje de C3S mayor resistencia.

El Silicato Dicálcico, C2S, este compuesto constituye del 15% al 30% del Clinker y es el responsable de la resistencia adquirida posterior a la pasta de cemento, el proceso de hidratación y endurecimiento avanza muy lento debido a que este compuesto genera un bajo calor de hidratación, además contribuye al aumento de la resistencia a edades mayores de 7 días.

Aluminato Tricálcico, C3A, constituye aprox. Del 5% al 10% del Clinker al ser hidratado inicia un fraguado instantáneo del cemento Portland, liberando calor de hidratación y posee vulnerabilidad química a la acción de los sulfatos.

El Ferroatluminato Tetracálcico, C4AF, este producto o compuesto constituye aprox. Del 5% al 15% del Clinker y actúa como relleno con poca o ninguna resistencia, es similar al C3A porque se hidrata con rapidez y desarrolla baja resistencia también posee componentes químicos que benefician a la resistencia contra las aguas selenitosas y agresivas, (Apaza, 2018).

Propiedades del Concreto Fresco

Trabajabilidad

Es la facilidad o dificultad del concreto para ser mezclado, y la mezcla sea transportada y colocada con poca pérdida homogénea.

También se entiende por Trabajabilidad a aquella propiedad del concreto al estado no endurecido la cual determina su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad; así como para ser acabado sin que se presente segregación.

Es la propiedad del concreto en estado fresco la cual determina su capacidad para ser mezclado, manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad; así como para ser acabado sin que se presente segregación (Oré, 2014).

Consistencia

Es el grado de humedecimiento de la mezcla y existen diversos métodos para su determinación como son la prueba de revenimiento o slump, esta prueba es la más difundida universalmente y mide solo la consistencia del concreto. (NTP 339.035, 1999), (Apaza, 2018).

Según Oré (2014), es una propiedad, en estado fresco, que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla, mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

Exudación

Propiedad que se define como la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie. Este ensayo se rige en base a la (NTP 339.077, 1999), (Apaza, 2018).

Segregación

Está definida como la separación de los componentes del concreto debido al tamaño de sus partículas que actúan por gravedad y dosificación, generando en algunos casos las cangrejeras, (Apaza,2018).

Peso unitario

El concreto convencional normalmente usado en pavimentos, edificaciones y otras estructuras, tiene un peso específico (densidad, peso volumétrico, masa unitaria) (NTP 339.046, 1999).

Propiedades del Concreto Endurecido

Resistencia

Según Speicher (2007) define a la resistencia como la propiedad de resistir esfuerzos mecánicos y de temperatura a las cuales se somete la estructura durante su vida útil. La resistencia es la propiedad que va soportar el esfuerzo mecánico a los cuales estará sometido la estructura durante su puesta en marcha, un concreto portland deberá ser económico y a la vez satisfacer las propiedades anteriores de tal manera de rentabilizar la obra.

Según Oré (2014) Es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad.

Durabilidad

El concreto debe ser capaz de endurecer y mantener sus propiedades en el tiempo aun en aquellas condiciones de exposición que normalmente podrían disminuir o hacerle perder su capacidad estructural. Por tanto, se define como concreto durable a aquel que puede resistir, en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicio a las cuales él está sometido.

Es la capacidad, una vez endurecido, de mantener sus propiedades en el tiempo, aún en aquellas condiciones de exposición que normalmente podrían disminuir o hacerle perder su capacidad estructural. Por tanto, se define como concreto durable a aquel que puede resistir, en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicio a las cuales el concreto está sometido, (Oré, 2014).

Impermeabilidad

Esta propiedad del concreto tiene la capacidad de impedir el paso del agua a través de él y es muy importante sobre todo en aquellos casos donde hay presencia de agentes agresivos nocivos que puedan afectar al acero de refuerzo y del concreto mismo, (Apaza,2018).

Curado del Concreto

Según el manual de construcción de Aceros Arequipa (2019). El curado de concreto es un proceso que consiste en mantener en un ambiente húmedo el concreto por varios días después del vaciado, con el propósito de que este adquiera la totalidad de su resistencia ($f'c$) especificada en el plano y además para evitar probables rajaduras superficiales.

Los agentes mas perjudiciales para el concreto recién vaciado son el sol y el viento, porque lo secan excesivamente. Debe evitarse que estos lleguen a la mezcla.

El concreto llega a un porcentaje significativo de su resistencia tan sólo a los 7 días del vaciado. Por ejemplo, si se usa un cemento tipo I, su resistencia llegará a la semana al 70% del $f'c$ especificado. Su resistencia final, al 100%, dependerá en gran medida de la humedad del concreto.

De no realizarse el correspondiente curado, el resto de la resistencia que le falta adquirir, es decir el 30%, puede perderse por un secado prematuro del concreto lo cual lo convertiría en un material de baja calidad. Para evitar esta peligrosa situación, el concreto debe curarse al menos durante 7 días, y en trabajos más delicados, hasta 14 días.

Agregado Fino

El agregado fino es el material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasan el tamiz de 3/8" (9.51mm) y es retenido en el tamiz N°200 (74um). Norma Técnica Peruana 400.011

Propiedades físicas

El agregado fino a utilizarse en el mortero debe cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad según las especificaciones técnicas de las normas peruanas.

Para la gradación de la arena se utilizan las mallas N° 04 el cual debe pasar en un 100% todo el material, además de las mallas N° 08, 16, 30, 50, 100 y 200; el agregado no debe tener más de 50% de retenido en dos mallas consecutivas y a la vez debe tener como máximo 25% entre la malla N° 50 y 100.

Tabla N°3 Granulometría del Agregado Fino

MALLA ASTM	% QUE PASA
N° 4 (4.75 mm)	100
N° 8 (2.36 mm)	95 a 100
N° 16 (1.18 mm)	70 a 100
N° 30 (0.60 mm)	40 a 75
N° 50 (0.30 mm)	10 a 35
N° 100 (0.15 mm)	2 a 15
N° 200 (0.075 mm)	Menos de 2

Fuente: carrillo r. (2017). resistencia de mortero con cemento sustituido al 4% y 8% de la combinación de cenizas de lodo de papel y polvo de concha de coquina (*donax trunculus*).

La granulometría se refiere a la distribución de las partículas de arena. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados.

La norma técnica peruana establece las especificaciones granulométricas. El módulo de finura es un índice aproximado y representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra de arena, se usa para controlar la uniformidad de los agregados. La arena debe tener un módulo de finura entre 2.3 y 3.1, (Carrillo R, 2017).

Agregado Grueso

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz N° 4, proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc.

La piedra partida o chancada se denomina así al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas. El peso de la piedra chancada se estima en 1450 a 1500 kg/cm³.

Selección del tamaño máximo Nominal de Agregado Grueso

La norma INTINTEC 400.037 define al tamaño máximo nominal como aquel que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

La norma INTINTEC 400.037 define al tamaño máximo nominal como a aquel que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

Agua para el Concreto

Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo, algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, en nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades. El estudio de las características del agua a utilizar en la mezcla del concreto adquiere gran importancia ya que este material interviene en la reacción química con el material cementante (cemento) para lograr: La formación de gel en estado fresco, faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma, en estado endurecido; la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas, (Sánchez et al, 2015).

Concreto Reciclado

El término escombros se le da al material residuo de actividades como demolición, remodelación y construcción. Normalmente, los escombros se clasifican como residuos urbanos, aunque están más relacionados con una actividad industrial que

doméstica. La tendencia de la construcción sostenible es llegar a la búsqueda de la eficiencia y reducción de impactos desfavorables en las distintas labores de ingeniería.

El concreto reciclado es simplemente el concreto viejo que se triturará para producir partículas con características de agregado, (Marroquín E, 2012).

Factibilidad técnica

Cuando se exponen importantes ventajas de la reutilización y el reciclaje de escombros para crear nuevos concretos, es indudable que el beneficio ambiental para los ecosistemas urbanos es evidente y cuantificable. Pero, de acuerdo a las dinámicas de una sociedad en la cual hasta ahora el factor económico predomina por encima del factor ambiental, se hace necesaria la comprobación científica acerca del desempeño de un material que utilizará escombros como agregados.

Factibilidad económica

Aunque el concreto reciclado como escombros presenta un balance ambiental y técnico positivo, entonces de ser empleado en la construcción de nuevas obras y remodelación de aquellas existentes, aún no es motivo suficiente para que éste se introduzca como un material de uso normal en una comunidad, ya que tanto para habitantes, constructores y autoridades municipales es fundamental el factor económico, es decir, el costo que un material actualmente no convencional tendrá en el mercado. Esta es una realidad a la que no se le puede dejar de lado, en tal sentido se mostrará en los próximos capítulos un análisis comparativo con el concreto reciclado y un concreto convencional.

Tipos de desechos

Los tipos de desechos utilizados para el concreto reciclado son provenientes de obras que han sufrido daños por causas naturales, malas planificaciones, obras que han cumplido su funcionalidad y materiales provenientes de industria de concreto, piso u otro material manufacturado, seleccionándolos según sus características físicas.

Demolición

Estos residuos proceden de la remodelación y demolición de edificios, de proyectos de repavimentación de carreteras, reparación de puentes y de limpieza asociada con desastres naturales. Normalmente los residuos están constituidos mayormente por concreto, asfalto, ladrillos, bloques y suciedad, otro porcentaje por madera y productos relacionados y un pequeño porcentaje de residuos misceláneos.

Desastres naturales

Por su naturaleza, los desastres naturales se pueden caracterizar en un rango que va desde los desastres climatológicos (huracanes, tornados, inundaciones, sequías) hasta los geológicos (terremotos, deslizamientos, erupciones volcánicas). Los desechos se generan cuando las construcciones civiles colapsan por cualquiera de estos fenómenos naturales.

Otros

Escombros generados por laboratorios provenientes de los ensayos a compresión de ladrillos, bloques, tubos y columnas de concreto, adoquines, baldosas de cemento líquido, cilindros de concreto, y desperdicio de concreto fresco. Así como desperdicios provenientes de industria de concreto, piso u otro material manufacturado. (Marroquín E, 2012).

Impacto ambiental

Aparte de las ya conocidas repercusiones ambientales asociadas a los trabajos de construcción y demolición (producción de ruidos y vibraciones, polvo, contaminación atmosférica, interferencias en el tráfico rodado o peatonal, etc.),

conviene recordar aquí otros aspectos ligados al transporte, tratamiento y/o eliminación de los residuos de construcción y demolición (RCD).

A este respecto, el transporte de los RCD presenta efectos similares a los de cualquier otro transporte pesado, como la contaminación del aire por los gases de escape, la producción de ruido y vibraciones, el consumo de recursos energéticos y sus efectos derivados, etc.

En esta área, la recuperación y reciclado de RCD tiene repercusiones beneficiosas en cuanto a disminuir los impactos ambientales asociados al transporte, debido básicamente a las reducciones de las cantidades de materiales a eliminar en lugares de vertido más distantes y de las cantidades de materiales vírgenes que son sustituidos por los recuperados. (cruz J, 2004).

El impacto ambiental que genera la eliminación de una estructura, ya sea parcial o total, el impacto de los desastres naturales en las construcciones y los residuos que generan laboratorios e industrias de materiales de construcción hacen una gama notable de residuos que causan un impacto en el medio ambiente. Estos residuos, en términos generales son inertes, siendo la ocupación de grandes espacios, generando polvo y ruido, siendo estos los principales problemas medio ambientales que provocan, fundamentalmente, la degradación del paisaje cuando se vierten de manera incontrolada.

Encontrar la manera de manejar estos desechos es, de importancia logrando que se eliminen vertederos inadecuados de residuos procedentes de la construcción que se extienden por toda la ciudad. Y darle una aplicación a estos desechos que beneficien a los habitantes, así como a las ciudades, (Marroquín E, 2012).

Con el paso del tiempo la exigencia de una mejora en la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y del paisaje motiva a que en el ámbito de la construcción se controlen estos residuos por medio de una gestión adecuada y, si es posible, minimizar las cantidades de los residuos desechados y hacer que puedan ser reciclados y en el mejor de los casos reutilizados, (Marroquín E, 2012).

Abrasión por medio de la máquina de Los Ángeles

Este método describe el procedimiento para determinar el porcentaje de desgaste de los agregados de tamaños menores a 1 ½” (3.75 mm) y agregados gruesos de tamaños mayores de ¾”, por medio de la máquina de Los Ángeles.

Máquina de los Ángeles

La máquina de los Ángeles tiene las siguientes características. Consiste en un tambor cilíndrico hueco de acero, cerrado en sus extremos, que tiene un diámetro interior de 28 pulgadas (711±5 mm) y longitud interior de 0,2 pulgadas (508 ± 5 mm), Este tambor se montara sobre ejes fijados en sus extremos, pero sin penetrarlo. de tal manera que pueda girar alrededor de estos ejes, en posición horizontal, con una tolerancia de 1:100 en su pendiente. Para facilitar la introducción de la muestra, deberá construirse una puerta en el tambor. Esta puerta deberá ser hermética, para evitar salida de polvo, debidamente fijada al tambor y fácil de quitar.

Esta puerta debe diseñarse de tal manera que tenga la forma de la superficie cilíndrica y se cierra herméticamente para no dejar escapar polvo durante la ejecución del ensayo. Un perfil angular de acero removible proyectado radialmente en la parte inferior del tambor montado mediante pernos o tasadores. Se debe evitar que la carga abrasiva golpee la puerta o no tenga contacto con ella durante la prueba.

Un perfil angular de acero removible, proyectado radialmente 3.5 ± 0.1 pulgadas (89±2 mm.) en la parte interior del tambor de montar a lo largo de uno de los lados de la superficie cilíndrica interior del tambor, o en la superficie interior de la puerta.

El perfil angular deberá tener un espesor apropiado y estar montado, mediante pernos, pasadores, u otro medio adecuado, de tal modo que sea firme y rígido. La posición del perfil angular deberá ser tal que la distancia del perfil a la abertura de la puerta, medida a lo largo de la circunferencia exterior del tambor, en la dirección de rotación, no sea menor de 50 pulgadas (1,27 m).

Carga Abrasiva a utilizar

La cantidad de material a ensayar y el número de esferas a incluir depende de la granulometría del agregado grueso. En las tablas N° 01 y N° 02, se muestra el método a emplear, así como la cantidad de material, número de esferas, número de revoluciones y tiempo de rotación para cada una de ellos. La gradación que se use deberá de ser representativa de la gradación original del material suministrado para la obra. (Condori M, 2012).

Tabla N°4: peso de agregado y número de esferas para agregados gruesos hasta de 1 ½ “ (ensayo de abrasión astm c – 131)

MÉTODO		A	B	C	D
Pasa tamiz	Retiene tamiz	Cantidad de material a emplear (gr.)			
(1 ½ “)	(1”)	1250 ± 25			
(1”)	(3/4”)	1250 ± 25			
(3/4”)	(1/2“)	1250 ± 10	2500 ± 10		
(1/2“)	(3/8”)	1250 ± 10	2500 ± 10		
(3/8”)	(1/4”)			2500 ± 10	
(1/4”)	(N° 4)			2500 ± 10	
(N° 4)	(N° 8)				5000 ± 10
Peso Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
N° de esferas		12	11	8	6
N° de revoluciones		500	500	500	500

Fuente: Condori M. (2012). Abrasión por medio de la máquina de los ángeles

Tabla N° 5: peso de agregado y número de esferas para agregados gruesos de tamaños mayores a ¾” (ensayo de abrasión astm c – 535)

MÉTODO		E	F	G
Pasa tamiz	Retiene tamiz	Cantidad de material a emplear (gr.)		

(3")	(2 ½")	2500 ± 50		
(2 ½")	(2")	2500 ± 50		
(2")	(1 ½")	2500 ± 50	5000 ± 50	
(1 ½")	(1")		5000 ± 25	5000 ± 25
(1")	(¾")			5000 ± 25
Peso Total		10000 ± 100	10000 ± 75	10000 ± 50
N° de esferas		12	12	12
N° de revoluciones		1000	1000	1000

Fuente: Condori M. (2012). Abrasión por medio de la máquina de los ángeles

Capulí

Prunus serotina, cerezo negro americano, Capulí; es un árbol de la familia de las rosáceas, originaria de Norteamérica del este de Quebec meridional y de Ontario del sur a Texas, la Florida central. Es una especie del subgénero *Padus* con las flores en racimos, y es un árbol de hoja caduca que crece 15-30 m de alto. Las hojas son simples, de 6-14 centímetros de largo, con el margen serrado. La fruta tiene 1 centímetro de diámetro y es algo astringente y amarga si se come fresca, también la consumen los pájaros, para quienes la astringencia no es desagradable.

Se relaciona de cerca con el capulín de Virginia (*Prunus virginiana*), del que se diferencia por las hojas más grandes y las cerezas, que cuando están maduras son negras, no rojas. También se confunde con el capulín: *Prunus salicifolia* de México. En Europa se confunde con el cerezo aliso (*Prunus padus*), del cual se diferencia por las hojas, que son brillantes, y las flores, que aparecen más tarde (serotino significa tardío), unas semanas después de las hojas. Por eso, en muchos idiomas (francés, italiano, alemán), esta especie se llama cerezo tardío.

Propiedades

Del capulí se utilizan las hojas, el cogollo, y las ramas, para fines medicinales; y la fruta por su valor nutricional.

Las hojas y los cogollos de esta planta se utilizan para calmar los cólicos, y las molestias del reumatismo. Es efectivo para combatir el malestar de la gripe, tiene propiedades expectorantes, alivia los accesos de tos, por lo que está indicado para la bronquitis, tos, ahogo y color azulado por falta de oxígeno, el catarro de las vías respiratorias y la tos convulsiva.

Uso externo: En los Andes, en el sur de Ecuador se utilizan las ramas de capulí, algunas veces conjuntamente con otras plantas para varias ceremonias de limpia.

Principios activos: Las hojas contienen un aceite esencial, grasa, resina, tanino, amigdalina, glucosa, un pigmento pardo y sales minerales. La corteza contiene, pigmento pardo, amigdalina, almidón, ácido gálico, grasa, calcio, potasio, y hierro. La corteza, hojas y semillas, en contacto con el agua, liberan ácido cianhídrico o cianuro de hidrógeno (HCN), por esta razón debe manipularse con cuidado.

Contraindicaciones: No ingerir preparaciones que contengan hojas de capulí en dosis elevadas, ni por períodos prolongados, debido al ácido cianhídrico que liberan sus hojas, corteza y semillas. (Killeen *et al*, 1993).

Operacionalización de variable:

Variable dependiente: “Resistencia del Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ”

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia del Concreto a la compresión	Es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. (Oré, 2014)	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta de mortero bajo una carga capaz de cumplir con las condiciones indicadas en la norma N.T.P.	Kg/cm ²

Variables Independientes:

Sustitución de Concreto Reciclado y Adición de 15% de Ceniza de Hoja de Capulí

VARIABLES	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Sustitución de agregado grueso por Concreto Reciclado y Adición de Ceniza de Hoja de Capulí	Sustitución de Concreto Reciclado por agregado grueso y Adición de 15% de Ceniza de Hoja de Capulí en comparación a un diseño convencional de concreto.	Concreto reciclado, 15% de ceniza de hojas de Capulí.

En la presente tesis se formuló la siguiente hipótesis: La Sustitución del agregado grueso por concreto reciclado adicionando 15% de cenizas de hoja de capulí mejorará la resistencia, para una mezcla de concreto $f'c=210$ kg/cm² en la ciudad de Huaraz.

El objetivo General del presente estudio es: Determinar la resistencia a la compresión del concreto en la ciudad de Huaraz, después de Sustituir el agregado grueso por concreto reciclado adicionando 15% de cenizas de hoja de capulí. Y como objetivos específicos:

Describir las características del concreto reciclado.

Determinar el rango de activación de la hoja de capulí mediante la activación térmica diferencial.

Determinar la composición química de la ceniza de hoja de capulí utilizando Fluorescencia de Rayos X.

Determinar el PH del cemento, ceniza de la hoja de capulí y de la mezcla de cemento con ceniza de hoja de capulí.

Determinar la relación A/C de la de la mezcla patrón ($f'c=210$ kg/cm²), y la experimental.

Determinar la resistencia a la compresión de la mezcla patrón y experimental.

Analizar, comparar e interpretar resultados.

II. METODOLOGÍA

El tipo de la presente investigación, según el proceso es aplicada, porque la investigación está orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a procurar soluciones a fin de conocer el efecto de Sustituir el Agregado Grueso por concreto reciclado y Adicionarle 15% de Ceniza de Hoja de Capulí.

En coherencia con el fin de la ciencia es explicativa porque los datos de la investigación serán obtenidos por observación de los fenómenos condicionados por el investigador. Se utiliza la experimentación.

Tabla N°06. Diseño en bloque cantidad de probetas según días de curado y porcentaje de adición de Ceniza de capulí.

Días de Curado	RESISTENCIA A COMPRESION DE CONCRETO SUSTITUYENDO CENIZA DE HOJA DE CAPULÍ					
	Mezcla Patrón			15%		
7						
14						
28						

\bar{x} : Promedio de Resistencia

Fuente: Elaboración propia

La población está conformada por probetas que fueron elaboradas en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro y la muestra es un subconjunto de casos o individuos de una población estadística, Para este estudio se trabajó con una muestra de 18 probetas de concreto, 9 probetas con mezcla patrón y 9 probetas con sustitución del agregado grueso por concreto reciclado y adición de 15% de ceniza de hoja de capulí.

En esta etapa de diseño, los tratamientos fueron asignados en forma aleatoria dentro de cada bloque, se va evaluar dos tratamientos con tres repeticiones cada uno durante 7, 14 y 28 días.

Se aplicó como técnica la observación ya que la percepción del material debe ser registrada en forma cuidadosa y experta. Todo lo observado se puso por escrito lo antes posible. Para esto utilizó como instrumento una guía de observación resumen que nos permitirá elaborar sistemas de organización y clasificación de la información de los diversos ensayos y de la resistencia a la compresión.

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos será posterior a los ensayos respectivos apoyados en una hoja de cálculo Excel y el SPSS.

Para realizar el análisis de los datos se tuvo presente:

Extracción de materiales

El Agregado grueso y fino se extrajeron de la cantera y chancadora “ROLAN” ubicado al lado de la cuenca del Rio Santa, en las coordenadas: Este: 221615.52 - Norte: 8943635.03 a una altura: 3051 msnm.

El concreto reciclado se obtuvo de las probetas almacenadas en la Universidad San Pedro-Huaraz que están normados por las especificaciones ASTM C-31, que indica que la probeta estándar para la resistencia a compresión del concreto tiene como dimensión máxima de 50 milímetros (2 pulgadas), o menor de 150 milímetros (6 pulgadas) de diámetro por 300 milímetros (12 pulgadas) de altura, además, fueron ensayados a 3, 7, 28 días.

Las cuales se llevaron a la chancadora “ROLAN”, ya que el tamaño máximo nominal del agregado grueso del concreto patrón es de $\frac{3}{4}$ ”, pedimos a la chancadora que triture nuestras probetas a ese mismo tamaño nominal, esto para poder comparar nuestro diseño de mezcla patrón con el experimental, obteniendo el material suficiente para hacer los ensayos requeridos para realizar nuestro diseño de mezcla experimental.

Extracción, Pre-quemado y Quemado de las hojas de Capulí

La recolección de la hoja de capulí fue extraída del caserío de Cajapampa, distrito de Ranrahirca, Provincia de Yungay.

Toda extracción de la muestra de hojas de capulí se realizó de forma manual usando herramientas caseras de bajo costo, después del secado, se realizó el pre quemado, separando de la muestra prequemada 12.5 gr. enviando la muestra al laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, departamento de materiales, laboratorio de polímeros, para realizar el Análisis Térmico diferencial (DTA), con este ensayo de laboratorio (DTA), con este dato pudimos hacer los siguientes ensayos de laboratorio como son: quemar la muestra prequemada en un

horno eléctrico una temperatura controlada, ensayo de fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía, Ph de la ceniza, peso específico y resistencia del concreto a la compresión.

Los ensayos de los agregados se realizaron en el laboratorio de Mecánica de suelos de la Universidad San Pedro SAD Huaraz, como son contenido de humedad según ASTM D2216-71, Análisis granulométricos, Peso específico y absorción según ASTM C29, NTP 400.022, Pesos unitarios suelto y compactado según ASTM C29/C29M NTP 400.017. Módulo de fineza según NTP 400.037. Los datos obtenidos sirvieron para desarrollar el diseño de mezcla de concreto patrón y experimental.

Se hizo el cálculo de dosificación para el Diseño de Mezcla de los Especímenes de concreto patrón y experimental.

Teniendo la dosificación de los materiales utilizados se buscó la relación A/C del concreto experimental y patrón con una relación A/C de 0.68, según lo indicado en la NTP 339.033, dicho ensayo se hizo en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro. Para el concreto experimental con sustitución del agregado grueso por concreto reciclado adicionando 15% de ceniza de capulí se empleó la relación A/C de 0.70 respectivamente para mejorar la trabajabilidad al momento de elaborar las probetas cilíndricas de 15 x 30cm.

El ensayo de resistencia de concreto a la compresión según NTP 339.084:2012 equivalente a ASTM C496/C496M – 1, de los especímenes cilíndricos de concreto a edades de 7, 14 y 28 días se hicieron en el laboratorio de materiales de la Universidad San Pedro SAD Huaraz.

Se utilizaron los datos para poder representarlos en tablas, gráficos, porcentajes, promedios, varianzas y prueba de hipótesis ANOVA.

III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en diversos laboratorios, se muestran a continuación:

Extracción, Pre-quemado y Quemado de las hojas de Capulí

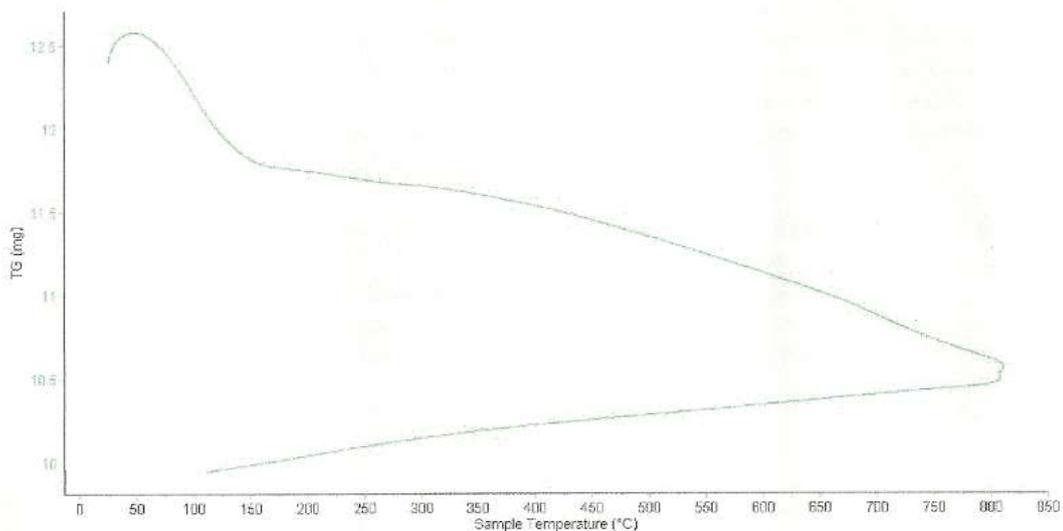
La recolección de la hoja de capulí fue extraída del caserío de Cajapampa, distrito de Ranrahirca, Provinia de Yungay.

Toda extracción de la muestra de hojas de capulí se realizó de forma manual usando herramientas caseras de bajo costo como: guantes, machetes y costales, al inicio se recolecto 200g de hojas para ser secadas por 2 días, para realizar el pre quemado obteniendo un aproximado de 50 gr. de muestra de ceniza pre quemada, esta misma se envió al laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, departamento de materiales, laboratorio de polímeros, para realizar el Análisis Térmico diferencial (DTA), este ensayo nos sirvió para poder obtener la recolección total de hojas de capulí que en total fueron 6 costales.

Resultados del laboratorio de Análisis Térmico Diferencial

Figura 1. Análisis Termo Gravimétrico de la Ceniza de Capulí

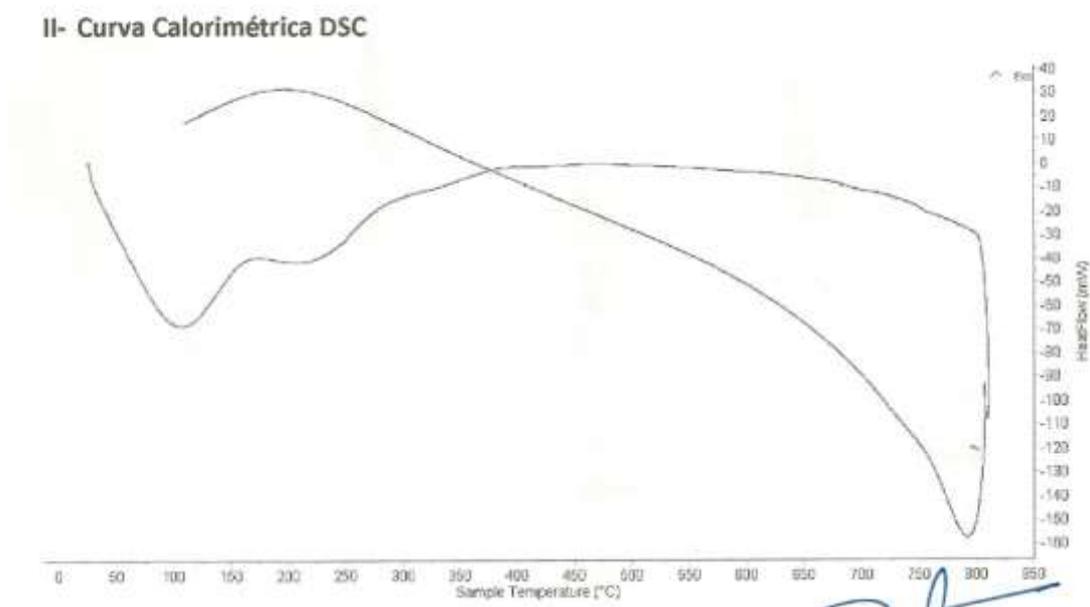
I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



Fuente: Laboratorio de polímeros de la UNT

Según el análisis Termo gravimétrico se muestra un importante descenso como consecuencia de su pérdida de masa frente a la temperatura, en el rango entre 80 y 120°C esto por causa de eliminación de humedad. Posteriormente el descenso es gradual hasta llegar a perder un total de 15% de su masa inicial en el rango de temperatura estudiado.

Figura 2. Curva calorimétrica DSC de la Ceniza de Capulí



Fuente: Laboratorio de polímeros de la UNT

De acuerdo a la gráfica la curva muestra un pico endotérmico a aproximadamente 120 y una región térmica entre 190 y 220 °C. y experimenta un ligero poco endotérmico a 750°C lo que indica un posible cambio de fase y cambio en las propiedades del material.

El equipo utilizado fue: Analizador térmico simultaneo TG, DTA, DSC cap. Max. 1600°C SetSys Evolución.

Con los resultados de este ensayo se quemó en un horno eléctrico en el laboratorio de química de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), quemando 12 kg de hojas de capulí por 2 horas, para obtener 3.1 kg de ceniza. Este

último ensayo nos servirá para tener un sustento científico al momento de realizar los ensayos de laboratorio como son: ensayo de fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía, Ph de la ceniza, peso específico y resistencia del concreto a la compresión.

Características Químicas

Tabla N 7 Resultado De Fluorescencia De Rayos X de la ceniza de Capulí

Óxido	% Masa	Normalizado
Al ₂ O ₃	12.229	14.901
SiO ₂	5.463	6.656
P ₂ O ₅	11.720	14.28
SO ₂	1.431	1.743
ClO ₂	0.682	0.831
K ₂ O	18.275	22.267
CaO	30.623	37.312
TiO ₂	0.058	0.071
MnO	0.390	0.475
Fe ₂ O ₃	0.860	1.048
Ni ₂ O ₃	0.004	0.005
CuO	0.016	0.020
ZnO	0.113	0.137
Rb ₂ O	0.006	0.007
SrO	0.135	0.165
ZrO ₂	0.005	0.006
BaO	0.059	0.072
Totales	82.072	100

Fuente: Laboratorio de Arqueometría de la UNMSM

El análisis de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental, incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber

pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada “suelo de san Joaquín” adquirida de la NIST.

En la Tabla N°7 muestra los resultados del análisis elemental de esa muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos mas estables que se pueden formar en el proceso de calcinación y luego se normalizan para da un total de 100%. Debe recalcar que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.

Peso específico de la ceniza

Colocamos el frasco de Le Chatelier en el Baño María hasta, el cual permite determinar el volumen a una cierta masa.

Tabla N°8 Peso específico de la ceniza del Capulí y Para el uso en el diseño de mezcla

Peso del Material	150	gr
Volumen de Desplazamiento	48.5	gr/cm ³
Peso específico de la ceniza	3.09	gr/cm ³
Peso específico del cemento	3.15	gr/cm ³
Peso específico para diseño de mezcla	3.14	gr/cm ³

Fuente: Laboratorio de la Universidad San Pedro-Huaraz

Ph de la Ceniza de Capulí combinado con concreto

El Ph es una medida de acidez o alcalinidad que indica la cantidad de iones de hidrógeno presentes en una solución o sustancia, para saber si es alcalina o ácida, se mide del 0 al 14, donde 7 la medida es neutra, cuando más se acerca al cero, más ácida, cuando más se acerca al 14 más alcalina.

Figura N° 3: Ph de la ceniza combinado con concreto

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	MC - CA 15%
					Fecha de muestra ¹	23/11/2017
					Hora muestra ¹	11:35
					Código del Laboratorio	OT170163
FOCZ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE CENIZAS					
FOCZ 02	pH (en laboratorio)	Unid. pH	NOM21-AS - 02 (*)		12.65

Fuente: Laboratorio de calidad ambiental UNASAM.

Ph de la Ceniza de Capulí

Figura N° 4: Ph de la ceniza

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	MC - 0
					Fecha de muestreo ¹	23/11/2017
					Hora muestreo ²	11:30
					Código del Laboratorio	OT170162
FQZ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS -MUESTRA DE CENIZAS					
FQZ 02	pH (en laboratorio)	Unid. pH	NOM21 -AS - 02 (*)		12.14

Fuente: Laboratorio de calidad ambiental UNASAM.

Propiedades de los materiales

Los ensayos realizados a los agregados fino y grueso son:

Contenido de humedad

El presente modo operativo establece el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de agregado fino y grueso. El contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de agregado fino y grueso.

Tabla N° 9 Ensayo de contenido de humedad de agregado fino

AGREGADO GRUESO		
recipiente N°	N°10	N° 28
peso de recp. + suelo humed.	1,259.50	1,166.40
peso de recp. + suelo seco	1,253.00	1,160.40
peso de recipiente (gr)	170.20	172.50

peso de agua	6.50	6.00
peso de suelo seco	1,082.80	987.90
humedad (W%)	0.60	0.61
humedad promedio	0.60	

Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

Tabla N° 10 Ensayo de contenido de humedad de agregado fino

AGREGADO FINO		
recipiente N°	N°6	N°36
peso de recp. + suelo humed.	851.30	896.10
peso de recp. + suelo seco	837.00	862.00
peso de recipiente (gr)	165.60	163.80
peso de agua	14.30	34.10
peso de suelo seco	671.40	698.20
humedad (W%)	2.13	4.88
humedad promedio	3.51	

Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

Análisis granulométrico de agregado fino

Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5 mm. Los agregados finos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: Deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento.

Los resultados del análisis de contenido de humedad según ASTM D2216-71 se obtuvo la humedad promedio 0.6% para el agregado grueso y 3.5% el agregado fino.

Tabla N° 11 Ensayo de análisis granulométrico de arena

AGREGADO FINO					
TAMIZ	ABERT	PESO RETEN.	% RETEN.	% RETEN.	% QUE
N°	(mm)	(gr)	PARCIAL	ACUMULADO	PASA

3/8"				0.00	100.00
4	4.75	12.50	0.55	0.55	99.45
8	2.36	324.20	14.31	14.87	85.13
16	1.18	336.10	14.84	29.70	70.30
30	0.60	520.50	22.98	52.69	47.31
50	0.30	627.30	27.70	80.38	19.62
100	0.15	326.50	14.42	94.80	5.20
200	0.08	72.26	3.19	97.99	2.01
FONDO		45.60	2.01	100.00	0.00
TOTAL		2,264.96			
	Módulo de finura		2.73		

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

De la tabla 10 del Análisis granulométrico del agregado fino se obtuvo un módulo de finura igual 2.73, tamaño máximo nominal N° 4, por el proceso de lavado hubo una diferencia de 45.60 gr del peso inicial seco. El agregado se encuentra dentro del límite permisible.

Figura 5: Curva granulométrica del agregado fino



propia

Elaboración

Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

Análisis granulométrico del agregado Grueso

Tabla N°12 Ensayo de análisis granulométrico de la grava

AGREGADO GRUESO					
TAMIZ	ABERT	PESO RETEN.	% RETEN. PARCIAL	% RETEN. ACUMULAD O	% QUE PASA
N°	(mm)	(gr)			
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2 1/2"	63.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	0.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	4,625.30	32.89	32.89	67.11
1/2"	12.50	5,672.40	40.33	73.22	26.78
3/8"	9.50	2,098.00	14.92	88.14	11.86
N° 4	2.36	1,366.30	9.71	97.85	2.15
N° 8	4.75	302.30	2.15	100.00	0.00
FONDO		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		14,064.30			
Módulo de finura			7.92		

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

De la tabla 11 del Análisis granulométrico del agregado grueso se obtuvo un módulo de finura igual 7.19, tamaño máximo nominal 3/4", el agregado se encuentra dentro del límite permisible.

Figura 6: Curva granulométrica del agregado fin



Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

Peso específico y absorción de los agregados

Tabla N°13 Ensayo del Peso específico y absorción de agregado grueso.

AGREGADO GRUESO				
IDENTIFICACION	N°41	N°15	N°23	Prom
peso mat. Sat. Sup. Seca (en aire)	1,008.95	942.40	1,051.40	
peso mat. Sat. Sup. Seca (en agua)	625.50	585.00	651.50	
vol. De masa / vol. De vacios	383.45	357.40	399.90	
peso mat. Seco en estufa (105° C)	1,004.50	937.50	1,048.50	
vol. de masa	379.00	352.50	397.00	
pe bulk (base seca)	2.62	2.62	2.62	
pe bulk (base saturada)	2.63	2.64	2.63	2.63
pe aparente (base seca)	2.65	2.66	2.64	
% de absorción	0.44	0.52	0.28	0.41

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

De la tabla 11 del Ensayo del Peso específico y absorción de agregado grueso se obtuvo un porcentaje de peso específico (base saturadas) 2.63% y un porcentaje de absorción igual a 0.41%.

Tabla N°14 Ensayo del Peso específico y absorción de agregado fino.

AGREGADO FINO	
IDENTIFICACION	I
peso mat. Sat. Sup. Seca (en aire)	300.00
peso frasco + agua	665.80
peso frasco + agua + peso mat. Sup seca (aire)	965.80
peso del material. + agua en el frasco	858.50
vol. De masa + vol. De vacios	107.30
peso de mat. Seco en estufa (105°C)	294.30
vol. De masa	101.60
pe bulk (base seca)	2.74
pe bulk (saturada)	2.80
pe aparente (base seca)	2.90
% de absorción	1.94

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz.

De la tabla 12 del Ensayo del Peso específico y absorción de agregado fino se obtuvo un peso específico (base saturadas) 2.74% y un porcentaje de absorción igual a 1.94%.

Peso Unitario

Tabla N°15 Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregado grueso.

AGREGADO GRUESO								
Tipo de Peso Unitario	peso unitario suelto				peso unitario compacto			
muestra N°	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio
peso de material + molde	19,100.00	19,120.00	19,130.00	19,116.67	19,770.00	19,795.00	19,780.00	19,781.67
peso del molde	5,333.00	5,333.00	5,333.00	5,333.00	5,333.00	5,333.00	5,333.00	5,333.00
peso del material	13,767.00	13,787.00	13,797.00	13,783.67	14,437.00	14,462.00	14,447.00	14,448.67
volumen del molde	9,341.00	9,341.00	9,341.00	9,341.00	9,341.00	9,341.00	9,341.00	9,341.00
peso unitario	1,473.83	1,475.97	1,477.04	1,475.61	1,545.55	1,548.23	1,546.62	1,546.80

Tabla N° 16 Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregado fino.

AGREGADO FINO								
Tipo de Peso Unitario	peso unitario suelto				peso unitario compactado			
muestra N°	I	II	III	Promedio	I	II	III	Promedio
peso de material + molde	7,910.00	7,935.00	7,925.00	7,923.33	8,305.00	8,310.00	8,290.00	8,301.67
peso del molde	3,426.00	3,426.00	3,426.00	3,426.00	3,426.00	3,426.00	3,426.00	3,426.00
peso del material	4,484.00	4,509.00	4,499.00	4,497.33	4,879.00	4,884.00	4,864.00	4,875.67
volumen del molde	2,776.00	2,776.00	2,776.00	2,776.00	2,776.00	2,776.00	2,776.00	2,776.00
peso unitario	1,615.27	1,624.28	1,620.68	1,620.08	1,757.56	1,759.37	1,752.16	1,756.36

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

De la tabla 15 se obtuvo un peso unitario suelto igual a 1620.08 kg/m³ y compactado 1756.36 kg/m³ grueso.

Tabla N° 17 Datos obtenidos de los ensayos en el laboratorio de los agregados fino y grueso

AGREGADOS:	FINO	GRUESO
Perfil:		Angular
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	1620.08	1475.61
Peso unitario compactado (Kg/m ³)	1756.36	1546.80
Peso específico (Kg/m ³)	2742.78	2632.41
Módulo de fineza	2.73	7.92
TMN		3/4"
% Absorción	1.94%	0.41%
% Humedad	3.51%	0.60%

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

Los resultados del análisis granulométrico del agregado fino para el diseño de mezclas de $f'c = 210$ kg/cm² del laboratorio se muestran en los Anexos adjuntos.

Diseño de Mezcla

El método utilizado para el diseño de mezclas de concreto es el ACI 211, la piedra chancada se obtuvo por trituración artificial de rocas de la cantera de Tacllan procesado por la chancadora “Rolan” para el diseño de mezcla correspondiente.

Como se trata de un concreto natural, según especificación de la Norma Técnica Peruana; el resultado obtenido de acuerdo a los datos técnicos en cantidad de materiales por metro cubico de concreto y las proporciones corresponden a un concreto normal utilizado en la actualidad.

Datos obtenidos en los ensayos anteriores:

- Contenido de humedad
- Análisis granulométrico de agregado fino
- Análisis granulométrico de agregado grueso
- Gravedad específica y absorción
- Peso unitario

Datos:

Tabla N° 18 Valores de diseño de materiales para la mezcla de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Cemento:	Tipo I	
Peso	42.5	Kg
Resistencia:	210	Kg/cm ²
Peso específico del cemento:	3.15	Gr/cm ³
Slump:	3-4.	"
Peso específico del agua:	1000	Kg/m ³

Fuente: Laboratorio de ensayo de materiales y concreto de la USP- Huaraz.

De la tabla 17 se puede apreciar que el tipo de cemento a usar es portland I marca Sol de 42.5kg, con peso específico de 3.15 gr/cm³. El Slump está en el rango de 3 a 4”.

Datos de los materiales ensayados

Tabla N° 19 Datos obtenidos de los ensayos de los agregados.

	AGREGADOS:	FINO	GRUESO
Perfil:			Angular
Peso unitario suelto (Kg/m ³)		1620.08	1475.61
Peso unitario compactado (Kg/m ³)		1756.36	1546.80
Peso específico (Kg/m ³)		2742.78	2632.41
Módulo de fineza		2.73	7.92
TMN			3/4"
% Absorción		1.94%	0.41%
% Humedad		3.51%	0.60%

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio de mecánica de suelos de la USP – Huaraz

Los datos obtenidos de la tabla 18, los agregados son adecuados para realizar el cálculo del diseño de mezcla para obtener un concreto de $f'c=210\text{ kg/cm}^2$. Para comparar con el diseño según la norma técnica peruana de la parte teórica.

CÁLCULO DEL CONTENIDO AIRE

De acuerdo a la granulometría el TMN	3/4"
De la Tabla N° 19 el aire atrapado es	2 %

Tabla N° 19 Contenido de aire atrapado

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	
Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso	Aire Atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.5
3/4"	2
1"	1.5
1 1/2 "	1
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del contenido de Agua

Sabemos que el Slump es	3"- 4"
De acuerdo a la granulometría el TMN =	3/4"
El volumen unitario del Agua es	205.00 Lt/m3

El contenido de agua se realiza mediante la intersección del asentamiento por tamaño máximo nominal.

Tabla N° 20 Volumen unitario de agua

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la relación agua-cemento: por resistencia $f'c$.

Sabemos que el $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
entonces de la tabla N°3 Interpolamos

200	0.7
210	x
250	0.62

$$a/c = 0.68$$

Según la NTP la relación agua cemento para un concreto de $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$, es 0.68

Tabla N° 21 Relación agua cemento por resistencia

Relación agua / cemento en peso		
$F'c \text{ Kg/cm}^2$	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.8	207
200	0.7	208
250	0.62	209
300	0.55	210
350	0.48	211
400	0.43	212
450	0.38	213

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del Factor de Cemento:

De los datos obtenidos $C = \frac{205}{0.68} = 299.71 \text{ Kg/m}^3$

1 bolsa de Cemento pesa 42.5 Kg

factor cemento = $C/\text{peso del cemento}$

$F.C = 7.05 \text{ Bol/m}^3$

Cálculo del contenido del agregado grueso

De la tabla N° 22

$$\text{Peso del agregado grueso} = \left(\frac{b}{b_0} \right) \times \text{Peso U.S.C}$$

Donde:

b: Módulo de fineza del agregado fino
Tamaño Máximo Nominal de agregado

b₀: fino

u.s.c: Peso unitario seco compactado del agregado grueso

Módulo de fineza 2.73 TMN: 3/4"

2.6	0.64
2.73	x
2.80	0.62

Volumen Agregado Grueso 0.63 m³

Peso del Agregado Grueso 969.87 Kg

Tabla N° 22 Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO

Volumen de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino (b/b₀)

Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.50	0.48	0.48	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del volumen absoluto

Cemento	$\text{Cemento}_{(VA)} = \frac{c}{(\text{pe.cemento})_{\text{gr/cm}^3} \times \text{pe.agua}}$	0.095 m ³
Agua	$\text{Agua}_{(VA)} = \frac{a}{\text{pe.agua}}$	0.205 m ³
Aire Atrapado	$\text{Aire}_{(VA)} = \frac{\text{aire atrapado}}{100}$	0.02 m ³
Agregado Grueso	$\text{A.Grueso}_{(VA)} = \frac{\text{P.A.G}}{\text{pe.A.G}}$	0.368 m ³
		0.689

Para el diseño de mezcla se evalúa para un volumen de concreto igual a 1m³, peso específico de agua igual a 1000.

La suma de Todos los materiales debe ser igual 0.311 m³

$\sum (\text{cem} + \text{agua} + \text{aire} + \text{A.grueso})_{VA}$ 1.000 m³

Peso del Agregado Fino 870.70 Kg/m³

Valores de Diseño

Tabla N° 23 Diseño en estado seco

Cemento	299.71 Kg/m ³
Agua de Diseño	205.00 Lit/m ³
Agregado Fino Seco	870.70 m ³
Agregado Grueso seco	969.87 m ³

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo por corrección por humedad de los agregados:

Agregado Grueso: $= P.seco \times \left(\frac{\%w}{100} + 1 \right)$ 975.72 Kg/m³

Agregado Fino: $= P.seco \times \left(\frac{\%w}{100} + 1 \right)$ 901.24 Kg/m³

Humedad Superficial

Agregado grueso: 0.60 0.41 0.19 %

Agregado fino: 1.94 3.51 1.57 %

Aporte de Humedad de los Agregados

Agregado grueso: 1.85 lt

Agregado fino: 14.15 lt
 $= \frac{(\%w - \%abs) \times P.seco_{correctado}}{100}$ 16.00 lt

Agua efectiva: 189.00 Lit/m³

$A.e = a - \text{Aporte agua}$

Los Agregados De Los materiales corregidos son:

Cemento: 299.71 Kg/m³

Agua efectiva: 189.00 Lit/m³

Agregado fino: 901.24 Kg/m³

Agregado grueso: 975.72 Kg/m³

Proporcionamiento dividiendo por el peso del cemento

Tabla N° 24 dosificación por bolsa

cemento	ag.fino	ag.grueso	Agua
299.71	901.24	975.72	189.00
299.71	299.71	299.71	26.80
Por bolsa			
1	3.01	3.26	26.80

Fuente: Elaboración propia.

$$= \frac{c}{c} = \frac{(A.F)_{CH}}{c} = \frac{(A.G)_{CH}}{c} = a - (a)_{AM}$$

Cálculo de cantidad de material por tanda:

Tabla N° 25 cantidad de material por tanda

Cemento	42.50	Kg/bls
A. Fino	127.80	Kg/bls
A. Grueso	138.36	Kg/bls
Agua de diseño	26.80	Lt/bls

Fuente: Elaboración propia

Para calcular la cantidad de material por tanda se multiplica por el peso del cemento que es 42.5kg.

Cálculo de por Probeta:



Volumen del Testigo

$$d = 0.15 \text{ m}$$

$$h = 0.3 \text{ m}$$

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 0.0053 \text{ m}^3$$

Cálculo de cantidad de material para una probeta

Tabla N° 26 Cantidad de material para una probeta

DESCRIPCION	CANTIDAD DE MATERIAL (Kg)
Cemento	1.907 Kg
Arena	5.733 Kg
Grava	6.207 Kg
Agua	1.20Lt

Fuente: Elaboración propia

Diseño de mezcla experimental

En la investigación se reemplazó concreto reciclado por el agregado grueso y se adicionó 15% de ceniza de capulí al peso del cemento. Por ello en el acápite “Cantidad de material por probeta” se procedió a multiplicar de acuerdo a la cantidad de muestra a usar, son 9 patrones, y 9 experimentales se sustituyó concreto reciclado por el agregado grueso y adicionando 15% de ceniza de capulí.

Abrasión del concreto reciclado

Tabla N° 27 Abrasión por medio de la máquina de los Ángeles

Método	B ó Gradación B		
Billas	11 Billas o Esferas		
Tamiz	3/4 - 1/2	2500	gr
Tamiz	1/2 a 3/8	2500	gr
Total	Peso Inicial =	5000	gr
Tamiz	N° 12		
Retenido	Peso=	3786	gr
Porcentaje de Desgaste		24.28	%

Fuente: Laboratorio de ensayo de materiales y concreto de la USP- Huaraz

De la tabla N° 27 se obtuvo un desgaste del 24.28% que es menor al 50% establecido por la norma ASTM C131, podemos decir que esta dentro de los parámetros.

Tabla N° 28 Cantidad de material para una probeta

DESCRIPCION	CANTIDAD DE MATERIAL (Kg)
Cemento	1.907 kg

Fuente: Laboratorio de ensayo de materiales y concreto de la USP- Huaraz

Tabla N° 29 cantidad de material para una probeta concreto experimental

DESCRIPCION	CANTIDAD DE MATERIAL (Kg)
Cemento	1.862 kg
Concreto Reciclado	5.680 kg
Ceniza de Capulí 15%	0.279 kg

Fuente: Laboratorio de ensayo de materiales y concreto de la USP- Huaraz

Para el concreto experimental se sustituyó el agregado grueso por concreto reciclado en 5.680kg y se adicionó 15% de ceniza de capulí en 0.286 kg.

Cálculo de material por muestras y días de curado:

Se elaboró 18 probetas 9 patrones y 9 experimentales, el cual se procedió a calcular la cantidad de material a emplear en el diseño de mezcla.

Tabla N° 30 Proporción de materiales para 9 probetas patrón

CANTIDAD DE MATERIAL - 9 PROBETAS		
DESCRIPCION	CANTIDAD DE MATERIAL (Kg)	TOTAL:
Cemento	1.907 kg	17.163 kg
Arena	5.733 kg	51.597 kg
Grava	6.207 kg	55.863 kg
Agua	1.20 kg	10.800 kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 31 Proporción de materiales para 9 probetas concreto experimental

CANTIDAD DE MATERIAL - 9 PROBETAS		
DESCRIPCION	CANTIDAD DE MATERIAL (Kg)	TOTAL:
Cemento	1.862 kg	16.758 kg
Arena	6.010 kg	54.09 kg
Concreto Reciclado	5.680 kg	51.12 kg
Agua	1.199 kg	10.791 kg
Ceniza de Capulí 15%	0.279 kg	2.511 kg

Fuente: Elaboración propia

La cantidad de ceniza de capulí usada fue 2.511 kilogramos y concreto reciclado 5.680 kilogramos para la mezcla de concreto experimental.

Relación agua cemento:

Una relación agua/cemento baja, conduce a un hormigón de mayor resistencia que una relación agua/cemento alto. Pero entre más alta esta relación, el hormigón se vuelve más trabajable. La menor relación a/c para obtener una hidratación completa del cemento se considera igual a 0,42.

Tabla N° 32 Relación a/c del concreto reciclado y concreto experimental

DISEÑO F'C= 210 Kg/Cm²	Agua (Lt)	Adición de Agua por ensayo (Lt)	Agua Efectiva (Lt)	Cemento (Kg)	Relación a/c	Slump (cm)	Slump (")
Concreto Patrón	10.82	0.00	10.82	17.160	0.68	9.84	3.87
Concreto reciclado y 15% ceniza	10.82	1.2	12.02	17.160	0.70	8.59	3.38

Fuente: Elaboración propia

Es necesario mencionar que se llevó diferentes diseños de mezcla de concreto para cada relación a/c para cada uno de ellos (0.68, 0.70).

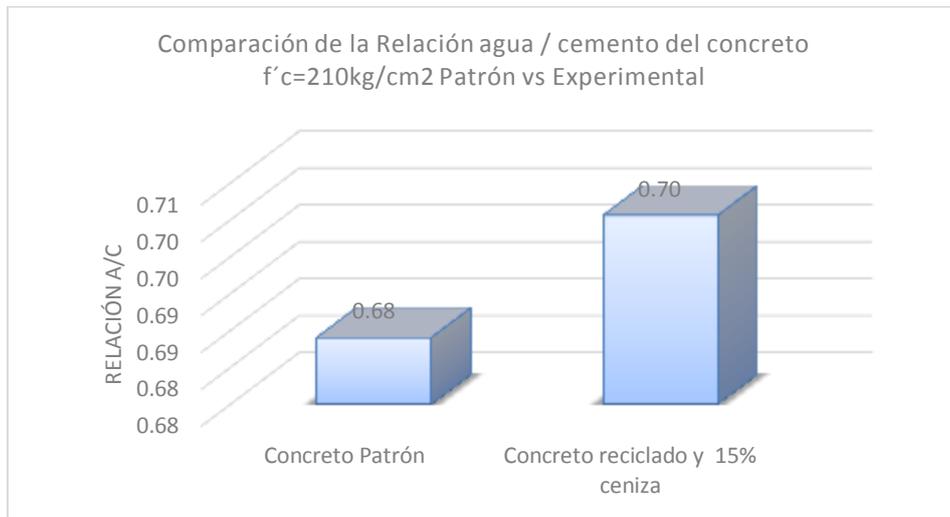
Se empleó para el diseño de mezclas el método del ACI – 211.1, además se tuvo en consideración lo establecido en la NTE 060.

Empleado para la compresión el neopreno.

$$\sigma = F/A \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

Para obtener mejor trabajabilidad de concreto fresco y elaborar las probetas experimentales se trabajó en la práctica adicionando agua en porcentajes que se tomó nota para calcular la nueva relación a/c teniendo como resultado que la mezcla de concreto con sustitución del agregado grueso por concreto reciclado adicionando 15% de ceniza de capulí, la relación a/c es 0.70.

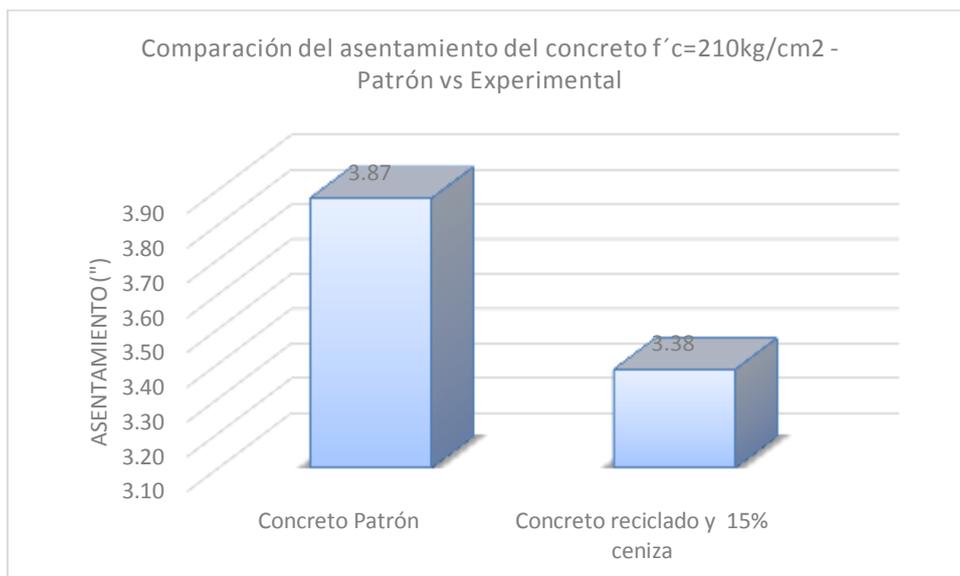
Figura 7: Comparación de la Relación agua / cemento del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ Patrón vs Experimental.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 7 se resume la adición de agua a la mezcla de concreto experimental obteniéndose resultados de incremento de agua cuando se sustituye el agregado grueso y se adiciona ceniza de capulí.

Figura 8: Comparación del asentamiento de la mezcla de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ Patrón vs Experimental



Fuente: Elaboración propia cemento

En figura 8 se observa la comparación del asentamiento de la mezcla de concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y experimental se sustituyendo el agregado grueso y adicionando 15 % de ceniza de capulí en el ensayo realizado con el cono de Abrams.

Resistencia a la Compresión

Tabla N° 33 Resistencia a la compresión ensayo patrón

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MEZCLA PATRÓN			
(a/c)-0.68			
DÍAS	RESISTENCIA DE PROBETAS		
7	180.81	167.06	176.15
14	207.53	198.59	209.00
28	218.73	223.66	223.32

Fuente: Elaboración propia

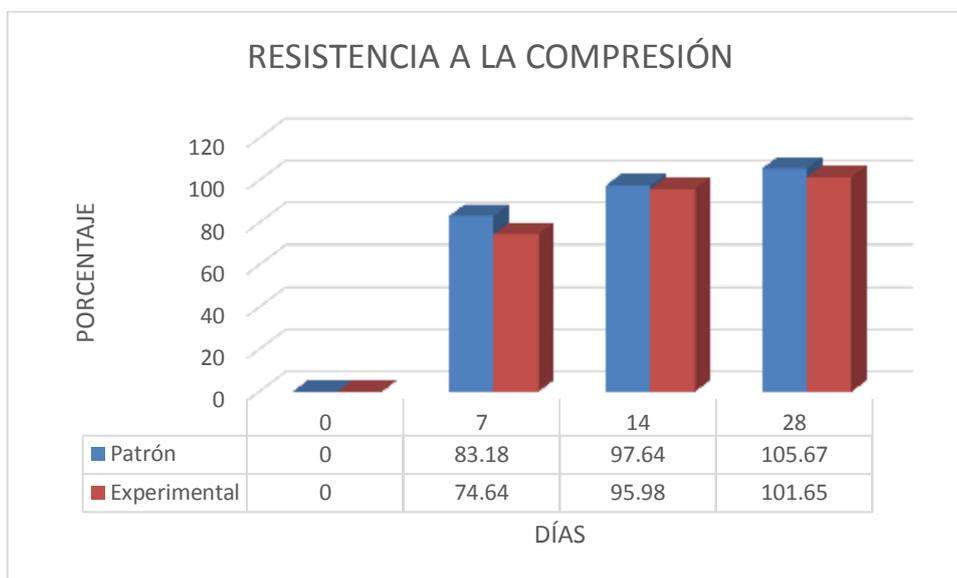
Tabla N° 34 Resistencia a la compresión ensayo experimental

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MEZCLA EXPERIMENTAL			
(a/c)-0.70			
DÍAS	RESISTENCIA DE PROBETAS		
7	159.59	156.73	153.88
14	197.96	207.24	199.49
28	212.71	212.34	215.37

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 33 y 34 se observa que ambos diseños superaron los parámetros mínimos a la resistencia a la compresión, pero quien tuvo mejor comportamiento en sus edades de 7, 14, 28 días, fue el concreto patrón, superando al diseño experimental en 8.54% a los 7 días, 1.66% a los 14 días, 4.02% a los 28 días, obteniendo en este día una resistencia de 223.32 kg/cm².

Figura 9: Comparación a la resistencia a la compresión / concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ Patrón vs Experimental.



Fuente: Elaboración propia

VALIDACIÓN ESTADÍSTICA

TABLA N° 35. Resistencia a compresión de concreto sustituyendo ceniza de hoja de capulí.

Días de curado	Resistencia a compresión de concreto sustituyendo ceniza de hoja de capulí					
	Patrón			Experimental		
7	180,81	167,06	176,15	160,06	156,73	153,88
14	207,53	198,59	209,00	197,97	207,24	199,49
28	218,73	223,66	223,32	212,71	212,34	215,37

Fuente: Base de datos

Prueba de hipótesis

Hipótesis de investigación

Al sustituir el agregado grueso por concreto reciclado adicionando 15% de cenizas de hoja de capulí se obtendrá resistencia aceptable a la compresión del concreto en la ciudad de Huaraz, 2018

Hipótesis Estadística

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_t \rightarrow H_0 = \varepsilon_i$$

Ningún tratamiento empleado después de ser sustituida proporcionara resistencia aceptable en la comprensión del concreto en la ciudad de Huaraz, 2018

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \neq \mu_t \rightarrow H_1 = \varepsilon_i \neq 0$$

Al menos un tratamiento empleado después de ser sustituida proporcionara resistencia aceptable en la comprensión del concreto en la ciudad de Huaraz, 2018

Nivel de Significación

El nivel de significación teórica es $\alpha = 0.05$, que corresponde a un nivel de confiabilidad del 95%.

Función de Prueba

La función pivotal o estadígrafo es un F con 3 y 6 grados de libertad

Regla de decisión

Rechazar H_0 , si F_e es mayor que $F_0 = 4,7571$

Cálculo

$$T = 2317,385$$

$$M_{yy} = 447522,924$$

$$\sum y^2 = 454301,918$$

$$B_{yy} = 447808,340$$

$$T_{yy} = 453082,242$$

$$E_{yy} = 934,260$$

Fuente de variación	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fe(Efectos Fijos)
Media	1	447522,924	447522,92	Fe
Bloques	2	285,42	142,71	0,916
Tratamiento	3	559,32	1853,11	11,901
Error	6	934,26	155,71	-
TOTAL	12	453082,242	-	-

Cuadro del ANVA

Prueba post hoc

Sub conjuntos homogéneos			
Rendimiento			
Prueba de igualdad de medias	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Duncan ^a	T_0	3	156,8900
	T_3		
	T_1	3	200,5367
	T_2	3	201,5633
		3	213,4733
	Sig.	0,096	0,253

Se observa que en los tratamientos T_3 , T_1 , T_2 existe diferencia significativa entre ellas, y además el T_0 tiene diferencia significativa en comparación del T_3 , T_1 , T_2 .

Decisión

Como $F_e = 11,901 > F_0 = 4,7571$, se rechaza H_0 y se concluye que existe diferencia significativa en la resistencia promedio a la compresión del concreto en la ciudad de Huaraz, 2018

Conclusión

Con una significancia del 5%, se cumple la mejor resistencia porcentual observada que se encuentra en la compresión de mezcla de concreto patrón, lo cual indica que al menos un tratamiento empleado después de ser sustituida proporcionara resistencia aceptable en la compresión del concreto en la ciudad de Huaraz, 2018

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En relación con antecedentes, lo siguiente:

Cardona D. (2013), quemó su material en horno a una temperatura de 650° C por un tiempo de 2 horas, directamente como antecedente este dato logrando un porcentaje de 82.07% entre los óxidos necesarios (silicio, aluminio, hierro y calcio), para poder reemplazar un 20% del peso del cemento.

También nos indica que, Con base a la norma ASTM C618, se logra una revisión de las propiedades de la ceniza, obteniendo la siguiente información:

La suma de $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ debe ser superior al 70,00% para cenizas tipo F, y mayor al 50,00% para cenizas tipo C, por lo tanto, con base en esta especificación, y luego de haber obtenido un 82,07% en la suma de estos elementos, se puede inferir que la ceniza de las hojas de bambú puede estar catalogada como material puzolánico.

La cantidad de SO_3 debe ser menor al 5,00% para cenizas tipo F y C, en este caso muestra un valor de 0,19%, cumpliendo con la norma.

La falla a la compresión de los cubos a 7 días arroja como resultado que los cubos de mortero con reemplazo de cemento con ceniza logran un 98,00% de la resistencia alcanzada por los cubos de mortero de la mezcla de control. Este porcentaje es muy alto si se compara con lo especificado por la NTC 220, en donde se pide que deban alcanzar al menos el 70,00% de la resistencia de los cubos de la mezcla de control. Sin embargo, el comportamiento de la mezcla en los cubos de mortero con reemplazo de ceniza a los 28 días no superó la alcanzada por los cubos elaborados

con la mezcla de control, llegando a un 97,00% de la resistencia alcanzada por los cubos de la mezcla de control.

Dados los resultados a la compresión obtenidos del fallo de los cubos de mortero mostrados en la Tabla 27, es posible determinar que, a pesar de existir una diferencia visual en el grado de porosidad de las muestras, no se presenta un mejor comportamiento mecánico de los cubos con remplazo de ceniza con respecto a los de la mezcla de control; de la misma manera no se obtiene una gran diferencia en cuanto a la densidad de la mezcla de ensayo, ya que los cubos con remplazo de ceniza lograron tan solo el 95,00% de la densidad con respecto a la mezcla de control.

Es bien importante destacar que la preparación de la mezcla con remplazo de cemento por ceniza se logró con una relación A/C de 0,57; comparado con una relación A/C de la mezcla de control de 0,484. Lo anterior permite identificar que a pesar que la mezcla con remplazo fue preparada con una relación agua / material cementante mayor que la mezcla de control, se lograron resultados a la compresión para los cubos a los 7 y 28 días muy similares en ambos casos.

Revisando lo realizado por Carrillo A. (2017). Él quemó su material de lodo de papel a 400°C y la coquina a 880°C respectivamente, obteniendo así una composición química que contiene 78.51% de componentes puzolánicos en concordancia con la norma ASTM C- 618. del mismo modo el polvo de concha de coquina obtuvo 99.1% de componentes cementantes.

Sus muestras son altamente alcalinas resultando similar a la del cemento, obteniendo las combinaciones del 4% y 8% valores de 13.78 y 13.75.

Producto de la presencia de silicatos y aluminatos las sustituciones del 4% y 8% incrementaron su resistencia a los 28 días en un 7.99% y 2.16 % respectivamente en comparación de su concreto patrón.

Si comparamos estos estudios con lo realizado podemos decir que:

Que nuestra ceniza de capulí no es puzolánica, ya que según la norma ASTM C 618 el cual menciona que la suma de óxidos de calcio, aluminio y hierro deben superar el 70% para que un material pueda considerarse material puzolánico, y en este estudio obtuvimos 22.61% de componentes cementantes. Sólo podemos rescatar de la ceniza que tiene un alto contenido de óxido de calcio (CaO).

Otra mención sería que el óxido de potasio (K₂O) también es elevado en su composición química.

Es decir que el proceso realizado para la activación del material no ha permitido obtener un material de gran reactividad puzolánica que, al combinarse con los óxidos activados presentes en el cemento, no pueda cumplir con los requerimientos mínimos de este estudio.

Según Carrillo A. (2017). debemos tener en cuenta que la activación alcalina de materiales silicoaluminosos con disoluciones fuertemente alcalinas tras un corto periodo de curado permiten obtener un material con buenas propiedades cementantes. Según el manual de inspecciones técnicas de edificios el cemento portland tiene un PH entre 12,6 a 14.

De la figura N° 3 y 4 los resultados del Ph de la ceniza de capulí, y la combinación de ceniza con el cemento nos dio como valor 12.14 y 12.65 respectivamente lo cual nos mantiene en el rango de alcalinidad, lo que ayudará a obtener una buena resistencia del concreto.

Según Cruz, J, y Velázquez, R. (2004). Concluye que el concreto de agregado reciclado tiene menos resistencia que el concreto de agregado natural de la misma composición; sin embargo este se puede manipular (por ejemplo, mediante el aumento del contenido de cemento), para producir concreto agregado reciclado de la misma resistencia que el concreto de agregado natural.

Barroso, L, y Gómez, C. (2011). Nos indica que Los materiales usados para la fabricación del concreto a ensayar fueron residuos de concreto viejo premezclado, de donde se obtuvo el agregado grueso luego del método de trituración o cribado, el agregado fino y el cemento fueron los mismos usados en concreto convencionales.

En este sentido se determinó que, al someter al concreto reciclado a ensayos de compresión, se observó que este no alcanza los estándares en su totalidad, pero se encontraron resultados positivos en comparación con el material de referencia de la región.

Nos indica también que, el uso en elementos estructurales de concreto no está limitado para el concreto reciclado, pues aún con la disminución de resistencia que presenta éste, se puede solucionar con una adición extra de cemento cuyo costo puede compensarse con un bajo precio del agregado de reciclaje.

Por esta razón se decidió agregar ceniza de capulí al concreto reciclado, para poder experimentar si con la adición de la ceniza de capulí mejoraba la resistencia del concreto reciclado.

Comparando con los antecedentes encontrados con nuestro estudio experimental, en la tabla N°30-31, se aprecia que el concreto experimental supera al concreto de diseño, pero no supera al concreto patrón, siendo este más resistente que el experimental, en todas sus edades (7, 14, 28 días), cabe resaltar que esto se debe a los bajos componentes puzolánicos de la ceniza de capulí y la diferencia de pesos específicos entre el cemento (concreto Patrón) y la combinación del cemento con la ceniza de capulí (concreto Experimental), este último aumenta la cantidad del agregado fino en el diseño de mezcla.

El concreto reciclado también juega un factor muy importante, ya que por su alto contenido de humedad (2.18), con respecto al agregado grueso convencional (0.60), es muy alta, esto debido a su porcentaje de absorción (3.53%), con respecto al agregado convencional (0.41), esto debido a que este último es escombros de concreto (agregado reciclado) y tiene alta la porosidad, según lo mencionado la relación a/c incrementó notablemente con respecto al patrón (0.70) respecto a (0.68), generando la disminución del cemento, por lo demostrado sabemos que a menos cemento, y más finos, la resistencia del concreto disminuye.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se activó térmicamente las cenizas de capulí a 750°C que es una temperatura óptima debido al cambio de fase producto de ello obtuvimos óxidos deseados para nuestro estudio
- La composición química de las cenizas de capulí, tienen un bajo contenido puzolánico, ya que sólo contiene 22.605 % de componentes puzolánicos en concordia con la norma ASTM C-618.
- Se determino la relación agua cemento (a/c) = 0.68 para el diseño patrón, a/c = 0.70 para el experimental, agregando 1.2 lt de agua por m³.
- La abrasión del concreto reciclado estuvo dentro de los parámetros permisibles con 24.28% de desgaste.
- El concreto experimental superó al concreto de diseño (210 kg/cm²), en los días (7, 14 y 28) días, sin embargo, no superó al concreto patrón, alcanzando 221.90 kg/cm² contra 213.47 kg/cm² del concreto experimental.
- La validación estadística nos indica que con una significancia del 5%, se cumple la mejor resistencia porcentual observada se encuentra a los 28 días de curado, lo cual indica que al menos un tratamiento empleado después de ser sustituida proporcionara resistencia aceptable en la comprensión del concreto en la ciudad de Huaraz.

RECOMENDACIONES

Evitar que las hojas de capulí cambien de color durante la etapa de secado, dado que ello puede propiciar que no ardan uniformemente, el estado óptimo es seco, pero de coloración verde.

Analizar otros resultados variando las temperaturas y a diferentes tiempos, para así obtener resultados óptimos.

Realizar estudios separados de adición de ceniza y sustitución de concreto reciclado para analizar su influencia directa, y así poder proponer porcentajes de adición óptimos.

Ejecutar otras proporciones de concreto reciclado, como por ejemplo 50% de agregado grueso convencional y 50% de concreto reciclado, manteniendo o disminuyendo un 5% la ceniza.

Elaborar numerosas pruebas de asentamiento a la hora del mezclado de concreto, para mejorar la trabajabilidad y conservar la resistencia, todo esto dentro de los parámetros permisibles y así obtener una relación a/c óptimo.

Echar conjuntamente el cemento con la ceniza, para una homogenización en el proceso de mezclado.

VI. AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a mi madre por creer en mí y poder llegar a esta etapa de mi vida, en el cual culmino una etapa de formación profesional.

En segundo lugar, padre, hermano y amigos que siempre estuvieron a mi lado para darme fuerza y apoyo moral para seguir adelante para no perder de vista mi objetivo.

A mi Asesor, por su apoyo incondicional que siempre estuvo pendiente de mis avances en esta investigación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza D. (2018). Durabilidad del Concreto Elaborado en base a la Ceniza del Bagazo de Caña de Azúcar (cbca) con cemento portland, ante agentes agresivos. Lima-Perú. Tesis Universidad Nacional Federico Villareal.
- Ari I. Estudio de las Propiedades del Concreto Fresco y Endurecido de Mediana a Alta Resistencia con Aditivo Superplastificante y retardador de Fraguado con Cemento Portland Tipo I. Tesis Universidad Nacional de Ingeniería.
- Arriaga L. (2013). Utilización de agregado Grueso de Concreto Reciclado en Elementos Estructurales de Concreto Reforzado. Colombia. Maestría Escuela Colombiana de Ingeniería “Julio Garativo” centro de estudios de Estructuras, Materiales y Construcción
- Asencio A. (2014). Efecto de los Agregados de Concreto Reciclado en la Resistencia a la Compresión sobre el concreto. Perú. Tesis Universidad Nacional de Cajamarca.
- Barroso, L, y Gómez, C. (2011). Análisis de la incorporación de materiales reciclados de los residuos de la construcción, para ser usados como agregados en elementos estructurales o no estructurales. Venezuela: Tesis Universidad de Oriente Núcleo Bolívar Biblioteca central de la ciudad de Bolívar.
- Cardona D. (2013). Caracterización de la Ceniza de Hojas de Bambú y su influencia como material Puzolánico en el Concreto. Medellín. Tesis Universidad EAFIT.
- Cruz, J, y Velázquez, R. (2004). Concreto Reciclado. México: Tesis Instituto politécnico Nacional.

- García G. (2011). Estudio del Proceso de Hidratación de Pastas de Cemento Portland Remplazadas con Escoria Granulada de Alto Horno, Ceniza Volante y Metacaolín, utilizando dos aditivos superplastificantes. Nuevo León. Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica División de Estudios de posgrado.
- Guerra I. (2013). Control de calidad de concreto hidráulico de relación $a/c=1$; correspondencia entre ensayos normados y ensayos especiales no destructivos. Xalapa Enríquez Veracruz: Tesis Universidad Veracruzana.
- Jiménez H. (2001). Obtención de concreto de Alta Resistencia mediante adición en el diseño de un superplastificante y ceniza de cascarilla de Arroz. Guayaquil-Ecuador. Tesis Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- John O. (2014). Manual de Preparación, Colocación y Cuidados del Concreto. Perú. Libro SENSICO.
- Jordan J. y Viera N. (2014). Estudio de la Resistencia del Concreto Utilizando como Agregado el Concreto Reciclado de Obra. Nuevo Chimbote. Perú. Universidad Nacional del Santa.
- Killeen, T. J., E. García Estigarribia & S. G. Beck. (eds.) 1993. Guía Arb. Bolivia 1–958. Herbario Nacional de Bolivia & Missouri Botanical Garden, La Paz.
- Laura S. (2006). Diseño de Mezcla de Concreto. Guía Universidad Nacional del Altiplano.
- Marroquín E. (2012). Reciclaje de desechos de concreto y verificación de características físicas y propiedades mecánicas. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil.
- Ma-Tay D. (2014). Valorización de Cenizas de Bagazo Procedentes de Honduras: Posibilidades de Uso en Matrices de Cemento Pórtland. Valencia. Trabajo de investigación Universitat Politècnica de Valencia.
- Merino R. (2016). Análisis Comparativo de la Resistencia a la Compresión de un Concreto $F'c$ 210 kg/cm², Elaborado con agregado hormigón y Agregado Clasificado, en el distrito de Maranura- la Convención-Cusco. Perú. Tesis Universidad Andina del Cusco.

- Moisés S. (2007). Perdida de consistencia del concreto en el tiempo a temperaturas inferiores o cercanas a cero. Tesis Universidad Ricardo Palma. Perú.
- Pablo L. (2014). Efecto de la Adición de Hidróxido Cálcico sobre Mezclas con alta sustitución de cemento por ceniza Volante. Valencia. Tesis Universitat Politècnica de Valencia.
- Rivera C. (2008). Análisis Ambiental para el Mercado de los Residuos de la Construcción en la zona Metropolitana de la Ciudad de México. Maestría Universidad Nacional Autónomas de México.
- Sanchez F. y Tapia R. (2015). Relación de la resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la Compresión de cilindros de concreto a edad de 28 día. Trujillo Perú. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Vanegas E. y Robles. (2008). Estudio Experimental de las Propiedades Mecánicas del Concreto Reciclado para su uso en Edificaciones Convencionales. Bogotá. Tesis Ponticia Universidad de Ingeniería Civil.
- Vásquez E. (2007). Concreto de Alto Desempeño con Elevado Consumo de Ceniza Volante. Maestría Universidad Nacional Autónoma de México.
- Voss, E. G. 1985. Michigan Flora. Part II Dicots (Saururaceae-Cornaceae). Bull. Cranbrook Inst. Sci. 59. xix + 724.

VIII. ANEXOS Y APÉNDICE

ANEXO N° 01: ANÁLISIS DE AGREGADOS

Análisis de contenido de humedad de agregados

Análisis granulométrico de la arena

Análisis granulométrico de la grava

Análisis de peso específico y absorción del agregado fino

Análisis de peso específico y absorción del agregado grueso.

Análisis de pesos unitarios del agregado grueso.

Análisis de pesos unitarios del agregado fino.

Fichas de laboratorio – USP - Huaraz

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TESIS	Resistencia de un Concreto f'c= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo Concreto Reciclado y Adicionando Cenizas de Hoja de Capulí				
SOLICITA	Bach: Paredes Chavez, Anthony Johann				
DISTRITO	HUARAZ	HECHO EN		USP-HUARAZ	
PROVINCIA	HUARAZ	FECHA		28/12/2017	
PROG (KM.)		ASESOR			
DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA					
MUESTRA	AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO TACLLAN				
PROF. (m)					
AGREGADO GRUESO					
N° TARRO		13	28		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1259.9	1166.4		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1263.0	1160.4		
PESO DE AGUA	(g)	6.90	6.00		
PESO DEL TARRO	(g)	170.20	172.5		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1082.80	987.9		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0.60	0.61		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	0.60			
AGREGADO FINO					
N° TARRO		8	36		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	251.3	266.1		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	237.0	262.0		
PESO DE AGUA	(g)	14.30	4.10		
PESO DEL TARRO	(g)	166.60	162.9		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	671.40	898.2		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	2.13	4.9		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	3.5			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIAS
 INSTITUTO NACIONAL DE AGRIICULTURA Y
 LABORIO DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 QIP: 116644
 JEFE

Figura 10: Análisis de contenido de humedad ASTM D – 2216-71

Fuente: Elaboración propia

ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA

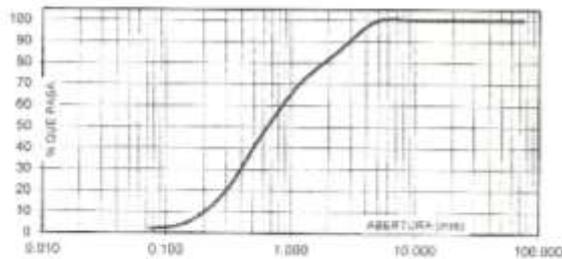
SOLICITA : Bach: Paredes Chavez, Anthony Johann
 TESIS : " Resistencia de un Concreto FC= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo Concreto Reciclado y Adicionando Cenizas de Hojas de Capul"
 LUGAR : HUARAZ
 FECHA : 25/12/2017 CANTERA : TACLLAN MATERIAL : AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	2264.96
PESO SECO LAVADO	2219.36
PESO PERDIDO POR LAVADO	45.60

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	12.90	0.55	0.55	99.45
N° 8	2.300	324.28	14.31	14.87	85.13
N° 16	1.180	306.10	14.84	29.70	70.30
N° 30	0.600	520.50	22.98	52.69	47.31
N° 50	0.300	627.30	27.70	80.38	19.62
N° 100	0.150	328.50	14.42	94.80	5.20
N° 200	0.075	72.26	3.19	97.99	2.01
PLATO		45.00	2.01	100.00	0.00
TOTAL		2354.56	100.00		

TAMANO MAXIMO NOMINAL : N° 4
 MODULO DE FINEZA : 2.7
 HUMEDAD : 3.51%

CURVA GRANULOMETRICA



Ing. Elías Maza Ambrosio
 QP 11094
 Oficina Central de Admisión
 Universidad San Pedro

Figura 11: Análisis granulométrico de agregado fino.
Fuente: Elaboración propia

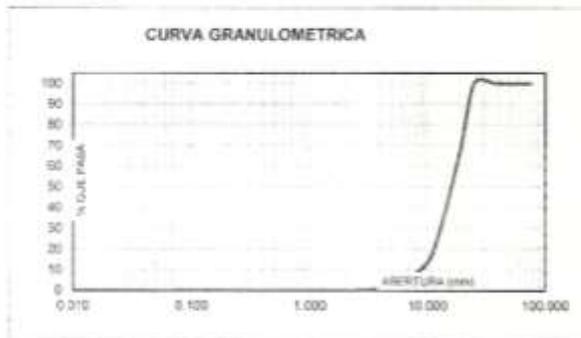
ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA

SOLICITA : Bach: Paredes Chavez, Anthony Johann
TESIS : " Resistencia de un Concreto f'c= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo Concreto Reciclado y Adicionando Cerizas de Hoja de Capulí"
LUGAR : HUARAZ
FECHA : 28/12/2017 **CANTERA :** TACLLAN **MATERIAL :** AGREGADO GRUESO

PESO SECO INICIAL	14084.3
PESO SECO LAVADO	14084.30
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	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	4628.30	32.89	32.89	67.11
1/2"	12.500	5672.40	40.33	73.22	26.78
3/8"	9.500	2259.30	16.02	89.14	11.58
N° 4	4.750	1396.30	9.91	97.85	2.15
N° 5	3.360	302.30	2.15	100.00	0.00
N° 10	1.900	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 20	0.850	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 40	0.425	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 60	0.250	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		14084.30	100.00		

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL : 3/4"
 MÓDULO DE FINEZA : 7.19
 HUMEDAD : 0.90%




UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 HUARAZ - PERU
 FACULTAD DE INGENIERIA
 OFICINA DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
 Ing. Elizabeth Maza Ambrósio
 CIP: 118544
 JEFE

Figura 12: Análisis granulométrico de agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION
DEL AGREGADO FINO**

SOLICITA : Bach: Paredes Chavez, Anthony Johann
TESIS : " Resistencia de un Concreto f'c= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo Concreto Reciclado y Adicionando Cenizas de Hoja de Capulí"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : TACLLAN
MATERIAL : AGREGADO FINO
FECHA : 28/12/2017

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

300.0		
665.8		
965.8		
858.5		
107.3		
294.3		
-101.6		
1.94		
1.94		

ABSORCION (%) : ((A-F)/F)x100
ABS. PROM. (%) :

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

PROMEDIO

2.74		
2.80		
-2.90		

PROMEDIO

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

2.69		
2.73		
-2.81		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA EN MECANICA
 HUARAZ - PERU
 Ing. Elisabeth Maza Ambroise
 CIP: 116544
 JSE

Figura 13: Análisis de peso específico y absorción del agregado fino.
Fuente: Elaboración propia

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION
DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : Bach: Paredes Chavez, Anthony Johann
 OBRA : " Resistencia de un Concreto fC= 210 Kg/Cm² Sustituyendo Concreto Reciclado y Adicionando Cenizas de Hoja de Capul"
 LUGAR : HUARAZ
 CANTERA : TACLLAN
 MATERIAL : AGREGADO GRUESO
 FECHA : 28/12/2017

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

1009.0	942.4	1051.4
625.5	585.0	651.4
383.5	357.4	400.0
1004.5	937.5	1048.5
379.0	352.5	397.1
0.44	0.52	0.28
0.41		

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

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

PROMEDIO

2.62	2.62	2.62
2.63	2.64	2.63
2.65	2.66	2.64

PROMEDIO

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

2.62
2.63
2.65



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA DE CIVIL
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 118044
 JEP

Figura 14: Análisis de peso específico y absorción del agregado grueso.
Fuente: Elaboración propia

PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach: Paredes Chavez, Anthony Johann
TESIS : " Resistencia de un Concreto f'c= 210 Kg/Cm2 Susituyendo Concreto Reciclado y Adicionando Cenizas de Hoja de Capulí"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : TACLLAN
MATERIAL : AGREGADO GRUESO
FECHA : 28/12/2017.

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19100	19120	19130
Peso de molde	5333	5333	5333
Peso de muestra	13767	13787	13797
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1474	1476	1477
Peso unitario prom.	1476 Kg/m3		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19770	19795	19780
Peso de molde	5333	5333	5333
Peso de muestra	14437	14462	14447
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1546	1548	1547
Peso unitario prom.	1547 Kg/m3		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 RECTORADO
 HUANCAHUAS
 OFICINA DE ADMINISTRACIÓN DE PERSONAL
 Ing. Elizabeth Maza Ambrós
 DNI: 112544
 JEFE

Figura 15: Análisis de pesos unitarios de agregado fino.

Fuente: Elaboración propia

PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach: Paredes Chavez, Anthony Johann
TESIS : " Resistencia de un Concreto f'c= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo Concreto Reciclado y Adicionando Cenizas de Hoja de Capulí"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : TACLLAN
MATERIAL : AGREGADO FINO
FECHA : 28/12/2017

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7910	7935	7925
Peso de molde	3426	3426	3426
Peso de muestra	4484	4509	4499
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1615	1624	1621
Peso unitario prom.	1620 Kg/m³		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	8305	8310	8290
Peso de molde	3426	3426	3426
Peso de muestra	4879	4884	4864
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1758	1759	1752
Peso unitario prom.	1756 Kg/m³		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL
 Ing. Elizabeth Masa Ambros, J.
 CIP: 116044
 JEFE

Figura 16: Análisis de pesos unitarios de agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TESIS	Resistencia de un Concreto FC= 210 Kg/Cm ² Sustituyendo Concreto Reciclado y Adicionando Cenizas de Hoja de Capulí				
SOLICITA	Bach: Paredes Chavez, Anthony Johann				
DISTRITO	HUARAZ	HECHO EN		USP-HUARAZ	
PROVINCIA	HUARAZ	FECHA		25/12/2017	
PROG. (RM.)		ASEBOR			
DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA	AGREGADO RECICLADO				
MUESTRA	AGREGADO RECICLADO				
PROF. (mm)					
AGREGADO GRUESO RECICLADO					
N° TARRO		30	28		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1232.5	1197.0		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1211.0	1174.0		
PESO DE AGUA	(g)	21.50	23.00		
PESO DEL TARRO	(g)	170.20	172.5		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1040.80	1001.5		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	2.07	2.3		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	2.18			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 PUNTA - PERU
 LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 HUANCAHUASCO
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosi
 CIP: 110584
 JEFE

Figura 17: Análisis de contenido de humedad ASTM D – 2216-71

Fuente: Elaboración propia

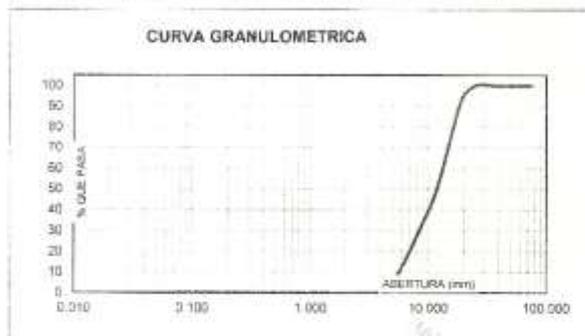
ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA

SOLICITA : **Bach: Paredes Chavez, Anthony Johann**
 TESIS : " Resistencia de un Concreto f'c= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo Concreto Reciclado y Adicionando Cenizas de Hoja de Capulí"
 LUGAR : **HUARAZ**
 FECHA : **28/12/2017** CANTERA : **RECICLADO** MATERIAL : **AGREGADO RECICLADO**

PESO SECO INICIAL	9361
PESO SECO LAVADO	9361.00
PESO PERDIDO POR LAVADO	0.00

TAMIZ	ABERT. (mm)	PESO RETEN. (g)	% 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	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	703.90	7.52	7.52	92.48
1/2"	12.500	3692.90	38.38	45.89	54.11
3/8"	9.500	1857.90	17.71	63.60	36.40
Nº 4	4.750	3043.90	32.51	96.11	3.89
Nº 8	2.380	364.00	3.89	100.00	0.00
Nº 16	1.180	0.00	0.00	100.00	0.00
Nº 30	0.600	0.00	0.00	100.00	0.00
Nº 50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00
Nº 100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00
Nº 200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00
PLATO		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		9361.00	100.00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 3/4"
 MODULO DE FINEZA : 6.57
 HUMEDAD : 2.18%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 FUNDACION DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maiza Ambrosio
 DPTº 116544
 JEFE

Figura 18: Análisis granulométrico de agregado grueso reciclado.
Fuente: Elaboración propia

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION
DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : Bach: Paredes Chavez, Anthony Johann
OBRA : " Resistencia de un Concreto f'c= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo Concreto Reciclado y Adicionando Cenizas de Hoja de Capul"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : RECICLADO
MATERIAL : AGREGADO RECICLADO
FECHA : 28/12/2017

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

973.0	972.0	971.0
586.0	584.0	581.0
387.0	388.0	390.0
942.0	938.5	936.0
366.0	354.5	355.0
3.29	3.57	3.74
3.53		

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

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

PROMEDIO

2.43	2.42	2.40
2.51	2.51	2.49
2.65	2.65	2.64

PROMEDIO

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

2.43
2.51
2.65



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 HUAS - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116044
 JEFE

Figura 19: Análisis de peso específico y absorción del agregado grueso reciclado.
Fuente: Elaboración propia



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach: Paredes Chavez, Anthony Johann
TESIS : " Resistencia de un Concreto FC= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo Concreto Reciclado y Adicionando Cenizas de Hoja de Capuli"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : RECICLADO
MATERIAL : AGREGADO RECICLADO
FECHA : 28/12/2017

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	17475	17445	17458
Peso de molde	5333	5333	5333
Peso de muestra	12142	12112	12125
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1300	1297	1298
Peso unitario prom.	1298 Kg/m ³		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	18360	18340	18350
Peso de molde	5333	5333	5333
Peso de muestra	13027	13007	13017
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1395	1392	1394
Peso unitario prom.	1394 Kg/m ³		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 HUARAZ - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIAS
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 FUNDACIONES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 118244
 JAFE

RECTORADO: Av. José Pardo 104 Chimbote / Peru - Tel: 043 341078 / 341000 / 328034 Fax: 327396
 CIUDAD UNIVERSITARIA: - Las Pintas s/n. Urb. Las Pintas. Tel.: 043 323505 / 326150 / 329456 - Bellavista Av. Pisco, Bellavista 421 Tel: 343342
 - Nuevo Chimbote 01 - 7 Urb. Las Casuarinas - Tel.: 343 312842 - San Luis Nuevo Chimbote. Tel.: 043 319704
 OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Eje. Aguirre y España - Tel.: (043) 343099 - www.usapedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

Figura 20: Análisis de pesos unitarios de agregado grueso reciclado.

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 02: Resistencia a la Abrasión

Fichas de laboratorio – USP-HUARAZ

RESISTENCIA A LA ABRASION
(MAQUINA DE LOS ANGELES)

SOLICITA : PAREDES CHAVEZ ANTHONY JOHANN
LUGAR : HUARAZ - HUARAZ - ANCASH
CANTERA : TACLLAN
MATERIAL : AGREGADO GRUESO
FECHA : 28/12/2017

Método : B ó Gradación B
Bilas : 11 Bilas o Esferas
Tamiz : 3/4 - 1/2 : 2500 gr
Tamiz : 1/2 a 3/8 : 2500 gr
Total : Peso Inicial = 5000 gr
Tamiz : N° 12
Retenido : Peso = 3786 gr
Porcentaje de Desgaste : 24.28 %

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma de diseño ASTM C - 131.

NOTA : La muestra fue traída por el interesado de este laboratorio.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
HUARAZ - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE METODOS DE ENSAYO Y
MUESTREO AUTOMATIZADO
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
DPI: 118544
JPE

Figura 21: Resistencia a la Abrasión Máquina de los Ángeles

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 03: Análisis de ensayo en ceniza de Capulí

Fichas de laboratorio – Universidad Nacional de Trujillo



Trujillo, 07 de agosto del 2017

INFORME N° 94 - AGO-17

Solicitante: Anthony Paredes Clívez. - Universidad San Pedro

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Ceniza Capuli (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CCA-93Ag	12.4 mg

2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 - 800 °C.
- Masa de muestra analizada: 12.4 mg.

Jefe de Laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa

Danny Chávez Novoa
Ingeniero en Polímeros

Figura 22: Análisis Térmico Diferencial

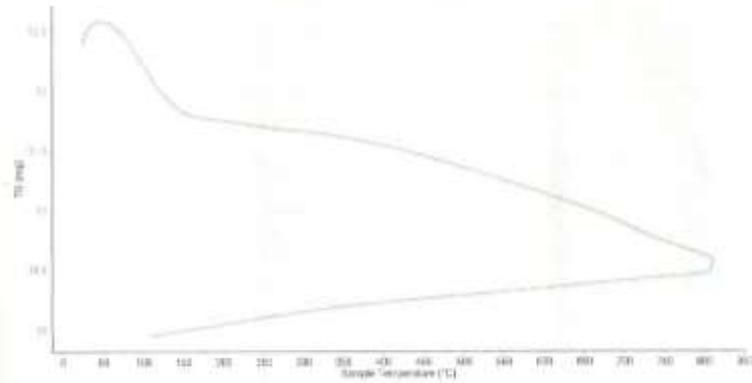
Fuente: Laboratorio de Polímeros – Universidad Nacional de Trujillo

Trujillo, 07 de agosto del 2017

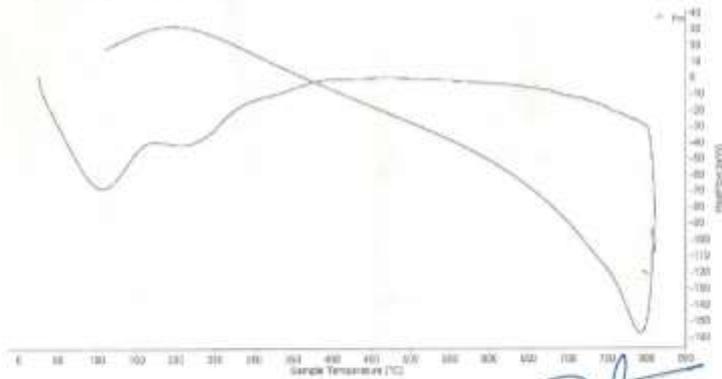
INFORME N° 94 - AGO-17

4. Resultados:

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



II- Curva Calorimétrica DSC



[Signature]
Denny M. Chávez Novoa

Tel: 44 2020102-0720800050402022 | ingenieria@untrujillo.edu.pe / Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú.

Figura 23: Análisis Térmico Diferencial

Fuente: Laboratorio de Polímeros – Universidad Nacional de Trujillo

Trujillo, 07 de agosto del 2017

INFORME N° 94 - AGO-17

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termogravimétrico se muestra un importante descenso como consecuencia de su pérdida de masa frente a la temperatura, en el rango entre 80 y 120°C esto por causa de eliminación de humedad. Posteriormente el descenso es gradual hasta llegar a perder un total de 15% de su masa inicial en el rango de temperatura estudiado.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un pico endotérmico a aproximadamente a 120 y una región térmica entre 190 y 220°C. Posteriormente aparentemente experimentaría un ligero pico endotérmico a 750°C lo que indicaría un posible cambio de fase y cambio en las propiedades del material (es propicio cerciorarse haciendo otros análisis).

Trujillo, 07 de agosto del 2017



Ing. Danny Mesías Chávez-Novo
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

Figura 24: Análisis Térmico Diferencial

Fuente: Laboratorio de Polímeros – Universidad Nacional de Trujillo

ANEXO N° 04: Análisis de PH ceniza de Capulí

Fichas de laboratorio – UNASAM – Huaraz



INFORME DE ENSAYO OTI70162

CLIENTE Razón Social : ANTHONY PAREDES CHAVEZ
 Dirección : Villón Bajo 20 13a 4A Huaraz
 Atención : Anthony Paredes Chavez

MUESTRA Producto declarado : Ceniza de Capulí
 Marca : Ceniza
 Procedencia : Caserio de Cajapampa, Distrito de Raimánizta, Provincia de Yungay
 Ref/Condición : Cadena de Custodia CCI70109

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 24/Noviembre/2017
 Fecha de análisis : 28 - 01 de Diciembre/2017
 Cotización N° : CO170847

COD.	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código de dato	MC - 0
					Fecha de registro	23/11/2017
					Hora de registro	11:30
					Delgado / Identificación	OTI70162
FCOZ	ANÁLISIS FISIQUÍMICO MUESTRA DE CENIZAS					
FCOZ 02 pH (en laboratorio)	Unid. pH	NOM-045 - 02 (*)				12.54

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el IMACAL - CA
 Datos proporcionados por el cliente


 Dr. Mario Leyva Dantes
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 COP N° 804

Huaraz, 01 de Diciembre de 2017

Esta prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el ensayo. Los contrastes, ensayos o muestras diferentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de preservación.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huaraz- Arequipa. Tels: 421 421 - Cis: 944432754 / 94815811 RPA # 84819335
 E-mail: lab@unsa.edu.pe

Figura 25: Análisis del PH de ceniza de capulí.

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM – UNASAM



INFORME DE ENSAYO OT170163

CLIENTE: Nombre Social: ANTHONY PAREDES CHAVEZ
 Dirección: Urban Barrio 23 Lda 4A Huarzo
 Asociación: Anthony Paredes Chavez

MUESTRA: Producto declarado: Ceniza de Capul con Cemento
 Marca: Concha
 Procedencia: Caserio de Cajpampa, Distrito de Píscar, Provincia de Yungay
 Ref. Cuestión: Codena de Costado CC170163

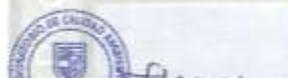
MUESTREO: Responsabil: Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: No aplica

LABORATORIO: Fecha de recepción: 24 Noviembre 2017
 Fecha de análisis: 26 - 01 de Diciembre 2017
 Cuestión N°: CC170163

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Categoría de muestra	NO - CA 125
					Fecha de recepción	23/11/2017
					Valor promedio	11.35
					Código de laboratorio	07170163
RGGZ ANALISIS FÍSICO QUÍMICOS - MUESTRA DE CENIZAS						
RGGZ 02	PH (pH)	PH	MONIT-45-10(1)*			12.00

(*) LUN: miliones indicadas. No son datos acreditados por el INACAL - CA.
 † Datos proporcionados por el cliente

Huarzo, 01 de Diciembre de 2017


 Ing. Guillermo Bello Lopez Colles
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CCF N° 254

Esta prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el evento. Los contrastes o muestras diferentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de preservación.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTO DOMINGO DE BAMBOLÓ"
 Av. Costado N° 203 - Huarzo - Arequipa. Telf: 021 431 - Cel: 94402734 / 943815335 RPNL # 943815335
 E-mail: labcam@unasm.edu.pe

Figura 26: Análisis del PH de ceniza con cemento de capulí.
Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM – UNASAM

ANEXO N° 05: PESO ESPECÍFICO DE LA CENIZA DE CAPULÍ

Fichas de laboratorio – USP – Huaraz

PESO ESPECIFICO

(CENIZA)

SOLICITA: Bach. Paredes Chavez, Anthony Johan
TESIS: "Resistencia de un Concreto $f_c = 210\text{kg/Cm}^2$ Sustituyendo Concreto Reciclado y Adicionando Cenizas de Hoja de Capulí"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : _____
MATERIAL : CENIZA DE HOJA DE CAPULI
FECHA: 18/03/2019

PESO DE MATERIAL	150	gramos
VOL. DEZPLAZAMIENTO	48,5	gramos ml.

PESO ESPECIFICO	$D = P/V = 500/185$
-----------------	---------------------

PESO ESPECIFICO CENIZA	3,09
------------------------	------

OBSERVACIONES: Material ceniza utilizado paso por la malla N° 4



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 PUNO - HUARAZ
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIONES
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 Y GEOTECNIA
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 DNI: 116544
 USP

Figura 27: Peso Específico de la ceniza de capulí.
Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos USP-HUARAZ

**ANEXO N° 06 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CENIZA DE HOJA DE
CAPULÍ - FRX**

Fichas de laboratorio – UNMSM – Lima



Tabla 1. Composición elemental de la muestra de ceniza de hoja de capulí en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado
Al ₂ O ₃	12.229	14.901
SiO ₂	5.463	6.656
P ₂ O ₅	11.720	14.280
SO ₂	1.431	1.743
ClO ₂	0.682	0.831
K ₂ O	18.275	22.267
CaO	30.623	37.312
TiO ₂	0.058	0.071
MnO	0.390	0.475
Fe ₂ O ₃	0.860	1.048
Ni ₂ O ₃	0.004	0.005
CuO	0.016	0.020
ZnO	0.113	0.137
Rb ₂ O	0.006	0.007
SrO	0.135	0.165
ZrO ₂	0.005	0.006
BaO	0.059	0.072
Totales	82.072	100.00

La suma en términos de contenido de óxidos es algo menor que 100% indicando que puede haber compuestos de Na y/o Mg que no se han detectado por esta técnica y/o la ceniza contiene compuestos diferentes que óxidos, por ejemplo carbonatos, y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para aclarar esta situación se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X para determinar los compuestos que contiene la muestra.

Figura 28: Análisis Químico de la Ceniza de Capulí.

Fuente: Laboratorio de Arqueometría UNMSM-LIMA



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría



Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de ceniza de hoja de capulí en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos ...
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 16 de octubre del 2017

Figura 29: Espectro de FRXDE de una muestra de Ceniza de Hoja de Capulí.

Fuente: Laboratorio de Arqueometría UNMSM-LIMA

ANEXO N° 07: DISEÑO DE MEZCLA

Fichas de laboratorio – USP – Huaraz

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN MÉTODO ACI

*RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM2
SUSTITUYENDO EL AGREGADO GRUESO POR CONCRETO
RECICLADO Y ADICIONANDO CENIZAS DE HOJA DE CAPULI*

Materiales	P.e	P.U.s	P.U.C	%Hum.	%Abs.	Módulo de fineza
Cemento	3,15					
Agua	1000					
Agregado fino	2,80	1620,08	1756,36	3,51	1,94	2,73
Agregado Grueso	2,63	1475,61	1546,80	0,60	0,41	7,92

Datos	
Resistencia:	210 kg/cm2
Días:	7,14,28
TMN	3/4"

1 RESISTENCIA PROMEDIO

$f'_{ca} = 210 \text{ Kg/cm}^2$

2 CÁLCULO DEL CONTENIDO AIRE

De acuerdo a la granulometría el TMN = 3/4"
De la Tabla N° 01 el aire atrapado es 2 %

3 CÁLCULO DEL VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA

Sabemos que el Slump es 3"-4"
De acuerdo a la granulometría el TMN = 3/4"
El volumen unitario del Agua es 705,00 Lt/m3

4 RELACIÓN AGUA CEMENTO (a/c)

Sabemos que el $f'_{c} = 210 \text{ Kg/cm}^2$
entonces de la tabla N°3 Interpolamos

200	0,7
210	0,68
250	0,62

a/c = 0,68



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
PELÚ - HUÁRAZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSITARIO DE HUÁRAZ
CIP: 110544
Ing. Elisabeth Alza Ambrusev
JEFE

Figura 30: Diseño de mezcla por el método ACI (a).

Fuente: Elaboración propia

5 FACTOR CEMENTO

De los datos obtenidos $C = \frac{205}{0.68} = 299,71 \text{ Kg/m}^3$

1 Bolsa de Cemento pesa 42,5 Kg

factor cemento= C/peso del cemento
F.C.= 7,05 Bol/m³

6 CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Peso del agregado grueso= $\left(\frac{h}{h_0}\right) \times \text{Peso U.S.C}$

Donde:
h. Módulo de finza del agregado fino
h₀ Taxate Máxima Necesita! de agregado fino
u.s.c. Peso unitario seco consuetudinario del agregado grueso

Módulo de finza 2,73 TMN: 3/4"

2,6	0,64
2,73	0
2,80	0,62

Volumen Agregado Grueso 0,63 m³
Peso del Agregado Grueso 909,87 Kg



7 CÁLCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento	$C_{(VA)} = \frac{c}{(\text{peso unitario}) \times \text{peso}}$	0,095 m ³
Agua	$A_{(VA)} = \frac{a}{\text{pe-agua}}$	0,205 m ³
Aire Atrapado	$A_{(VA)} = \frac{\text{aire atrapado}}{100}$	0,02 m ³
Agregado Grueso	$A_{(VA)} = \frac{P.A.G}{\text{pe.A.G}}$	0,368 m ³
		<hr/> 0,689

8 CONTENIDO DE AGREGADO FINO

La suma de Todos los materiales debe ser igual 0,311 m³
 $\sum (\text{cem} + \text{agua} + \text{aire} + A_{\text{grueso}})_{VA} = 1,000 \text{ m}^3$
 Peso del Agregado Fino 670,70 Kg/m³

Figura 31: Diseño de mezcla por el método ACI (b).

Fuente: Elaboración propia

9 VALORES DE DISEÑO

Cemento:	299,71 Kg/m ³
Agua de Diseño	205,00 Lit/m ³
Agregado Fino Seco	870,70 m ³
Agregado Grueso seco	969,87 m ³

10 CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

$$\text{Agregado Grueso: } = P_{\text{agregado}} \left(\frac{\%w}{100} + 1 \right) \quad 975,72 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Fino: } = P_{\text{agregado}} \left(\frac{\%w}{100} + 1 \right) \quad 901,24 \text{ Kg/m}^3$$

* Humedad Superficial

Agregado grueso :	0,60	0,41	0,19 %
Agregado fino :	1,94	3,51	1,57 %

* Aporte de Humedad de los Agregados

$$\text{Agregado grueso: } = \frac{(\%w - \%abs) \cdot P_{\text{agregado}}}{100} \quad 1,85 \text{ lt}$$

$$\text{Agregado fino: } = \frac{(\%w - \%abs) \cdot P_{\text{agregado}}}{100} \quad 14,15 \text{ lt}$$

16,00 lt

Agua efectiva: $A_e = a - \text{Aporte agua}$ 189,00 Lit/m³

* Los Agregados De Los materiales corregidos son:

Cemento:	299,71 Kg/m ³
Agua efectiva:	189,00 Lit/m ³
Agregado Fino:	901,24 Kg/m ³
Agregado grueso:	975,72 Kg/m ³

11 PROPORCIÓN EN PESO

cemento	ag.fino	ag.grueso	Agua
299,71	901,24	975,72	189,00
299,71	299,71	299,71	26,80

Por bolsa

1	3,01	3,26	26,80
---	------	------	-------



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
PLATA - PERÚ
CATEDRA DE INGENIERIA
CONSTRUCCION DE OBRAS DE ACERCA Y
PAVIMENTOS
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 110544
I.E.P.C.

Figura 32: Diseño de mezcla por el método ACI (c).

Fuente: Elaboración propia

1.7 PROPORCIÓN EN PESO

Arena	127,80 kg/bis
Grava	138,36 kg/bis
cemento:	42,5 kg/bis
Agua	26,80 kg/bis



$$R = 0,075$$

$$H = 0,3$$

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 0,0053$$

1.8 Cantidad de Material para una Probeta

Arena	5,733 kg	15,050
Grava	6,207 kg	
cemento:	1,907 kg	
Agua	1,20 lt	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
PERÚ - TUMBES
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE INGENIERÍA DE MATERIALES
TUMBES - PERÚ
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
GIP 110544
JEPE

Figura 33: Diseño de mezcla por el método ACI (d).

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO RECICLADO MÉTODO ACI

"RESISTENCIA DE UN CONCRETO $f'c=210$ KG/CM²
SUSTITUYENDO EL AGREGADO GRUESO POR CONCRETO
RECICLADO Y ADICIONANDO CENIZAS DE HOJA DE CAPULÍ"

Materiales	P.e	P.U.A	P.U.C	%Um.	%Abs.	Módulo de finesa
Cemento	3,141					
Agua	3000					
Agregado fino	2,74	3620,08	1756,36	3,51	3,51	2,73
Agregado Grueso	2,50	3298,18	1393,53	2,18	2,18	7,13

Datos		
Resistencia:	210	kg/cm ²
Días:	7,14,28	
TMN	3/4"	

1 RESISTENCIA PROMEDIO

$f'c = 210$ Kg/cm²

2 CÁLCULO DEL CONTENIDO AIRE

De acuerdo a la granulometría el TMN = 3/4"
De la Tabla N° 01 el aire atrapado es 2 %

3 CÁLCULO DEL VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA

Sabemos que el Slump es 3"- 4"
De acuerdo a la granulometría el TMN = 3/4"
El volumen unitario del Agua es 205,00 l/m³

4 RELACIÓN AGUA CEMENTO (a/c)

Sabemos que el $f'c = 210$ Kg/cm²
por la tabla de la nueva relación a/c

a/c = 0,70



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
INGENIERÍA EN INGENIERÍA DE SANEAMIENTO
Y AMBIENTAL
Ing. Elizabeth Maza Ambrosini
CIP: 118844
JEFE

Figura 34: Diseño de mezcla por el método ACI (A).

Fuente: Elaboración propia

5 FACTOR CEMENTO

De los datos obtenidos $C = \frac{205}{0.68} = 292,86 \text{ kg/m}^3$

1 Bolsa de Cemento pesa 42,5 Kg

Factor cemento= $C/\text{peso del cemento}$
F.C= 6,89 Bol/m³

6 CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Peso del agregado grueso= $\left(\frac{b}{a}\right) \times \text{Peso U.S.C}$

Desde:
b: Módulo de finza del agregado fino
a: Tamaño Máximo Nominal de agregado fino
U.S.C: Peso unitario seco compactado del agregado grueso

Módulo de finza 2,73 TMN: 3/4"

2,6	0,64
2,73	0,62
2,80	0,62

Volumen Agregado Grueso 0,63 m³
Peso del Agregado Grueso 873,77 Kg



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
INSTITUTO DE INGENIERIA DE VIALCAMA Y
INGENIERIA CIVIL
Ing. Elizabeth María Ambrósio
CIP: 110544
Jefe

7 CÁLCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento	$C_{abs} = \frac{C}{(\text{peso})/m^3 \cdot \text{pega}}$	0,093 m ³
Agua	$A_{abs} = \frac{a}{pe.agua}$	0,205 m ³
Aire Atrapado	$A_{abs} = \frac{\text{aire atrapado}}{100}$	0,02 m ³
Agregado Grueso	$A_{abs} = \frac{P.A.G}{pe.A.G}$	0,349 m ³
		<u>0,667</u>

8 CONTENIDO DE AGREGADO FINO

La suma de Todos los materiales debe ser igual 0,333 m³
 $\sum (cem + agua + aire + A.grueso)_{vol} = 1,000 \text{ m}^3$

Peso del Agregado Fino 912,47 Kg/m³

Figura 35: Diseño de mezcla por el método ACI (B).

Fuente: Elaboración propia

9 VALORES DE DISEÑO

Cemento	292,86 Kg/m ³
Agua de Diseño	205,00 Lit/m ³
Agregado Fino Seco	912,47 m ³
Agregado Grueso seco	873,77 m ³

10 CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

$$\text{Agregado Grueso: } = P_{\text{seco}} \left(\frac{\%w}{100} - 1 \right) \quad 892,82 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Fino: } = P_{\text{seco}} \left(\frac{\%w}{100} - 1 \right) \quad 944,47 \text{ Kg/m}^3$$

* Humedad Superficial

Agregado grueso :	0,60	0,41	0,15 %
Agregado fino :	1,94	3,51	1,57 %

* Aporte de Humedad de los Agregados

$$\text{Agregado grueso: } \frac{(\%w - \%abs) \times P_{\text{seco}}}{100} \quad 1,69 \text{ lt}$$

$$\text{Agregado fino: } \frac{(\%w - \%abs) \times P_{\text{seco}}}{100} \quad 14,83 \text{ lt}$$

16,52 lt

Agua efectiva: $A.e = a - \text{Aporte agua}$ 188,48 Lit/m³

* Los Agregados De Los materiales corregidos son:

Cemento:	292,86 Kg/m ³
Agua efectiva:	188,48 Lit/m ³
Agregado fino:	944,47 Kg/m ³
Agregado grueso:	892,82 Kg/m ³

11 PROPORCIÓN EN PESO

cemento	ag.fino	ag.grueso	Agua
292,86	944,47	892,82	188,48
292,86	292,86	292,86	27,35

Por bolsa

1	3,23	3,05	27,35
---	------	------	-------



Figura 36: Diseño de mezcla por el método ACI (C).

Fuente: Elaboración propia

12 PROPORCIÓN EN PESO

Arena	137,06 kg/bis
Grava	129,57 kg/bis
cemento	42,5 kg/bis
Agua	27,35 kg/bis



$R = 0,075$
 $H = 0,3$
 $V = \pi r^2 h$
 $V = 0,0053$

13 Cantidad de Material para una Probeta

Arena	6,008	kg
Grava	5,680	kg
cemento	1,863	kg
Agua	1,199	l
Ceniza	0,279	Kg



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 0514 - HUANUCO
 CANTON DE HUANCAYO
 CARRILLO DE OCHOA Nº 1000
 HUANCAYO - PERU
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CAPI 118844
 JEFE

Figura 37: Diseño de mezcla por el método ACI (D).
Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 08: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Fichas de laboratorio – USP – Huaraz

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

SOLICITA : PAREDES CHAVEZ, ANTHONY JOHANN
 TESIS : "RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c = 210 Kg/Cm2 SUSTITUYENDO CONCRETO RECICLADO Y ADICIONANDO CENIZAS DE HOJA DE CAPULI"

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MEZCLA PATRÓN										
área		176.7								
Días curado	0	7			14			28		
probetas		I	II	III	I	II	III	I	II	III
patrón		31950	29520	31125	36670	35090	36930	38650	39520	39460
R patron		180.81	167.06	176.15	207.53	198.59	209.00	218.73	223.66	223.32
porcentaje Patrón		86.10	79.55	83.88	98.82	94.56	99.52	104.16	106.50	106.34
promed	0	83.18			97.64			105.67		

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON AGREGADO GRUESO RECICLADO Y 15% DE CENIZA DE CAPULI										
área		176.7								
Días curado	0	7			14			28		
probetas		I	II	III	I	II	III	I	II	III
ceniza 15%		28200	27695	27190	34980	36620	35250	37585	37520	38055
R ceniza		159.59	156.73	153.88	197.96	207.24	199.49	212.71	212.34	215.37
porcentaje ceniza		76.00	74.64	73.27	94.27	98.69	95.00	101.29	101.11	102.55
Prom	0	74.64			95.98			101.65		



RECTORADO: Av. José Pardo 164 Chimbote / Perú - Tel: 043 341078 / 347809 / 328094 Fax: 323986
 CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Tel: 043 323905 / 320150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421. Tel: 345042
 - Nuevo Chimbote U1 - 1 Urb. Las Casuarinas - Tel: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote - Tel: 043 316704
 OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Cdo. Aguirre y Espinoza - Tel: (043) 345899 - www.usapedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

Figura 38: Ensayo de resistencia a la compresión patrón vs experimental
Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N° 09: PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 39: Extracción de las hojas de capulí



Figura 40: Extracción de las hojas de capulí



Figura 411: Secado de las hojas de capulí



Figura 42: muestra del calcinado de las hojas de capulí



Figura 43: Recolección del Concreto Reciclado



Figura 44: Tamizado de los agregados



Figura 45: secado de los agregados



Figura 46: Ensayo de Absorción y peso específico de los agregados



Figura 47: Preparación de la mezcla de concreto



Figura 48: Ensayo de asentamiento del concreto “Slump”



Figura 49: Ensayo de asentamiento del concreto “Slump”



Figura 50: Elaboración de las probetas de concreto



Figura 51: Realización de ensayo de resistencia a la compresión espécimen patrón - Laboratorio de la USP – Huaraz



Figura 52: Realización de ensayo de resistencia a la compresión del espécimen experimental - Laboratorio de la USP – Huaraz