

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Resistencia en mortero con sustitución de cemento en un 5% y
7% por ceniza de cardón.**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Salas Silva, Luis Joel

Asesor

Salazar Sánchez, Dante

Chimbote – Perú

2019

PALABRA CLAVE:

TEMA	RESISTENCIA DE MORTERO; CARDÓN
ESPECIALIDAD	TECNOLOGIA DEL CONCRETO

KEY WORDS:

TOPIC	RESISTANCE OF MORTAR; CARD
SPECIALTY	CONCRETE TECHNOLOGY

LINEA DE INVESTIGACIÓN

01	INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
02	INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
2.01	INGENIERÍA CIVIL

TITULO:

**“RESISTENCIA EN MORTERO CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN UN
5% Y 7% POR CENIZA DE CARDÓN”**

RESUMEN

El proyecto tubo como objetivo de investigación determinar la resistencia a la compresión de un mortero cuando se sustituye el cemento por las cenizas de cardón en 5% y 7% con la finalidad de saber que este mortero cumpla una resistencia óptima.

Es una investigación aplicada y explicativa, es de enfoque cuantitativo y de diseño experimental en bloque completo al azar. La muestra es un total de 27 cubos, 9 cubos para la muestra patrón, 9 cubos para 5% y 9 cubos para 7% de ceniza de cardón. Se determinó las resistencias a los 3, 7 y 28 días de curado. Siendo el resultado más relevante en la sustitución al 7%.

La técnica utilizada fue la observación y como instrumento de registro de datos se contó con una guía de observación y fichas técnicas del laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales. Los datos fueron procesados con los programas Excel y SPSS. El análisis se realizó con tablas, gráficos, porcentajes, promedios, varianzas, coeficiente de variación y una prueba de hipótesis ANOVA.

Se realizó los ensayos a la compresión a las unidades de mortero con cemento en una sustitución de Cardón a un 5% y 7% cuyo valor promedio a los 28 días fue de 429.25 kg/cm² y 446.97 kg/cm² superando en 8.3% y 11.66% con respecto al mortero patrón cuyo valor promedio a los 28 días fue de 426.05 kg/cm².

ABSTRACT

The project has as research objective to determine the compressive strength of a mortar when the cement is replaced by cardón ash in 5% and 7% in order to know that this mortar meets an optimum resistance.

It is an applied and explanatory investigation, it is of quantitative approach and of experimental design in complete block at random. The sample will be a total of 27 cubes, 9 cubes for the standard sample, 9 cubes for 5% and 9 cubes for 7% of cardón ash. The resistances at 3, 7 and 28 of curing will be determined. Being the most relevant result in the replacement at 7%.

The technique used will be the observation and as data recording instrument there will be an observation guide and technical sheets of the soil mechanics and materials testing laboratory. The data was processed with the Excel and SPSS programs. The analysis will be carried out with tables, graphs, percentages, averages, variances, coefficient of variation and an ANOVA hypothesis test.

Compression tests were carried out on mortar units with cement in a Cardón replacement at 5% and 7% whose average value at 28 days was 429.25 kg / cm² and 446.97 kg / cm² exceeding 8.3% and 11.66 % with respect to the standard mortar whose average value at 28 days was 426.05 kg / cm².

Índice General

Contenido

Palabras clave - key words – Línea de investigación	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice	v
I). Introducción	1
II). Metodología	22
III). Resultados	28
IV). Análisis y discusión	57
V). Conclusiones y Recomendaciones	59
VI). Agradecimientos	61
VII). Referencias bibliográficas	62
VIII). Anexos y apéndices	64
Anexo N°1: Ensayos de agregado	64
Anexo N°2: Calcinación del Cardón	75
Anexo N°3: Ensayo de pH del cardón y cemento	77
Anexo N°4: Ensayo de peso específico del cardón y cemento	85
Anexo N°5: Ensayo de fluorescencia de rayos X	93
Anexo N°6: Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis Térmico diferencial DTA	98
Anexo N°7: Ensayo de resistencia a la compresión	102
Anexo N°8: Ensayo de fluidez	106
Anexo N°9: Prueba de hipótesis Anova	110
Anexo N°10: Panel Fotográfico	113

Índice de tablas:

Tabla 1: Cuadro de dosificación de mortero	11
Tabla 2: Cuadro de dosificación de mortero, según el número de especímenes	11
Tabla 3: Composición química del cemento	14
Tabla 4: Componentes principales del cemento	16
Tabla 5: Requisitos granulométricos para agregado fino	19
Tabla 6: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado,	21
Tabla 7: Requisitos de aprobación para aguas dudosas	21
Tabla 8: Ventajas de las Puzolanas en los Cementos Puzolánicos	24
Tabla 9: Resultado de Fluorescencia de Rayos X del cardón.	26
Tabla 10: Variable dependiente	27
Tabla 11: Variable independiente	28
Tabla 12: Diseño en bloque completo al azar	30
Tabla 13: Técnicas e instrumentos de la investigación	32
Tabla 14: Ensayo de pH del Cardón	36
Tabla 15: Contenido de humedad agregado fino (ASTM D-2216)	36
Tabla 16: Gravedad Específica Y Absorción Agregado Fino (Según Norma ASTM C-127)	37
Tabla 17: Peso Unitario suelto del agregado fino	37
Tabla 18: Peso Unitario compactado del agregado fino	38
Tabla 19: Requisitos Físicos de Gradación para el cálculo de la fluidez	38
Tabla 20: Proporción de materiales utilizados para calcular la Fluidez del mortero patrón	39
Tabla 21: Dosificación de materiales utilizados para calcular la fluidez del mortero experimental con 5% y 7% de cardón	39
Tabla 22: Fluidez del mortero	40
Tabla 23: Dosificación de materiales utilizado para elaborar los especímenes del mortero patrón	40
Tabla 24: Dosificación de materiales utilizados para elaborar los especímenes del mortero experimental con 5% y 7% de cardón	40
Tabla 25: Ensayo de Compresión del mortero patrón a los 3 días	41
Tabla 26: Ensayo de Compresión del mortero patrón a los 7 días	41
Tabla 27: Ensayo de Compresión del mortero patrón a los 28 días	42
Tabla 28: Ensayo de Compresión del mortero experimental al 5% a los 3 días	42
Tabla 29: Ensayo de Compresión del mortero experimental al 5% a los 7 días	43
Tabla 30: Ensayo de Compresión del mortero experimental al 5% a los 28 días	43
Tabla 31: Ensayo de Compresión del mortero experimental al 7% a los 3 días	44
Tabla 32: Ensayo de Compresión del mortero experimental al 7% a los 7 días	44
Tabla 33: Ensayo de Compresión del mortero experimental al 7% a los 28 días	45
Tabla 34: Medida de dispersión del mortero patrón	45
Tabla 35: Medida de dispersión del mortero con sustitución de cemento a un 5% por cardón	46

Tabla 36: Medida de dispersión del mortero con sustitución de cemento a un 7% por cardón	47
Tabla 37: Peso de especímenes patrón 3 días	48
Tabla 38: Peso de especímenes patrón 7 días	48
Tabla 39: Peso de especímenes patrón 28 días	49
Tabla 40: Peso de especímenes experimental al 5% en 3 días	49
Tabla 41: Peso de especímenes experimental al 5% en 7 días	50
Tabla 42: Peso de especímenes experimental al 5% en 28 días	50
Tabla 43: Peso de especímenes experimental al 7% en 3 días	51
Tabla 44: Peso de especímenes experimental al 7% en 7 días	51
Tabla 45: Peso de especímenes experimental al 7% en 28 días	52
Tabla 46: Resultados Finales de los Ensayos de Compresión	52
Tabla 47: Ensayos de Compresión en Porcentaje del mortero patrón	53
Tabla 48: Ensayos de Compresión en Porcentaje con sustitución al 5%	53
Tabla 49: Ensayos de Compresión en Porcentaje con sustitución al 7%	54
Tabla 50: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de los cubos de mortero.	62
Figura 1: Grafico de la resistencia a la compresión (kg/cm ²) del mortero patrón vs Edad de curado	55
Figura 2: Grafico de la resistencia a la compresión (kg/cm ²) del mortero experimental al 5% vs Edad de curado	56
Figura 3: Grafico de la resistencia a la compresión (kg/cm ²) del mortero experimental al 7% vs Edad de curado	57
Figura 4: Grafico del promedio de las resistencias a la compresión (kg/cm ²) vs Edad de curado	58
Figura 5: Grafico de la resistencia a la compresión (kg/cm ²) vs Edad de curado	59
Figura 6: Promedio de Peso Fraguado del mortero patrón y experimental al 5% y 7% vs Edad de curado	60
Figura 7: Promedio de Peso Curado del mortero patrón y experimental al 5% y 7% vs Edad de curado	61

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de los antecedentes y fundamentación científica tenemos:

Reyes O. (2008). Estudió la ceniza de la Palma Africana reportando el valor de la activación térmica a una temperatura de 600°C en el tiempo de 2hr 30 minutos, además que el pH fue 9.15 para el 0%, de 9.05 para el 5% y de 9.16 para el 10% siendo un material alcalino, concluyendo que mientras menor sea la adición de la ceniza de la Palma Aceitera mejor será la resistencia a compresión en el mortero.

Águila I. y Sosa M. (2008). En su investigación “Evaluación físico química de cenizas de cascarilla de arroz, bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero, como materiales puzolánicos” indican que cuando se sustituye las cenizas de hoja de maíz solo se experimenta el incremento de la resistencia en un 10% a los 28 días, por lo tanto, señalan que el material estudiado posee el potencial necesario para ser empleado en la elaboración de morteros y concretos. Se puede apreciar en su investigación que mientras más porcentaje de cenizas se agrega, la resistencia a compresión a 7 y 28 días disminuye a comparación del mortero patrón.

Ochoa J. (2013). Estudió la ceniza de Agave Americano reportando el valor de activación térmica que fue una temperatura de 1050 °C en el tiempo de 1 hora, además un pH de 4.5 siendo un material ácido, concluyendo que estos valores aumentan la resistencia a la compresión en el mortero producto de los componentes químicos que contienen y se adhieren al cemento.

Cardona, D. (2013). En su proyecto de investigación 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.

Córdoba, A. (2017). Utilizando la arcilla y el ichu obtenida de una calcinación controlada 540°C la arcilla por 1.5 horas y el ichu en polvo pasado la malla n°200. Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión y la conductividad térmica sustituyendo al cemento en un 20% de arcilla y 10% de ichu en una mezcla de mortero, dando como resultado el ichu es un buen material térmicamente aislante de la muestra experimental se redujo un 69.74% en comparación a la muestra patrón.

En la presente investigación se evaluará la resistencia del mortero con sustitución de cemento en un 5% y 7% por ceniza de cardón.

El Cardón por ser un material suplementario sirve como una alternativa de los recursos naturales renovables para el diseño de un mortero con un porcentaje de cenizas de Cardón que puede favorecer sobre la resistencia a la compresión de morteros al interactuar con el agua permitiendo de esta manera comportarse como materiales puzolánicos, esto nos incentiva a darle mayor interés y difusión a una tecnología que en países desarrollados ya lo usan como alternativas para reemplazar en porcentajes al cemento y no es tan contaminante como en la elaboración del cemento que contamina hasta el 5% del CO₂ de todo el mundo.

Entendiéndose como problemática la producción excesiva del cemento, constituido en su gran mayoría por óxidos (Calcio, Silicio, y Aluminio) obtenido de rocas que son de alto costo, junto a la elaboración de diversos aditivos con diferentes funciones y aplicaciones sobre el mortero que son altamente contaminantes.

Esta investigación se plantea sustituir 5% y 7% al cemento con ceniza de cardón, por lo que se busca comprobar el bajo costo para adquirir este sustituto que mejore en cuanto a su propiedad mecánica, en lo que se refiere a resistencia a la compresión.

El cardón utilizado proviene de la localidad de Chao – Viru – La Libertad, para la cual nuestra investigación parte de la innovación para un nuevo diseño de mortero con la finalidad de aprovechar nuestros recursos naturales (cardón), y reducir costos. La ceniza de cardón puede favorecer la

resistencia a la compresión de morteros al interactuar con el agua permitiendo de esta manera comportarse como materiales puzolánicos, esto nos incentiva a darle mayor interés y difusión a una tecnología que en países desarrollados ya lo usan de distintas maneras. El cemento puede ser sustituido por otros materiales capaces de evitar contaminación y costo en un cierto grado, la cual nos lleva a plantear el siguiente problema:

¿Cuál es la resistencia de un mortero al sustituir el cemento en un 5% y 7 % por Cardón, en comparación a un mortero convencional?

Después de haber formulado la problemática es necesario la conceptualización y operacionalización de las variables.

Tecnología de materiales

La tecnología de materiales es el estudio y puesta en práctica de técnicas de análisis, estudios físicos y desarrollo de materiales. También es la disciplina de la ingeniería que trata sobre los procesos industriales que nos proporcionan las piezas que componen las máquinas y objetos diversos, a partir de las materias primas.

Definición de mortero

Portland Cement Association, PCA. (2002). Sostienen que el mortero consiste en una mezcla de portland cemento o cemento hidráulico mezclado y materiales plastificantes (tales como caliza piedra o cal hidratada), junto con otros materiales introducidos para mejorar una o más propiedades tales como la definición tiempo, trabajabilidad, retención de agua, durabilidad y resistencia. Estos componentes son proporciones de la planta de cemento bajo condiciones controladas para asegurar la uniformidad de los resultados.

Dosificación del mortero

Norma Técnica Peruana (NTP) 334.051, 2013. Esta norma determina que la resistencia a la compresión en morteros de cemento Portland, se determina llevando a la rotura especímenes de 50 mm de lado, preparados con mortero que consiste de 1 parte de cemento y 2,75 partes de arena dosificados en masa.

La relación de agua/cemento (a/c) para todo el cemento portland sin aire incorporado debe de ser 0.485.

La cantidad de materiales a ser mezclados en un solo tiempo en una tanda de mortero para elaborar 6 y 9 especímenes de ensayo será tal como sigue:

Tabla 1: Cuadro de dosificación de mortero

MORTERO	USOS
1:1	Mortero muy rico para impermeabilización. Rellenos
1:2	Para impermeabilizaciones y pañetes de tanques subterráneos
1:3	Impermeabilizaciones menores. Pisos
1:4	Pega para ladrillos en muros y baldosines. Pañetes finos.
1:5	Pañetes exteriores. Pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general. Pañetes no muy finos.
1:6 y 1:7	Pañetes interiores: Pega ladrillos, baldosines, pañetes, y mampostería en general. Pañetes no muy finos.
1:8 y 1:9	Pegas para construcciones que se van a demoler pronto. Estabilización de taludes en cimentaciones

Fuente: Norma técnica peruana - NTP 334.051. (2013)

Los morteros de 1:1 a 1:3 son morteros de gran resistencia y deben hacerse con área limpia.

Los morteros de 1:4 a 1:6 se deben de hacer con arena limpia o semi lavada.

Para los morteros de 1:7 a 1:9 se puede usar arena sucia, pues estos morteros tienen poca resistencia.

Tabla 2: Cuadro de dosificación de mortero, según el número de especímenes

Materiales	Numero de especímenes	
	6	9
Cemento, g	500	740
Arena, g	1375	2035
Agua	242	359
Portland (0.485)	230	340

Fuente: Norma técnica peruana - NTP 334.051. (2013)

Propiedades del mortero:

Meza F. (2004). Las propiedades del mortero son sus características o cualidades básicas. Las cuatro propiedades principales del concreto son: Trabajabilidad, cohesividad, resistencia y durabilidad. Las características del concreto pueden variar en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes. Por tanto, para una estructura específica, resulta económico utilizar un concreto que tenga las características exactas necesarias, aunque esté débil en otras.

Trabajabilidad: Es probablemente la propiedad más importante del mortero en estado plástico debido a sus influencias sobre las otras propiedades tanto en estado plástico como en estado endurecido. La trabajabilidad es difícil de definir debido a que es la combinación de varias propiedades relacionadas entre sí. Las propiedades consideradas como las de mayor influencia en la trabajabilidad son la consistencia, retención de agua, tiempo de exposición al aire, peso unitario y cohesión.

Consistencia: Se llama así a la habilidad del mortero de fluir. Esta propiedad tiene que ver directamente con la cantidad de agua que contiene el mortero. Generalmente, diferentes morteros requieren diferentes contenidos de agua para lograr el mismo grado de humedad.

Retentividad: La retención de agua o retentividad es la medida de la capacidad de retener el agua impidiendo su pérdida por evaporación o por absorción de la unidad de albañilería.

La retentividad del mortero debe ser tal que pueda permanecer inalterable el tiempo suficiente para el asentamiento y acomodo aprobado de la nueva unidad de albañilería sin dañar el íntimo contacto entre el mortero y las unidades. Si el mortero tiene una retentividad baja y es colocado sobre una unidad de alta succión, puede endurecerse en muy corto tiempo; esto origina que la próxima unidad a colocar no podrá ser acomodada apropiadamente sobre el mortero endurecido, resultado algunas fisuras que perjudican la permeabilidad de la junta. Un mortero con alta retentividad ofrece una mayor resistencia a la succión de la unidad y por lo tanto endurecerá más lentamente.

Adhesión. El más importante requerimiento de las construcciones de albañilería es que el mortero mantenga unidas las unidades tan fuertemente que formen una sola unidad. Para hacer esta ligazón posible, el mortero debe tener una buena adhesión con las unidades de albañilería.

La adhesión entre el mortero y la unidad es quizás la propiedad más importante del mortero endurecido. El mortero debe desarrollar suficiente adhesión para resistir los esfuerzos causados

por vientos severos, terremotos, cambios volumétricos en las unidades o en el mismo mortero, cambios de temperaturas y otras fuerzas. Entre las variables que efectúan la adhesión figuran la cantidad de material cementante, la retentividad y las características de la unidad empleada. Los morteros de baja retentividad y los morteros de alto contenido de cemento tienden a ser ásperos y a contraerse durante el proceso de hidratación, por lo que su adherencia es localizada, y por lo tanto pobre.

Resistencia: Uno de los factores que afectan la resistencia final de la albañilería es la resistencia a la compresión del mortero. La resistencia a la compresión del muro aumenta cuando se usa un mortero más resistente, especialmente para resistencias del muro bajas, sin embargo, este incremento no es proporcional al incremento en la resistencia a la compresión del mortero. La resistencia a la tracción es la capacidad del mortero de resistir esfuerzos de tracción.

En el caso que el muro de albañilería deba soportar cargas laterales como viento o sismo, en el extremo superior del mismo se producirán esfuerzos de tracción por flexión, siendo estos esfuerzos absorbidos principalmente por las fuerzas de adherencia entre mortero y unidad.

Componentes del mortero: Tenemos los siguientes

Cemento: Laínez, Cruz, Martínez, y Velásquez (2012). Define el cemento como un aglomerante, actualmente se utilizan los denominados cementos Portland en sus distintos tipos los cuales al ser mezclados con agua tienen las propiedades de fraguar y endurecer. Este cemento es el resultado de pulverizar piedra caliza y arcilla los cuales se mezclan en hornos en temperatura de 1400 a 1600 grados centígrados, de esa manera se obtiene una materia llamada Clinker, la cual posee propiedades hidráulicas; por lo tanto, el cemento Portland es un ligamento hidráulico que se obtiene al moler finamente el Clinker de cemento Portland con una cantidad de yeso que está en el rango de 4 a 5 %.

La elección del cemento Portland a ser empleado en la preparación de concretos y mortero es muy importante. Las diferentes marcas y tipos tendrán distintas características de desarrollo de resistencia debido a variaciones en su composición y en su finura, dentro de los límites que permite la Norma ASTM C 150.

El cemento Tipo I es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molienda

conjunta de Clinker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado.

Características químicas del cemento

Es interesante anotar que en general los cementos nacionales siguen los comportamientos típicos a largo plazo, que es factible esperar de cemento similar fabricados en el extranjero, sin embargo, la experiencia en el uso de ellos y a la variabilidad que se pueden apreciar en las tablas nos permite afirmar que las propiedades a corto plazo nos siempre mantienen parámetros constantes, por lo que nunca debe confirmarse a priorizar en ellas sin efectuar pruebas de control.

Tabla 3: Composición química del cemento,

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO		
Nombre	Composición De Óxido	%
Cal	CaO	63%
Sílice	Si O ₂	20%
Alúmina	Al ₂ O ₃	7%
Oxido de Hierro	Fe ₂ O ₃	3%
Óxido de Magnesia	Mg O	1.5 %
Anhídrido sulfúrico	SO ₃	2%
Cal libre	Ca O	0%
Pérdida por calcinación		2%
Residuo insoluble		0.5%

Fuente: Laínez, Cruz, Martínez, y Velásquez. (2012)

Notamos que el principal componente es la cal, siguiéndole con bastante distancia la sílice, luego la alúmina.

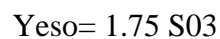
Estos óxidos aportados por la materia prima, reaccionan entre sí, en el horno y forman productos más complejos.

Compuestos secundarios: Dentro de este grupo vamos a considerar los componentes que encontramos en el análisis en menor porcentaje y aunque este sea pequeño, su importancia es grande.

Pérdida por Calcinación: Es la disminución de peso de una muestra de cemento calentada a 1000 grados centígrados. Esta pérdida se debe a la evaporación del agua. Esta agua es absorbida durante la fabricación y almacenamiento. Este componente nos indica el grado de hidratación que tiene el cemento y está limitado por las normas de cemento a 3%; si supera este valor el cemento no podrá utilizarse en nuestras estructuras.

Residuo Insoluble: La porción de arcilla del crudo es insoluble en el ácido clorhídrico, pero en el horno se forman los compuestos, todos ellos solubles. El residuo insoluble nos muestra que parte de la porción arcillosa no se ha combinado y no es soluble. Las causas pueden ser combinación incompleta, temperatura no suficiente en el horno o material puzolánica

Anhídrido Sulfúrico: Proviene del yeso añadido al Clinker para controlar la fragua.



Oxido de Magnesia o Magnesio Libre: Es peligrosa si se encuentra en forma periclusa. La norma limita el magnesio a 6%.

Cal Libre: Es la cal no combinada y se debe a una combinación imperfecta, por mala cocción, clasificación y homogenización (primaria) puede deberse también a la descomposición del C3S en el enfriamiento (secundarios). La cal Libre puede producir expansiones al pasar a hidrato; puede determinarse por el ensayo de estabilidad de volumen (autoclave).

Compuestos Principales: en la práctica se puede considerar que los cementos Portland están formados por cuatro compuestos principales, que a continuación se dan con sus fórmulas químicas y abreviaturas.

Tabla 4: Componentes principales del cemento

FÓRMULA QUÍMICA		ABREVIATURA	PORCENTAJE
Silicato bicálcico	$2CaOSiO_2$	C2S	15 a 46%
Silicato tricálcico	$3CaOSiO_2$	C3S	30 a 56%
Aluminato tricálcico	$3CaOAl_2O_3$	C3A	4 a 12%
Ferroaluminato tetracálcico	$4CaOAl_2O_3FeO_3$		

Fuente: Laínez, Cruz, Martínez, y Velásquez. (2012)

Propiedades físicas del cemento:

La determinación de ciertas propiedades físicas de los cementos es sumamente importante para la aceptación del material y para predecir su comportamiento.

Fineza: Es evidente que la hidratación del cemento depende de la fineza de las partículas de cemento, pero por otro lado una fineza muy alta resulta costosa y da lugar a mayores cambios de volumen en las mezclas. La fineza en el cemento se mide en términos de superficie específica, es decir el total del área superficial en la unidad de peso.

Tiempo de Fraguado: Fragua es el término que describe la toma de rigidez de la pasta de cemento, aunque en realidad este grado de rigidez resulta en cierta forma arbitraria, para explicarlo más claramente podríamos definirla como el instante en que la pasta pasa de fluida a sólida. Aunque al fraguar la pasta adquiere cierta resistencia ligera, no debemos confundirla con el endurecimiento, que se refiere a la toma de resistencia de una pasta fraguada.

Estabilidad de Volumen: La determinación de esta propiedad nos permite verificar la ausencia de agentes expansivos en el cemento, tales como cal libre, magnesia libre o sulfato de calcio (autoclave).

Resistencias Mecánicas: La resistencia mecánica del cemento endurecido constituye evidentemente la propiedad más significativa del cemento con miras a su uso estructural.

En consecuencia, se consideran estas pruebas de resistencia en las especificaciones para el cemento. Las pruebas de resistencia del cemento no se realizan en pasta de cemento debido a dificultades en el moldeado y prueba misma, en general se trabaja con morteros de cemento y arena en proporciones fijadas, con el fin de eliminar las variaciones que pudieran deberse a la influencia del agregado, se

usa arena blanca. Existen diversas pruebas de resistencia tales como compresión, tracción, flexión, siendo obviamente la primera la que reviste mayor importancia y actualmente la única requerida por la Norma ASTM.

Contenido de Aire: Mide el porcentaje de aire atrapado en la mezcla, normalmente se realiza ensayos en mortero.

Calor de Hidratación: Las reacciones de hidratación del cemento son exotérmicas y se denomina calor de hidratación a la cantidad de calor en calorías por gramo de cemento anhidro. Siendo la conductividad del concreto comparativamente baja actúa como aislante y en el interior de una gran masa de concreto pueden producirse fuertes temperaturas, al mismo tiempo el exterior de la masa de concreto pierde calor de modo que una gradiente de temperatura se establece y puede ser causante de fallas en el concreto.

Agregado fino

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

El agregado fino utilizado para el diseño de mezcla del concreto de alta resistencia en la presente investigación, proviene de la Cantera "Besique", ubicada entre los cerros costeros de La Cumbre y Campana. Esta cantera está compuesta por arena gruesa e intercalada con arenas eólicas.

Propiedades físicas

El agregado fino a utilizarse en el concreto debe cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad según las especificaciones técnicas de las Normas Técnicas Peruanas. La determinación de estos requisitos denominadas propiedades físicas nos permitirá obtener valores que serán utilizados para los diseños de mezclas de concreto a estudiar.

Las propiedades físicas a determinar son: Peso específico, peso unitario, granulometría, módulo de finura, porcentaje de finos que pasa la malla N° 200, contenido de humedad y absorción.

Peso unitario (NTP. 400.017).

El peso unitario del agregado, es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se expresa en kg/m³. El peso unitario depende de ciertas condiciones intrínsecas de los agregados, tales como su forma, tamaño y granulometría, así como el contenido de humedad; también depende de factores externos como el grado de compactación impuesto, el tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente, la forma de consolidación, etc.

Peso específico (NTP 400.022).

El Peso Específico, es la relación entre el peso del material y su volumen, su diferencia con el peso unitario está en que este no toma en cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material. Es necesario tener este valor para realizar la dosificación de la mezcla y también para verificar que el agregado corresponda al material de peso normal.

Contenido de humedad (NTP 400.010).

Es la cantidad de agua que contiene el agregado fino. Esta propiedad es importante porque de acuerdo a su valor (en porcentaje), la cantidad de agua en el concreto varía.

También se define como la diferencia entre el peso del material natural y el peso del material secado en horno (24 hrs.), dividido entre el peso natural del material, todo multiplicado por 100.

Absorción.

Es la capacidad del agregado fino de absorber agua en contacto con él. Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua/cemento en el concreto. También se define como la diferencia en el peso del material superficialmente seco y el peso del material secado en horno (24 hrs), todo dividido entre el peso seco y todo multiplicado por 100.

Granulometría (NTP 400.012).

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. Antes de comenzar a realizarse cualquier estudio de las características del concreto, se tiene primero que determinar la

calidad del agregado con el que se trabaja verificar si cumple los requerimientos básicos de las normas.

La calidad del concreto depende básicamente de las propiedades del mortero, en especial de la granulometría y otras características de la arena. Como no es fácil modificar la granulometría de la arena a diferencia de lo que sucede con el agregado grueso, que se puede cribar y almacenar separadamente sin dificultad, la atención principal se dirige al control de su homogeneidad.

El reglamento Nacional de Construcción especifica la granulometría de la arena en concordancia con las normas ASTM.

Requisitos Granulométricos:

Tabla 5: Requisitos granulométricos para agregado fino

Malla	% que Pasa
3/8"	100
N° 4	95 - 100
N° 8	80 - 100
N° 16	50 - 100
N° 30	25 - 60
N° 50	10 - 30
N° 100	2 - 10

Fuente: Norma técnica peruana - NTP 400.012

Módulo de finura (NTP 400.012).

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 norma establece que la arena debe tener un Módulo de Fineza no menos a 2.35 ni mayor a 3.15. Se calcula como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en la malla N°4, 8, 16, 30, 50, 100 dividido entre 100.

En la apreciación del Módulo de Finura, se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducen segregación y las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

Superficie específica.

Es la suma de las áreas superficiales de las partículas del agregado por unidad de peso, para su determinación se consideran dos hipótesis que son: que todas las partículas son esféricas y que el tamaño medio de las partículas que pasan por un tamiz y quedan retenidas en el otro es igual al promedio de las partículas. Material más fino que pasa la malla N° 200 Consiste en determinar la cantidad de materiales finos que se pueden presentar en el agregado, en forma de revenimiento superficial o en forma de partículas sueltas.

El material muy fino, constituido por arcilla y limo, se presenta recubriendo el agregado grueso, o mezclando con la arena.

En el primer caso, afecta la adherencia del agregado y la pasta, en el segundo, incrementa los requerimientos de agua de mezcla

Agua para mortero.

Norma Técnica Peruana, (NTP). 339.088. El agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y del desarrollo de sus propiedades (curado). Por lo tanto, debe cumplir con ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tienen ciertas sustancias que puedan dañar al mortero.

Debe cumplir con las normas ASTM. Está prohibido el uso de aguas ácidas, calcáreas, minerales ya sea carbonatadas o minerales; aguas provenientes de minas, aguas que contengan residuos industriales, agua con contenido de sulfatos mayores al 1%, aguas que contengan algas, materia orgánica, humus o descargas de desagües, agua que contenga azúcares o sus derivados.

Igualmente, aquellas aguas que contengan porcentajes significativos de sales de sodio o de potasio disueltas, en todos aquellos casos en que la relación álcali – agregado es posible.

La calidad de agua se determina mediante el análisis de laboratorio, en donde se ve si cumple con los valores que se detallan a continuación.

Tabla 6: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado,

Descripción	Límite permisible
Cloruros	1000ppm.
Sulfatos	600 ppm.
Sales de magnesio	150ppm.
Sales solubles totales	1500ppm.
pH	5 a 8 ppm
Sólidos en suspensión	5000 ppm.
Materia Orgánica	3 ppm.

Fuente: Norma técnica peruana - NTP 339.088. (2013)

Tabla 7: Requisitos de aprobación para aguas dudosas

	Límites	Norma
Resistencia a compresión de cubos de mortero, porcentaje mínimo en relación al control a los 7 días	90	C 109
Tiempo de fraguado, diferencia en relación al control, hr:min	De 1:00 más temprano a 1:30 más tarde	C 191

Fuente: America Society for Teesting and Materials - ASTM C 94

El agua de curado Constituye el suministro adicional de agua para hidratar eficientemente el cemento. Este suministro depende de la humedad del ambiente, ya que la evaporación del agua libre de la pasta ocurre con rapidez cuando la humedad relativa es menor.

Puzolanas

Salazar, A. (2002). Define que se consideran generalmente como puzolanas los materiales que, carentes de propiedades cementicias y de la actividad hidráulica por sí solos, contienen constituyentes que se combinan con cal a temperaturas ordinarias y en presencia de agua, dando lugar a compuestos permanentemente insolubles y estables que se comportan como conglomerantes hidráulicos. En tal sentido, las puzolanas dan propiedades cementantes a un conglomerante no hidráulico como es la cal.

American Society for Testing and Materials, (ASTM). C618, 2015. Especifica que propiedades de las puzolanas dependen de la composición química y la estructura interna. Se prefiere puzolanas con composición química tal que la presencia de los tres principales óxidos (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) sea mayor del 70%. Se trata que la puzolana tenga una estructura amorfa.

Santamaría S. (1963). Estos materiales se definen como aquellos que, aunque no son conglomerantes por sí solos, contienen constituyentes que combinarán con la cal a temperatura ordinaria, y en presencia de agua, para formar compuestos insolubles y estables con propiedades conglomerantes.

Debemos dar el lugar preferente a las cenizas volantes, residuo de la combustión de combustibles sólidos pulverizados en las grandes plantas de energía termo eléctrica. Su estado físico, esencialmente vítreo, supuesto que su composición es la adecuada y el contenido de inquemados admisible, las hace aptas para el uso como material puzolanico.

Puzolanas naturales

Según (ASTM). C618, 2015. Los materiales denominados puzolanas naturales pueden tener dos orígenes distintos, uno puramente mineral y otro orgánico.

Las puzolanas naturales de origen mineral son productos de transformación del polvo y “cenizas” volcánicas que, como materiales piros clásticos incoherentes procedentes de erupciones explosivas, ricos en vidrio y en estado especial de reactividad, son aptos para sufrir acciones endógenas (zeolitización y cementación) o exógenas (agilización), de las cuales las primeras son favorables y

las segundas desfavorables.

Las puzolanas naturales de origen orgánico son rocas sedimentarias abundantes en sílice hidratada y formadas en yacimientos o depósitos que en su origen fueron submarinos, por acumulación de esqueletos y caparazones silíceos de animales (infusorios radiolarios) o plantas (algas diatomeas).

Los materiales puzolánicos naturales están constituidos principalmente por rocas eruptivas y en particular efusivas y volcánicas, y dentro de éstas, por extrusivas, salvo las de naturaleza orgánica que son de origen y formación sedimentaria.

Puzolanas artificiales

Según (ASTM). C618, 2015. Se definen éstas como materiales que deben su condición de tales a un tratamiento térmico adecuado.

Dentro de esta condición cabe distinguir dos grupos uno, el formado por materiales naturales silicatados de naturaleza arcillosa y esquistosa, que adquieren el carácter puzolanico por sometimiento a procesos térmicos “ex profeso”, y otro el constituido por subproductos de determinadas operaciones industriales, que, en virtud de su naturaleza y de las transformaciones sufridas en las mismas, adquieren las propiedades puzolánicas.

Al primero de estos grupos pueden asimilarse, por su analogía, las puzolanas designadas como mixtas o intermedias, o semi artificiales, es decir, aquellas que, naturales por su origen, se mejoran por un posterior tratamiento. Representantes típicos de este grupo son el polvo de ladrillo obtenido de productos de desecho de la cerámica de alfarería y las bauxitas naturales.

En el segundo grupo encajan los residuos de las bauxitas utilizadas para la obtención del aluminio, materiales a los que los alemanes designan como “Si-Stoff” (silicalita o amorfita) y el polvo de chimeneas de altos hornos. También pueden incluirse en este grupo, aunque presentan bastantes concomitancias con las escorias, las cenizas volantes y de parrilla de las centrales termoeléctricas y las cenizas de lignitos. Por extensión, las mismas escorias siderúrgicas podrían acoplarse en el grupo.

Propiedades físicas y químicas de las puzolanas.

Salazar, A. (2002). Define que la actividad puzolanico se refiere a la cantidad máxima de hidróxido de calcio con la que la puzolana puede combinar y la velocidad con la cual ocurre esta reacción.

La actividad puzolánica depende: de la naturaleza y proporción de las fases activas presentes en la puzolana (composición mineralógica), de la relación cal – puzolana de la mezcla, de la finura (o superficie específica) de la puzolana y de la temperatura de la reacción.

Los productos de reacción puzolana/cal generalmente son del mismo tipo que los productos de hidratación del Cemento Portland: Silicatos Cálcicos Hidratados (CSH), Aluminatos Cálcicos Hidratados (CAH) y Sílico - Aluminatos Cálcicos Hidratados (CSAH).

Ventajas del empleo de las puzolanas

Salazar, A. (2002). Define que en general, son las señaladas en la tabla:

Tabla 8: Ventajas de las Puzolanas en los Cementos Puzolanico

A. En la resistencia mecánica	E. En la plasticidad
A.1 A largo plazo, al prolongar el período de endurecimiento	D.1 Rebajando la relación a/c
A.1.1 A tracción	D.2 Reduciendo la segregación
A.1.2 A compresión	D.3 Evitando la exudación y el sangrado
A.1.3 Mejor relación tracción - compresión	
B. En la estabilidad	F. En la impermeabilidad
B.1 Frente a la expansión por cal libre álcalis - agregado	F.1 Reduciendo la porosidad
B.4 Frente a la retracción hidráulica de secado, por la menor relación a/c	F.2 Evitando la formación de eflorescencias
B.5 Frente a la retracción térmica por enfriamiento	F.3 Produciendo la mayor cantidad de Tobermorita
B.6 Frente a la fisuración	
C. En la durabilidad	G. En la adherencia
C.1 Frente a ataques por agua puras y ácidas	G.1 Del agregado a la pasta
C.2 Frente a ataques por aguas y suelos sulfatados	G.2 Del mortero a las armaduras
C.3 Frente a ataques por agua de mar	

D. En el rendimiento y la economía	H. En el comportamiento térmico
D.1 Al corresponder a los cementos puzolanico mayor volumen que a otros conglomerantes a igualdad de peso	H.1 Al liberar menor calor de hidratación
D.2 Al ser los cementos puzolanico, en general, conglomerantes más baratos	H.2 Al producir menor elevación de temperatura

Fuente: Salazar, A. (2002)

Cardón

Sánchez L. (2016). El cardón (*Pachycereus pringlei*), perteneciente a la familia cactácea, es conocido con diferentes nombres: Cardón, cardón gigante, cardón pelón, entre otros. Es representativo y se encuentra en su mayoría en las zonas áridas y semiáridas de nuestro Perú, el cardón puede alcanzar alturas de hasta 20 metros y pesa alrededor de 2,000 kg a más.

Además, proporciona soporte mecánico, la elevación del tallo de cactáceas columnares como el cardón sirve como órgano de almacenamiento de fotosintético y de almacenamiento de agua.

El cardón tiene un crecimiento lento, exhibiendo solo unos pocos centímetros por año, y tiene una vida útil de más de 100 años.

Características del cardón.

Crecimiento: El crecimiento observado en las distintas fases de edad demostró una paulatina aceleración con el tiempo. La altura de los cardones puede contraerse entre 0.5 a 2 cm durante la época seca (invierno). El diámetro también se contrae sustancialmente, facilitado por la estructura de las costillas que se pliegan como acordeón.

Esto significa que, para medidas de crecimiento, debe tomarse en cuenta iguales épocas del año. El cardón desarrolla espinas que aumentan de 4 cm en individuos juveniles (menos de 10 cm de alto) a más de 15 cm de largo en individuos de 80 cm o más, constituyendo una poderosa defensa contra grandes herbívoros. Sin embargo, a partir de 140 cm en adelante, la planta deja de invertir recursos en espinas y en vez de ellas produce cerdas blancas semirrígidas.

Edad: Las plantas de cardón llegan a una edad mayor de 150 años. Pero se puede estimar que las plantas de hasta 10 m de alto alcanzan alrededor de 180 años de edad.

Características químicas del cardón

Para poder saber la composición química del cardón, se realizó el ensayo de fluorescencia de rayos X dispersiva en energía.

Los resultados obtenidos en el ensayo, nos dio los siguientes datos:

Tabla 9: Resultado de Fluorescencia de Rayos X del cardón.

Nombre	Abreviatura	Normalizado al 100%
Óxido de Aluminio	Al ₂ O ₃	13.426
Óxido de Silicio	SiO ₂	30.506
Óxido de Fósforo	P ₂ O ₅	4.552
Óxido de Cloro	ClO ₂	10.950
Óxido de Potasio	K ₂ O	8.882
Óxido de Calcio	CaO	23.959
Óxido de Titanio	TiO ₂	0.270
Óxido de Cromo	Cr ₂ O ₃	0.009
Óxido de Manganeso	MnO	0.220
Óxido de Hierro	Fe ₂ O ₃	3.375
Óxido de Níquel	Ni ₂ O ₃	0.002
Óxido de Cobre	CuO	0.013
Óxido de Zinc	ZnO	0.053
Bromito	BrO ₂	0.039
Óxido de Estroncio	SrO	0.009
Óxido de Circonio	ZrO ₂	0.009
TOTAL		100.00

Fuente: Laboratorio de Arqueometria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos UNMSM. (2019)

Ensayos realizados:

Ensayos realizados al cardón:

- Calcinación de la muestra
- Determinación del pH

- Fluorescencia de rayos X dispersiva en energía (FRXDE)
- Análisis térmico diferencia (ADT).

Ensayos realizados al agregado fino:

- Peso Unitario.
- Impurezas orgánicas.
- Análisis Granulométrico.
- Contenido de Humedad.
- Peso específico y absorción.

Ensayos realizados por estado de mortero.

- Resistencia a la Compresión.

Testigos cubos de mortero, necesarios para que podamos experimentar en el laboratorio de Mecánica de Suelos; para fundamentar nuestra hipótesis.

Operacionalización de variables:

Tabla 10: Variable dependiente

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia del mortero	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. (Juárez E. 2005).	Se determina realizando el ensayo de compresión hasta llegar a la rotura de los especímenes de 50 mm por lado	Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Variable independiente

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Aplicación de Cardón	Sustitución en un porcentaje de Cardón por cemento en el diseño de morteros	Porcentaje 5% y 7%

Fuente: Elaboración propia

En la presente tesis se formuló la siguiente hipótesis, sobre la sustitución del Cemento en 5% y 7% por ceniza de Cardón que mejoraría la resistencia a la compresión de un mortero.

El objetivo general del presente estudio es: Determinar la resistencia en mortero con sustitución de cemento en un 5% y 7% por ceniza de cardón.

Y como objetivos específicos tenemos:

Determinar la temperatura de calcinación del cardón (*Pachycereus pringlei*), extraído de Chao – Virú – La Libertad, utilizando el ensayo de análisis térmico diferencial (ATD).

Determinar la composición química de la ceniza de cardón mediante la fluorescencia de rayos x.

Analizar el pH del cemento, la ceniza de cardón y la mezcla del cemento + el 5% y 7% de ceniza de cardón.

Determinar el peso específico del cemento y Cardón.

Determinar la relación a/c del mortero patrón y experimental con cemento sustituido al 5% y 7% mediante la mezcla de fluidez.

Determinar y comparar la resistencia mecánica de los dados de morteros patrones y experimentales a las edades de 3, 7 y 28 días de curado y comparar los resultados.

II. METODOLOGIA

El tipo de investigación es aplicada y explicativa, porque los resultados obtenidos servirán para la solución de problemas relacionados a la construcción, específicamente a las propiedades del concreto, explicando cómo se comporta la resistencia de un mortero cuando se sustituye 5% Y 7% del cemento con ceniza de Cardón, previamente activada. La hipótesis que se planteó, se comprobó mediante medios matemáticos y estadísticos.

La mayor parte del estudio, se realizó en el laboratorio de mecánica de suelos, observando y analizando debidamente los resultados obtenidos.

La investigación es de enfoque cuantitativo, porque se usó la recolección de datos para probar nuestra hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías, y a su vez estudiar las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando sus valores respuesta en los instrumentos de recolección de datos (guías de observación). Se empleó el método de la Observación porque se tomó datos.




























El diseño de la investigación fue experimental porque es un proceso en el cual se estudió el diseño convencional del mortero en comparación con el nuevo diseño elaborado con el remplazo o sustitución de un porcentaje del cemento por ceniza de Cardón activada (5% y 7%), el estudio en su mayor parte se concentró en las pruebas realizadas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y ensayo de Materiales, donde el investigador estuvo en contacto con los ensayos a realizar obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en sus objetivos.

Por lo tanto, se formó dos grupos de estudios, un grupo experimental constituido de mortero con cardón y otro grupo de mortero patrón.

Tal que se pueda obtener resultados favorables mejorando la resistencia a la compresión el cual pueda beneficiar a la sociedad con la reducción de costos, viviendas más seguras ante lluvias y su aporte al estudio de la ingeniería civil.

Siendo el esquema del diseño de investigación el siguiente:

Tabla 12: Diseño en bloque completo al azar

Días de Curado	"Resistencia del mortero con sustitución del 5% y 7% de cemento por ceniza de cardón."								
	Patrón			5%			7%		
3d									
7d									
28d									

Fuente: Elaboración Propia, (2019)

Población:

Para esta investigación la población corresponde al conjunto de cubos de mortero de 50 mm de lado. Elaborados con agregados fino, agua potable, cemento portland tipo I Pacasmayo y ceniza de cardón (sustituyendo al cemento en un 5% y 7%).

Para la elaboración de las unidades de estudio (cubos de mortero) se utilizó las siguientes referencias:

El material se obtuvo de la Provincia de Virú, en sacos de polietileno al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro, además fue necesario ir a los laboratorios de la Universidad Nacional de Trujillo, Universidad Mayor de San Marcos, para los demás ensayos.

La arena para el diseño de mortero se extrajo de la cantera "Besique" y fue manipulada para lograr una arena gradada, fueron transportados en sacos de polietileno al laboratorio de la Universidad San Pedro, para sus respectivos análisis de material.

Muestra:

Para la resistencia a la compresión se realizaron 27 cubos de mortero, con patrones de sustitución al cemento en un 5% y 7% por ceniza de cardón.

La norma NTP 334.051 indica que, como mínimo se pueden realizar 2 especímenes por cada edad de ensayo, entonces, en este caso se trabajó 3, ya que los moldes se estandarizado para ser elaborados de 3 en 3, especificado de la siguiente manera: Patrón (3 especímenes a los 3 días de curado; 3 a los 7 días y 3 a los 28 días). Experimental al 5% (3 especímenes a los 3 días de curado; 3 a los 7 días y 3 a los 28 días) y experimental al 7% (3 especímenes a los 3 días de curado; 3 a los 7 días y 3 a los 28 días).

Las técnicas que se utilizaron fueron la observación y como instrumento se tuvo guías y fichas, de

Las guías serán tomadas con respecto a los siguientes ensayos:

Cardón:

- Calcinación de la muestra
- Fluorescencia de rayos X dispersiva en energía (FRXDE)
- Análisis térmico por calorimetría diferencia de barrido (DSC)
- Análisis térmico diferencial (ADT)
- Análisis termo gravimétrico (TGA)
- Determinación del pH

observación (adjuntadas en anexo).

Agregado Fino:

- Peso Unitario.
- Impurezas orgánicas.
- Análisis granulométrico
- Contenido de humedad
- Peso específico y absorción.

Ensayos a realizar al mortero:

- Resistencia a la compresión.

Guía de Registro realizados por nosotros mismos, para ver el avance de nuestros morteros, estos instrumentos fueron validados por la opinión de dos expertos sobre el tema.

Computadoras para el análisis de los resultados arrojados en el laboratorio.
 Materiales necesarios para la elaboración de los testigos.

Tabla 13: Técnicas e instrumentos de la investigación

TECNICA	INSTRUMENTO
Observación	Guía de observación Fichas técnicas de las pruebas a aplicarse

Fuente: Elaboración Propia, (2019)

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos fueron posteriores a los ensayos respectivos apoyados en una hoja de cálculo Excel y con el SPSS v21.

Para realizar el análisis de los datos se tuvo presente:

- Cálculo de dosificación para el Diseño de Mezcla de morteros con la sustitución del cemento en un 5% y 7% por ceniza de cardón.
- Representación con tablas, gráficos, porcentajes, promedios, varianzas y una prueba ANOVA para verificar la hipótesis.

Promedio por cada indicador ensayado.

Comprobación o verificación de la hipótesis por prueba de diferencia de medias poblacional. Se usará el método de análisis de varianza ya que las variables de dicho proyecto son cuantitativas.

Un análisis de varianza (ANOVA) prueba la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales. Los ANOVA evalúan la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores. La hipótesis nula establece que todas las medias de la población (medias de los niveles de los factores) son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente.

Para ejecutar un ANOVA, debe tener una variable de respuesta continua y al menos un factor categórico con dos o más niveles. Los análisis ANOVA requieren datos de poblaciones que sigan una distribución aproximadamente normal con varianzas iguales entre los niveles de factores. Sin

embargo, los procedimientos de ANOVA funcionan bastante bien incluso cuando se viola el supuesto de normalidad, a menos que una o más de las distribuciones sean muy asimétricas o si las varianzas son bastante diferentes. Las transformaciones del conjunto de datos original pueden corregir estas violaciones.

El nombre "análisis de varianza" se basa en el enfoque en el cual el procedimiento utiliza las varianzas para determinar si las medias son diferentes. El procedimiento funciona comparando la varianza entre las medias de los grupos y la varianza dentro de los grupos como una manera de determinar si los grupos son todos partes de una población más grande o poblaciones separadas con características diferentes.

El ANOVA parte de algunos supuestos que han de cumplirse: La variable dependiente debe medirse al menos a nivel de intervalo.

Independencia de las observaciones.

La distribución de la variable dependiente debe ser normal.

Homocedasticidad: homogeneidad de las varianzas.

Para nuestro proyecto se hará uso de este método, ya que es necesario porque cuando se requiere comparar dos o más medias es incorrecto utilizar repetidamente el contraste basado en la *t* de Student. En resumen, el análisis de varianza sirve para comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos. El método para comparar estos valores está basado en la varianza global observada en los grupos de datos numéricos a comparar. Típicamente, el análisis de varianza se utiliza para asociar una probabilidad a la conclusión de que la media de un grupo de puntuaciones es distinta de la media de otro grupo de puntuaciones, en este caso, para observaciones de datos como la resistencia a la compresión de nuestras muestras de mortero y variación de dimensional de la media poblacional

Las muestras de cardón fueron tomadas en el Distrito de Chao, Provincia Virú, Departamento La Libertad, las muestras fueron tomadas en sacos de polietileno, para tal fin se tomó como técnica la observación y como instrumento la guía de observación resumen.

Por ser un proyecto de investigación con un Nivel de Investigación aplicada y al ensayar en un laboratorio las muestras, se opta por usar como Técnica de Investigación: "LA OBSERVACION

CIENTÍFICA”, porque queremos mediante este instrumento en una primera instancia reconocer, apreciar y comparar las principales características de la sustitución del cemento a un 5% y 7% de la ceniza de cardón.

El otro material empleado en esta investigación fue el agregado fino para la elaboración del mortero, la cual fue extraída de la cantera “Besique”. Para la preparación de las muestras, en el caso del agregado se procedió de la siguiente manera. Se realizó el cuarteo de la muestra para empezar con el ensayo de análisis granulométrico, la cual separa los granos según el diámetro encontrado de las partículas con ayuda de las mallas, se continuó con el ensayo de peso específico, pesos unitarios, impurezas orgánicas y contenido de humedad. En el caso del cardón, después de la recolección, se pasó a la pre-calcinación artesanal, utilizando como instrumento unos recipientes de arcilla, como paso siguiente con la ayuda de un mortero de porcelana hicimos la pulverización del cardón, luego tamizamos con la tela organza para realizar el ensayo de Análisis Térmico Diferencial (ATD).

Una vez obtenido los resultados del ensayo de ATD pasamos a la calcinación del cardón que se realizó en una mufla a una temperatura de 750° C durante 90 minutos, de este material ya calcinado se tamizo por la malla N° 200 y se tomó una muestra de 15 gramos para el ensayo de Fluorescencia de Rayos X (FRX) que se realizó en la universidad nacional mayor de San Marcos, para obtener la composición química del Cardón y también se realizaron los ensayos de pH y peso específico.

El Proceso y Análisis de Resultados se realizará con los programas Excel. Para efectos de clasificar, procesar y resumir información que sea obtenida a través de la técnica e instrumento de recolección aplicada, utilizaremos métodos estadísticos tanto en su fase descriptiva como en su fase inferencial. Se elaborarán tablas y gráficos estadísticos para analizar y visualizar el comportamiento de la variable estudiada como por ejemplo un gráfico de barras.

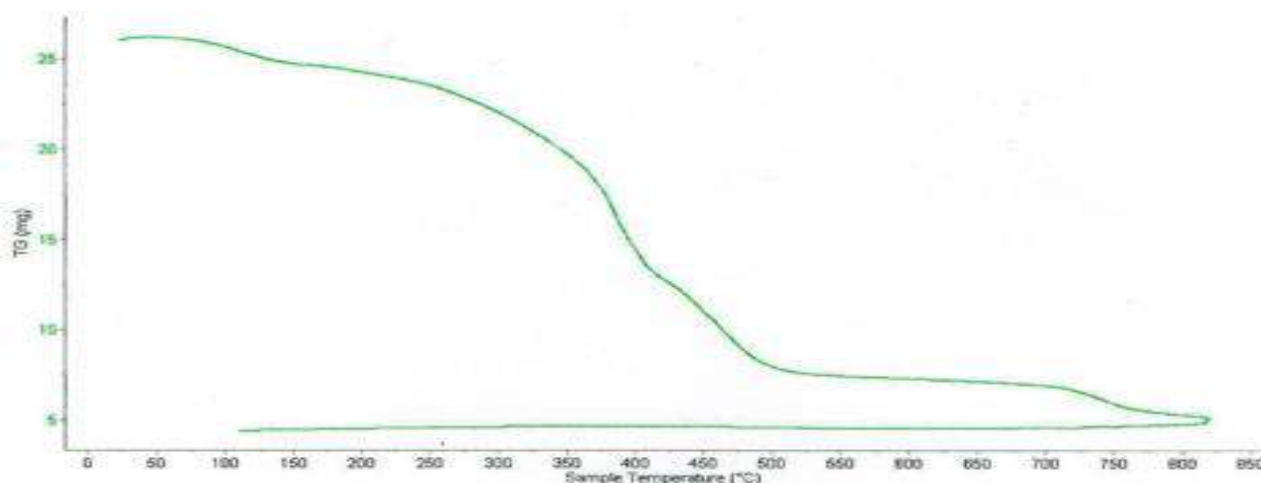
Por otro lado, para efectos de mostrar y contrastar la hipótesis de trabajo planteada se usaron la metodología estadística inferencial para la cual se dio el uso de la aplicación prueba de hipótesis; en este caso se utilizó t-student. Para muestras relacionadas y Chi-cuadrado para prueba de diferencia.

III. RESULTADOS

Dando respuesta al primer objetivo específico:

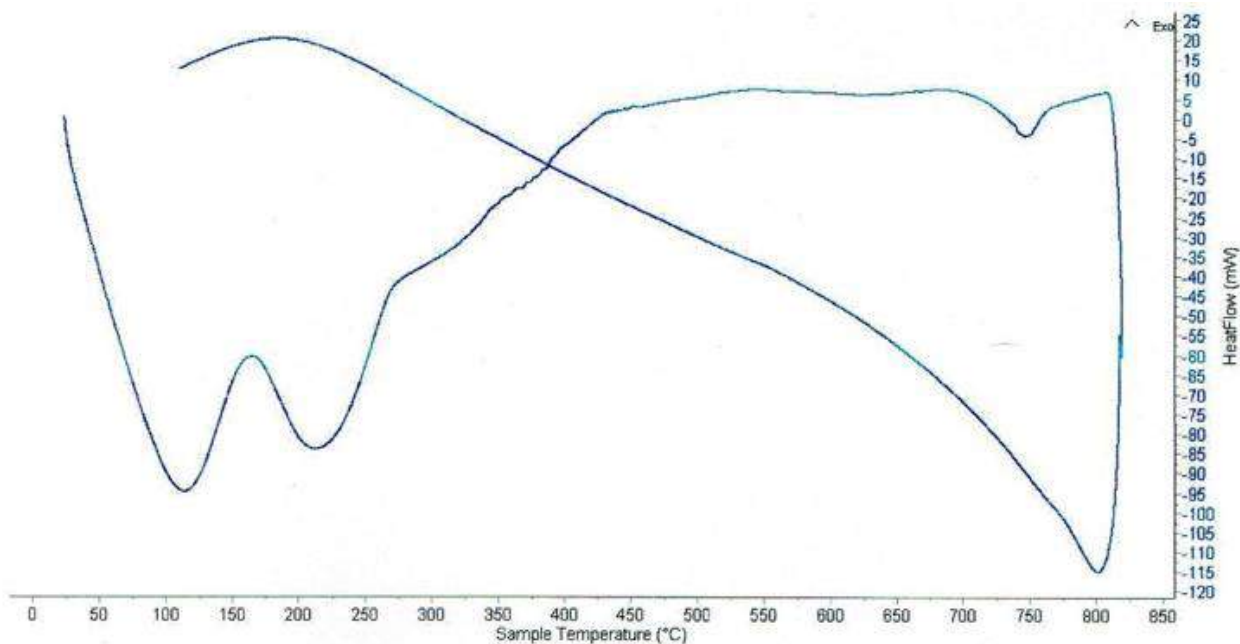
Ensayo de Análisis Térmico Diferencial (ATD) del Cardón.

Curva de pérdida de masa – análisis termo gravimétrico del Cardón.



Fuente: Laboratorio de Polímeros – Escuela de Ingeniería de Materiales – UNT (2017)

Curva Calorimétrica del Cardón.



Fuente: Laboratorio de Polímeros – Escuela de Ingeniería de Materiales – UNT (2017)

Dando respuesta al segundo objetivo específico:

Caracterización Química del Cardón.

Resultado de Fluorescencia de Rayos X del cardón.

Nombre	Abreviatura	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Óxido de Aluminio	Al ₂ O ₃	13.732	13.426
Óxido de Silicio	SiO ₂	31.200	30.506
Óxido de Fósforo	P ₂ O ₅	4.656	4.552
Óxido de Cloro	ClO ₂	11.200	10.950
Óxido de Potasio	K ₂ O	9.085	8.882
Óxido de Calcio	CaO	24.505	23.959
Óxido de Titanio	TiO ₂	0.276	0.270
Óxido de Cromo	Cr ₂ O ₃	0.009	0.009
Óxido de Manganeso	MnO	0.225	0.220
Óxido de Hierro	Fe ₂ O ₃	3.451	3.375
Óxido de Níquel	Ni ₂ O ₃	0.002	0.002
Óxido de Cobre	CuO	0.013	0.013
Óxido de Zinc	ZnO	0.054	0.053
Bromito	BrO ₂	0.040	0.039
Óxido de Estroncio	SrO	0.069	0.009
Óxido de Circonio	ZrO ₂	0.009	0.009
TOTAL		102.277	100.00

Fuente: Laboratorio de Arqueometría de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos UNMSM. (2019)

Dando respuesta al tercer objetivo específico:

Potencial de Hidrogeno del Cardón

Tabla 14: Ensayo de pH del Cardón

MUESTRA	ENSAYO DE pH
Cardón	13.41
Cemento +5% Ceniza de Cardón	13.04
Cemento +7% Ceniza de Cardón	14.00
Cemento	13.38

Fuente: Corporación de laboratorios de ensayos clínicos – biológicos e industriales “Colecbi”

Dando respuesta al cuarto objetivo específico:

Tabla 15: Ensayo de peso específico del Cardón

MUESTRA	ENSAYO DE PESO ESPECIFICO
Cardón	2.40
Cemento +5% Ceniza de Cardón	2.886
Cemento +7% Ceniza de Cardón	2.793
Cemento	3.15

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de USP

Caracterización del Agregado

Tabla 16: Contenido de humedad del agregado fino (ASTM D-2216)

Prueba N°	01	02
Peso de Tara + MH (gr)	466,70	389,80
Peso de Tara + MS (gr)	465,40	388,73
Peso de Tara (gr)	121,30	114,80
Peso de agua (gr)	1,30	1,07
MS (gr)	344,10	273,93
Contenido de humedad (%)	0,38	0,39
Humedad Promedio (%)	0,38	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de USP

Tabla 18: Gravedad Específica Y Absorción Agregado Fino (Según Norma ASTM C-127)

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr.	300,0
B	Peso de picnómetro + agua	gr.	684,7
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B)	cm ³	954,7
D	Peso de picnómetro + agua + material	gr	875,0
E	Volumen de masa + volumen de vacíos (C – D)	cm ³	109,8
F	Peso de material seco en estufa	gr	297,9
G	Volumen de masa (E-(A-F))		107,6
H	P.c Bulk (Base Seca) F/E		2,71
I	P.c Bulk (Base Saturada) A/E		2,73
J	P.c Aparente (Base Seca) F/E		2,77
K	Absorción (%) $((D-A/A) \times 100)$		0,72

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de USP

Tabla 19: Peso Unitario suelto del agregado fino

Ensayo N°	1	2	3
Peso de molde + muestra (gr)	5828	5840	5860
Peso de molde (gr)	1513	1513	1513
Peso de muestra (gr)	4315	4327	4347
Volumen de molde (cm ³)	2795	2795	2795
Peso unitario (kg/m ³)	1544	1548	1555
Peso unitario promedio (kg/m³)		1549	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de USP

Tabla 20: Peso Unitario compactado del agregado fino

Ensayo N°	1	2	3
Peso de molde + muestra (gr)	6366	6341	6335
Peso de molde (gr)	1513	1513	1513
Peso de muestra (gr)	4853	4828	4822
Volumen de molde (cm ³)	2795	2795	2795
Peso unitario (kg/m ³)	1736	1727	1725
Peso unitario promedio (kg/m³)	1730		

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de USP

Tabla 21: Requisitos Físicos de Gradación para el cálculo de la fluidez

Arena Manufacturada				
N° Mallas	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasa
# 4	22,30	1,39	1,39	98,61
# 8	196,50	12,27	13,66	86,34
# 16	372,50	23,26	36,91	63,09
# 30	436,80	27,27	64,18	35,82
# 50	288,30	18,00	82,18	17,82
# 100	189,40	11,82	94,01	5,99
# 200	66,20	2,88	96,89	3,11
> #200	48,80	3,11	100,00	0,00
Total	1601,80	100,00		
Condición	Arena Gradada			
Total	1601,80 gr			
Diagnostico	Procede			
Módulo de Finura	2.92			

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de USP

Dando respuesta al quinto objetivo específico:

Para elaborar los especímenes de mortero patrón y experimentales se realizarán en tres tandas para obtener las 9 muestras de mortero para ser ensayadas a 3,7, y 28 días.

Dosificación de materiales

Tabla 22: Proporción de materiales utilizados para calcular la Fluidez del mortero patrón

Descripción	Arena / Cemento	Agua / Cemento	Agregado Fino (gr)	Aglomerante Cemento (gr)	Agua (gr)
Patrón	2,75	0,485	458.3	166.66	80.83

Fuente: Norma técnica peruana – NTP 334.051. (2013)

Tabla 23: Dosificación de materiales utilizados para calcular la fluidez del mortero experimental con 5% y 7% de cardón

Descripción	Arena / Cemento	Agua / Cemento	Agregado Fino (gr)	Aglomerante Cemento (gr)	Cardón (gr)	Agua (gr)
Exp. – 1 (5%)	2,75	0,50	458.3	158,36	8,30	83,30
Exp. – 2 (7%)	2,75	0,51	458.3	155,00	11,66	84,50

Fuente: Elaboración propia

Determinación de la fluidez del mortero patrón y experimental.

Para determinar la fluidez del mortero patrón y experimental se realizó en base a la NTP 334.057:2011 CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de cemento Portland.

Para este experimento, se utilizó una relación a/c determinada (0.485) para el mortero patrón, las cuales se obtuvieron 4 resultados, se promedió y se aplicó la fórmula para determinar el porcentaje de fluidez. Para el porcentaje de fluidez de los morteros experimentales se tuvo que encontrar una relación a/c diferente debido a la materia prima, y el resultado de éstos se basó en el porcentaje de fluidez del mortero patrón.

Tabla 24: Fluidéz del mortero

Descripción	Relación	D (cm)	Diámetros (cm)				Diámetro Promedio	% Fluidéz
			D1	D2	D3	D4		
Patrón	0,485	10,16	12,21	11,98	12,18	12,10	12,12	19,29
Exp. – 1 (5%)	0,50	10,16	12,33	11,92	12,00	12,11	12,09	19,00
Exp. – 2 (7%)	0,51	10,16	11,89	12,00	12,02	11,96	11,97	17,81

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Dosificación de materiales utilizado para elaborar los especímenes del mortero patrón

Descripción	Arena / Cemento	Agua / Cemento	Agregado Fino (gr)	Aglomerante Cemento (gr)	Agua (gr)
Patrón	2,75	0,485	687,50	250,00	121,25

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Dosificación de materiales utilizados para elaborar los especímenes del mortero experimental con 5% y 7% de cardón

Descripción	Arena / Cemento	Agua / Cemento	Agregado Fino (gr)	Aglomerante Cemento (gr)	Cardón (gr)	Agua (gr)
Exp. – 1 (5%)	2,75	0,50	687,50	237,50	12,50	125,00
Exp. – 2 (7%)	2,75	0,51	687,50	232,50	17,50	127,50

Fuente: Elaboración propia

Dando respuesta al sexto objetivo específico:

Ensayo de Compresión

MORTERO PATRÓN

Tabla 27: Ensayo de Compresión del mortero patrón a los 3 días

Muestra	Peso (gr)	Área (cm ²)	Carga (kg)	F.C (kg/cm ²)
Patrón (1-3D)	292,30	25,00	7920,00	316,80
Patrón (2-3D)	293,00	25,10	8142,00	324,38
Patrón (3-3D)	293,40	25,00	8201,00	328,04

Fuente: Ensayo de resistencia a la compresión en la USP

Tabla 28: Ensayo de Compresión del mortero patrón a los 7 días

Muestra	Peso (gr)	Área (cm ²)	Carga (kg)	F.C (kg/cm ²)
Patrón (1-7D)	294,20	25,20	8662,00	343,73
Patrón (2-7D)	294,70	25,00	9805,00	392,20
Patrón (3-7D)	295,10	25,00	8465,00	338,60

Fuente: Ensayo de resistencia a la compresión en la USP

Tabla 29: Ensayo de Compresión del mortero patrón a los 28 días

Muestra	Peso (gr)	Área (cm²)	Carga (kg)	F.C (kg/cm²)
Patrón (1-28D)	294,20	25,30	10481,00	414,27
Patrón (2-28D)	293,80	25,00	10690,00	427,60
Patrón (3-28D)	294,60	25,10	10951,00	436,29

Fuente: Ensayo de resistencia a la compresión en la USP

MORTERO EXPERIMENTAL AL 5%

Tabla 30: Ensayo de Resistencia a la Compresión del mortero experimental al 5% a los 3 días

Muestra	Peso (gr)	Área (cm²)	Carga (kg)	F.C (kg/cm²)
Expe. (1-3D)	292,00	25,10	7920,00	315,54
Expe. (2-3D)	292,60	25,20	8033,00	318,77
Expe. (3-3D)	292,00	25,10	7850,00	312,75

Fuente: Ensayo de resistencia a la compresión en la USP

Tabla 31: Ensayo de Resistencia a la Compresión del mortero experimental al 5% a los 7 días

Muestra	Peso (gr)	Área (cm2)	Carga (kg)	F.C (kg/cm2)
Expe. (1-7D)	293,10	25,00	8712,00	348,48
Expe. (2-7D)	294,00	25,10	8805,00	350,80
Expe. (3-7D)	293,40	25,20	8567,00	339,96

Fuente: Ensayo de resistencia a la compresión en la USP.

Tabla 32: Ensayo de Resistencia a la Compresión del mortero experimental al 5% a los 28 días

Muestra	Peso (gr)	Área (cm2)	Carga (kg)	F.C (kg/cm2)
Expe. (1-28D)	293,80	25,30	10551,00	417,04
Expe. (2-28D)	294,00	25,20	10798,00	428,49
Expe. (3-28D)	294,10	25,10	11100,00	442,23

Fuente: Ensayo de resistencia a la compresión en la USP.

MORTERO EXPERIMENTAL AL 7%

Tabla 33: Ensayo de Compresión del mortero experimental al 7% a los 3 días

Muestra	Peso (gr)	Área (cm²)	Carga (kg)	F.C (kg/cm²)
Expe. (1-3D)	291,80	25,00	8103,00	324,12
Expe. (2-3D)	292,10	25,10	8215,00	327,29
Expe. (3-3D)	292,00	25,10	8300,00	330,68

Fuente: Ensayo de resistencia a la compresión en la USP.

Tabla 34: Ensayo de Resistencia a la Compresión del mortero experimental al 7% a los 7 días

Muestra	Peso (gr)	Área (cm²)	Carga (kg)	F.C (kg/cm²)
Expe. (1-7D)	292,50	25,10	8222,00	327,57
Expe. (2-7D)	292,00	25,00	8344,00	333,76
Expe. (3-7D)	292,80	25,00	8474,00	338,96

Fuente: Ensayo de resistencia a la compresión en la USP.

Tabla 35: Ensayo de Resistencia a la Compresión del mortero experimental al 7% a los 28 días

Muestra	Peso (gr)	Área (cm ²)	Carga (kg)	F.C (kg/cm ²)
Expe. (1-28D)	293,40	25,10	11371,00	453,03
Expe. (2-28D)	293,70	25,10	11231,00	447,45
Expe. (3-28D)	293,40	25,00	11011,00	440,44

Fuente: Ensayo de resistencia a la compresión en la USP.

Precisión

Tabla 36: Medida de dispersión del mortero patrón

N° Días	Identificación de muestras	Resistencia compresión (kg/cm ²)	Medidas de dispersión				Norma astm c670		
			Prom.	Var.	Desv Está.	Coef. Var. 1s%	Rango de accepta. d2s%	Coef. Varia. 1s%	Rango de acep. d2s%
3	Patrón (1-3D)	316,80							
	Patrón (2-3D)	324,38	323,07	21,91	4,68	1,45	3,55	3,90	10,90
	Patrón (3-3D)	328,04							
7	Patrón (1-7D)	343,73							
	Patrón (2-7D)	392,20	358,18	583,18	24,15	6,74	15,83	3,90	10,90
	Patrón (3-7D)	338,60							
28	Patrón (1-28D)	414,27							
	Patrón (2-28D)	427,60	426,05	82,01	9,06	2,13	5,32	3,80	10,60
	Patrón (3-28D)	436,29							
				Promedio		3,44	8,23	3,70	10,40

Fuente: Elaboración propia

En el caso de las muestras patrón el coeficiente de variación de las muestras a 7 días excede lo permisible, en este caso la norma NTP 334.051 menciona que las muestras no deben exceder el 8.70%

del promedio, obteniendo $8.7\% * 358,18 = 31,16$.

Las muestras deben estar en el rango de $358,18 \pm 31,16$. Para ser válidas.

Tabla 37: Medida de dispersión del mortero con sustitución de cemento a un 5% por cardón

N° Días	Identificación de muestras	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Medidas de dispersión				Norma astm c670		
			Prom.	Var.	Desv Está.	Coef. Var. 1s%	Rango de acepta. d2s%	Coef. Varia. 1s%	Rango de acep. d2s%
3	Exp. (1-3D)	315,54							
	Exp. (2-3D)	318,77	315,69	6,05	2,46	0,78	1,92	3,90	10,90
	Exp. (3-3D)	312,75							
7	Exp. (1-7D)	348,48							
	Exp. (2-7D)	350,80	346,41	21,72	4,66	1,35	3,19	3,90	10,90
	Exp. (3-7D)	339,96							
28	Exp. (1-28D)	417,04							
	Exp. (2-28D)	428,49	429,25	106,05	10,30	2,40	6,04	3,80	10,60
	Exp. (3-28D)	442,23							
			Promedio			1,51	3,72	3,70	10,40

Fuente: Elaboración propia

Para validar las muestras del mortero experimental con 5% de adición se considera lo estipulado en la norma ASTM C 670, pudiendo observar que el coeficiente de variación y el rango de aceptación se encuentra dentro de lo permisible.

Tabla 38: Medida de dispersión del mortero con sustitución de cemento a un 7% por cardón

N° Días	Identificación de muestras	Resistencia compresión (kg/cm2)	Medidas de dispersión				Norma astm c670		
			Prom.	Var.	Desv Está.	Coef. Var. 1s%	Rango de acepta. d2s%	Coef. Varia. 1s%	Rango de acep. d2s%
3	Exp. (1-3D)	324,12							
	Exp. (2-3D)	327,29	327,36	7,17	2,68	0,82	2,02	3,90	10,90
	Exp. (3-3D)	330,68							
7	Exp. (1-7D)	327,57							
	Exp. (2-7D)	333,76	333,43	21,68	4,65	1,40	3,48	3,90	10,90
	Exp. (3-7D)	338,96							
28	Exp. (1-28D)	453,03							
	Exp. (2-28D)	447,45	446,97	26,53	5,15	1,15	2,86	3,80	10,60
	Exp. (3-28D)	440,44							
				Promedio		1,12	2,79	3,70	10,40

Fuente: Elaboración propia

Para validar las muestras del mortero experimental con 7% de adición se considera lo estipulado en la norma ASTM C 670, pudiendo observar que el coeficiente de variación y el rango de aceptación se encuentra dentro de lo permisible.

Pesos de los especímenes.

MORTERO PATRÓN

Tabla 39: Peso de especímenes patrón 3 días

Muestra	Fraguado	Curado
Patrón. (1-3D)	290,00	292,30
Patrón (2-3D)	290,03	293,00
Patrón (3-3D)	290,11	293,40
Promedio	290,05	292,90

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP

Tabla 40: Peso de especímenes patrón 7 días

Muestra	Fraguado	Curado
Patrón. (1-7D)	290,41	294,20
Patrón (2-7D)	290,55	294,70
Patrón (3-7D)	291,01	295,10
Promedio	290,66	294,67

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP

Tabla 41: Peso de especímenes patrón 28 días

Muestra	Fraguado	Curado
Patrón. (1-28D)	291,00	294,20
Patrón (2-28D)	290,74	293,80
Patrón (3-28D)	290,89	294,60
Promedio	290,88	294,20

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP

EXPERIMENTAL AL 5%

Tabla 42: Peso de especímenes experimental al 5% en 3 días

Muestra	Fraguado	Curado
Exp. (1-3D)	290,00	292,00
Exp. (2-3D)	290,01	292,60
Exp. (3-3D)	290,00	292,00
Promedio	290,00	292,20

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP

Tabla 43: Peso de especímenes experimental al 5% en 7 días

Muestra	Fraguado	Curado
Exp. (1-7D)	290,05	293,10
Exp. (2-7D)	291,12	294,00
Exp. (3-7D)	290,01	293,40
Promedio	290,39	293,50

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP

Tabla 44: Peso de especímenes experimental al 5% en 28 días

Muestra	Fraguado	Curado
Exp. (1-28D)	290,22	293,80
Exp. (2-28D)	291,18	294,00
Exp. (3-28D)	291,32	294,10
Promedio	290,91	293,97

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP

EXPERIMENTAL AL 7%

Tabla 45: Peso de especímenes experimental al 7% en 3 días

Muestra	Fraguado	Curado
Exp. (1-3D)	289,74	291,80
Exp. (2-3D)	290,04	292,10
Exp. (3-3D)	290,11	292,00
Promedio	289,96	291,97

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP

Tabla 46: Peso de especímenes experimental al 7% en 7 días

Muestra	Fraguado	Curado
Exp. (1-7D)	290,27	292,50
Exp. (2-7D)	290,00	292,00
Exp. (3-7D)	290,14	292,80
Promedio	290,14	292,43

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP

Tabla 47: Peso de especímenes experimental al 7% en 28 días

Muestra	Fraguado	Curado
Exp. (1-28D)	291,21	293,40
Exp. (2-28D)	291,33	293,70
Exp. (3-28D)	291,20	293,40
Promedio	291,25	293,50

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP

Resultados Finales.

Tabla 48: Resultados Finales de los Ensayos de Compresión

Edad		Resistencia (kg/cm ²)	
Días	Patrón	Experimental al 5%	Experimental al 7%
3	323,07	315,69	327,36
7	358,18	346,41	333,43
28	426,05	429,25	446,97

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP

Tabla 49: Ensayos de Compresión en Porcentaje del mortero patrón

Días	Resistencia (kg/cm ²)	
	Mortero Patrón	
3	323,07	75.83%
7	358,18	84.07%
28	426,05	100.00%

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP

De los resultados obtenidos del Ensayo a la Compresión, se registra que se alcanzó una resistencia promedio que supera un 70% en los primeros 3 días. Así mismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 7 días superaron el promedio del 80% y a los 28 días se obtuvo una resistencia de 426,05 Kg/cm² representando su resistencia al 100%.

Tabla 50: Ensayos de Compresión en Porcentaje con sustitución al 5%

Días	Resistencia (kg/cm ²)	
	Mortero con sustitución de cemento a 5%	
3	315,69	73.54%
7	346,41	80.70%
28	429,25	100.00%

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP

De los resultados obtenidos del Ensayo a la Compresión, se registra que se alcanzó una resistencia promedio que supera un 70% en los primeros 3 días.

Así mismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 7 días superaron el promedio del 80% y a los 28 días se obtuvo una resistencia de 429,25 Kg/cm², para el mortero con sustitución del cemento al 5%.

Tabla 51: Ensayos de Compresión en Porcentaje con sustitución al 7%

Días	Resistencia (kg/cm ²)	
	Mortero con sustitución de cemento a 7%	
3	327,36	73.24%
7	333,43	74.60%
28	446,97	100.00%

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos USP

De los resultados obtenidos del Ensayo a la Compresión, se registra que se alcanzó una resistencia promedio que supera un 70% en los primeros 3 días.

Así mismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 7 días aumento poco llegando a solo 74.60% y a los 28 días se obtuvo una resistencia de 446,97 Kg/cm², para el mortero con sustitución del cemento al 7%.

Como conclusión, se obtuvieron buenos resultados en los ensayos a la compresión de los morteros experimentales, teniendo en cuenta las resistencias, ya que a la edad de 3 días no logró superar al mortero patrón ni tampoco a los 7 días con respecto al mortero experimental con adición de 5%.

En el experimental con 7% de adición se logró superar en un 1.28% a los 3 días y a los 7 días no logró superar al mortero patrón.

Sin embargo, el mortero experimental tanto de 5% y el 7% logró superar al patrón a la edad de 28 días.

Ensayo de compresión (kg/cm²) del mortero patrón:

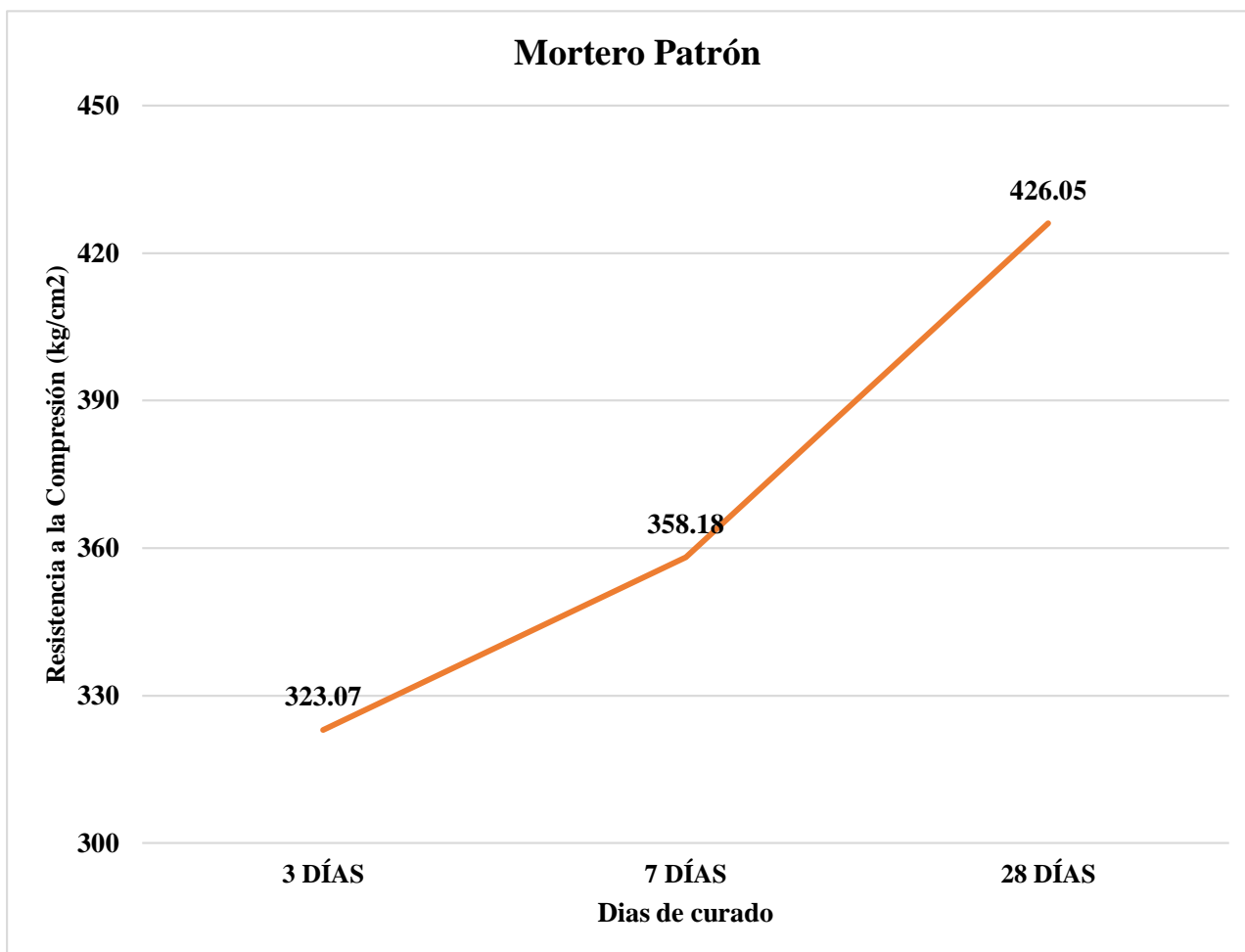


Figura 1: Gráfico de la resistencia a la compresión (kg/cm²) del mortero patrón vs Edad de curado

Fuente: Prueba de Compresión en el laboratorio USP

Interpretación del gráfico: Según el gráfico representado, nos indica que el mortero patrón de 3 días alcanzo el 75.83% de su máxima resistencia; el mortero de 7 días alcanzo una resistencia de 78.03%.

El mortero a sus 28 días alcanzo en su máxima resistencia 426.05 kg/cm², representando su 100%

Ensayo de compresión (kg/cm²) del mortero experimental con sustitución al 5% de cardón:

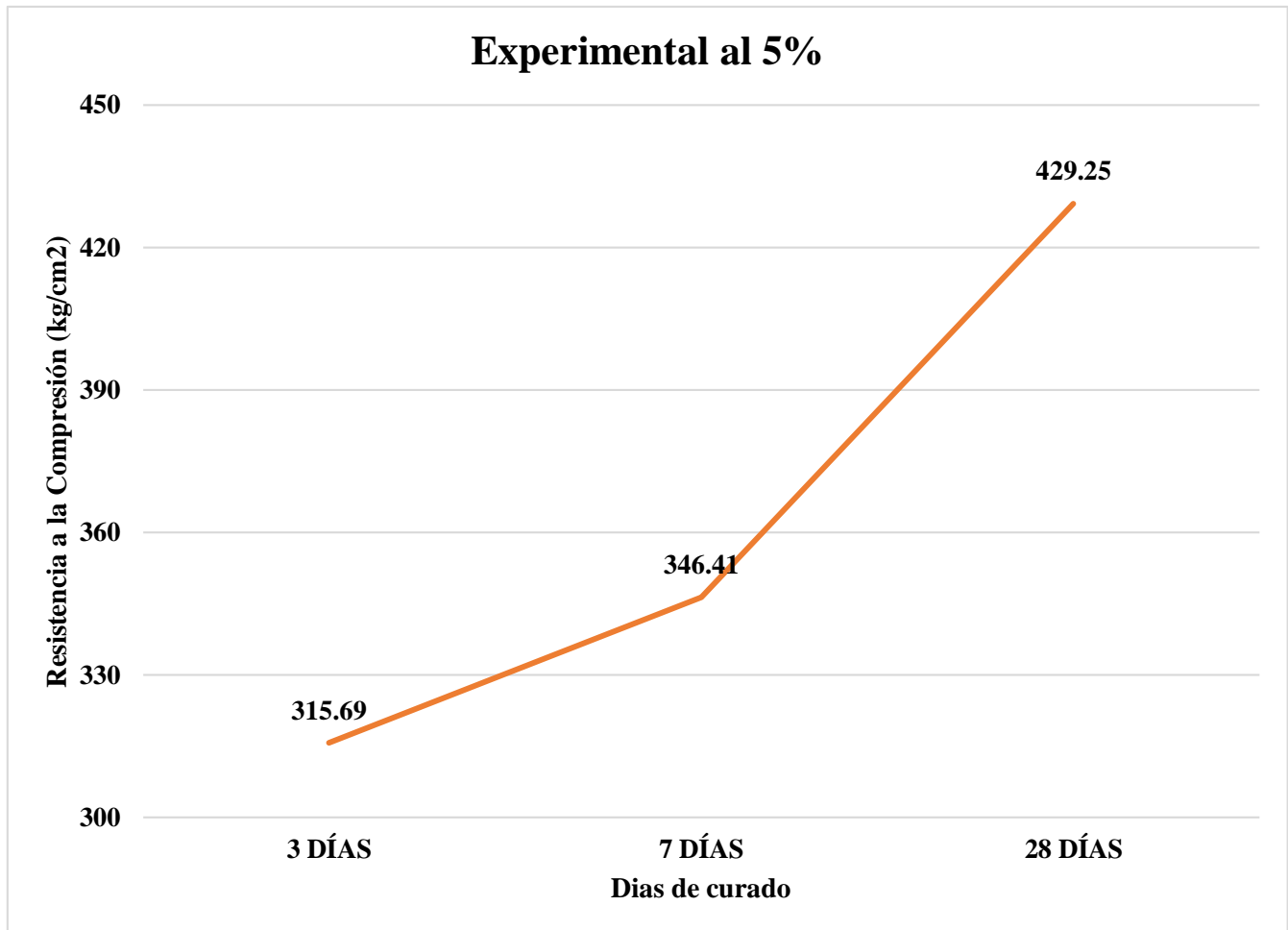


Figura 2: Grafico de la resistencia a la compresión (kg/cm²) del mortero experimental al 5% vs Edad de curado

Fuente: Prueba de Compresión en el laboratorio USP

Interpretación del gráfico: Según el gráfico representado, nos indica que el mortero experimental al 5% de 3 días alcanzo el 73.54% de su máxima resistencia; el mortero de 7 días alcanzo una resistencia de 80.70%.

El mortero a sus 28 días alcanzo en su máxima resistencia 429.25 kg/cm², representando su 100%

Ensayo de compresión (kg/cm²) del mortero experimental con sustitución al 7% de cardón:

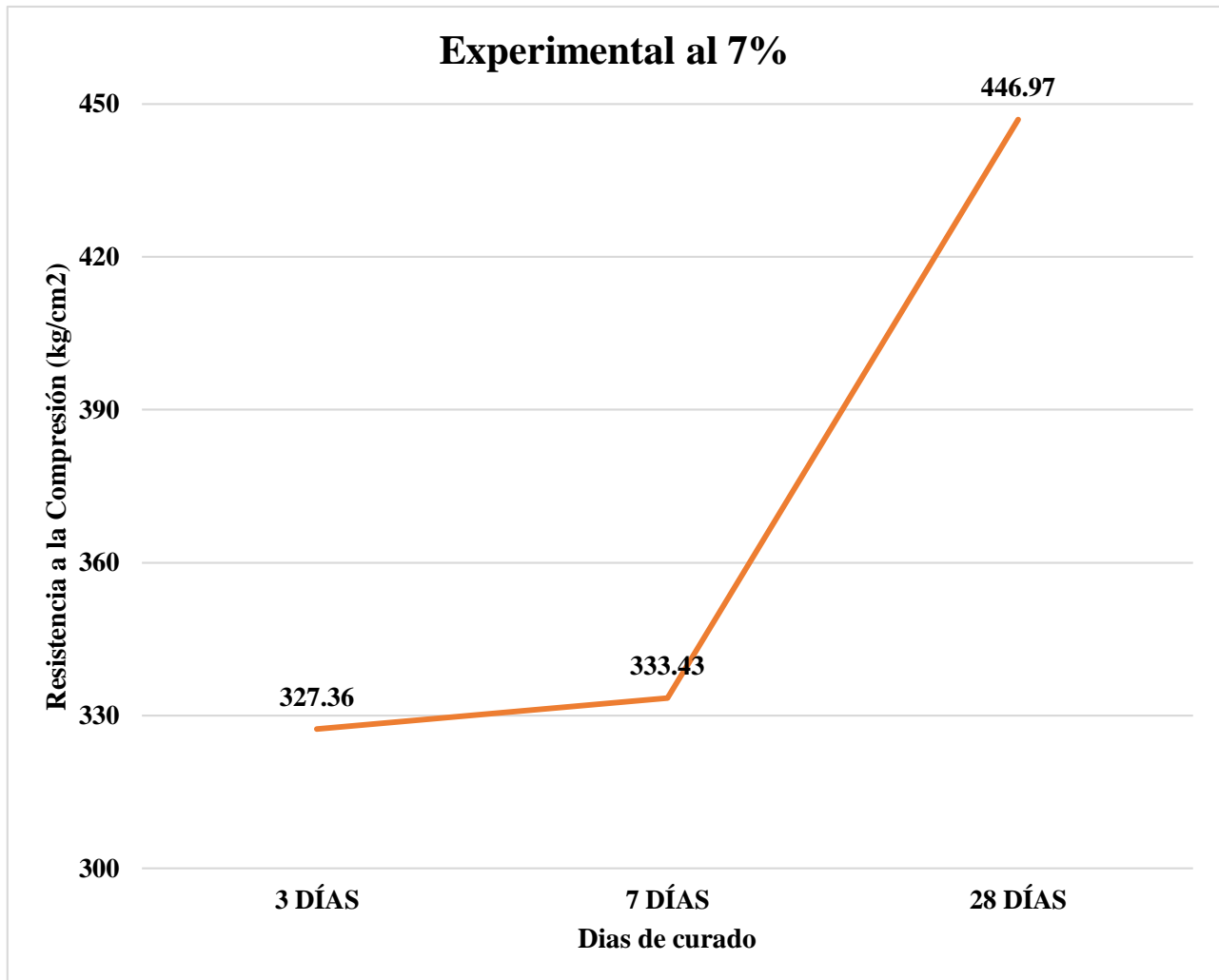


Figura 3: Grafico de la resistencia a la compresión (kg/cm²) del mortero experimental al 7% vs Edad de curado

Fuente: Prueba de Compresión en el laboratorio USP

Interpretación del gráfico: Según el gráfico representado, nos indica que el mortero experimental de 7% de 3 días alcanzo el 73.24% de su máxima resistencia; el mortero de 7 días alcanzo una resistencia de 74.60%.

El mortero a sus 28 días alcanzo en su máxima resistencia 446.97 kg/cm², representando su 100%

Promedio de resistencia de la compresión (kg/cm²) del mortero patrón y experimentales al 5% y 7% vs Edad de curado:

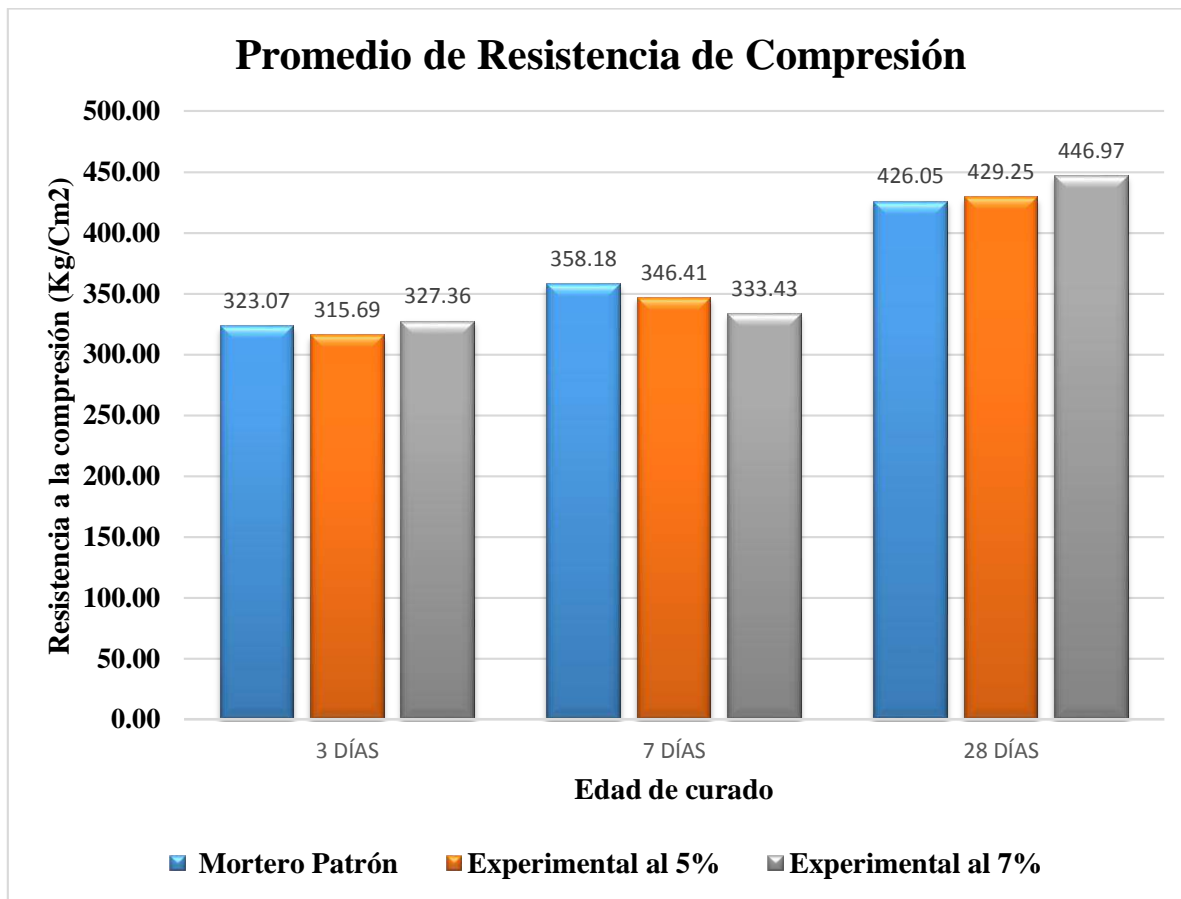


Figura 4: Grafico del promedio de las resistencias a la compresión (kg/cm²) vs Edad de curado

Fuente: Prueba de Compresión en el laboratorio USP

Interpretación de los gráficos: Según los gráficos mostrados, la resistencia obtenida a los 3 días obtuvimos que el mortero experimental al 7 % aumento a un 1.01 %, a comparación del mortero experimental de 5%, que se redujo con respecto al mortero patrón, teniendo un porcentaje de 97.72%.

A la edad de 7 días, los morteros experimentales tanto de 5% y 7% se redujo la resistencia en comparación con el mortero patrón, con un porcentaje de 96.71% y 93.09%

A la edad de 28 días, los morteros experimentales de 5% y 7% lograron superar la resistencia a comparación del mortero patrón, aumentando un 1.00 % y 1.05%

Resistencia de compresión (kg/cm²) del mortero patrón y experimentales al 5% y 7%

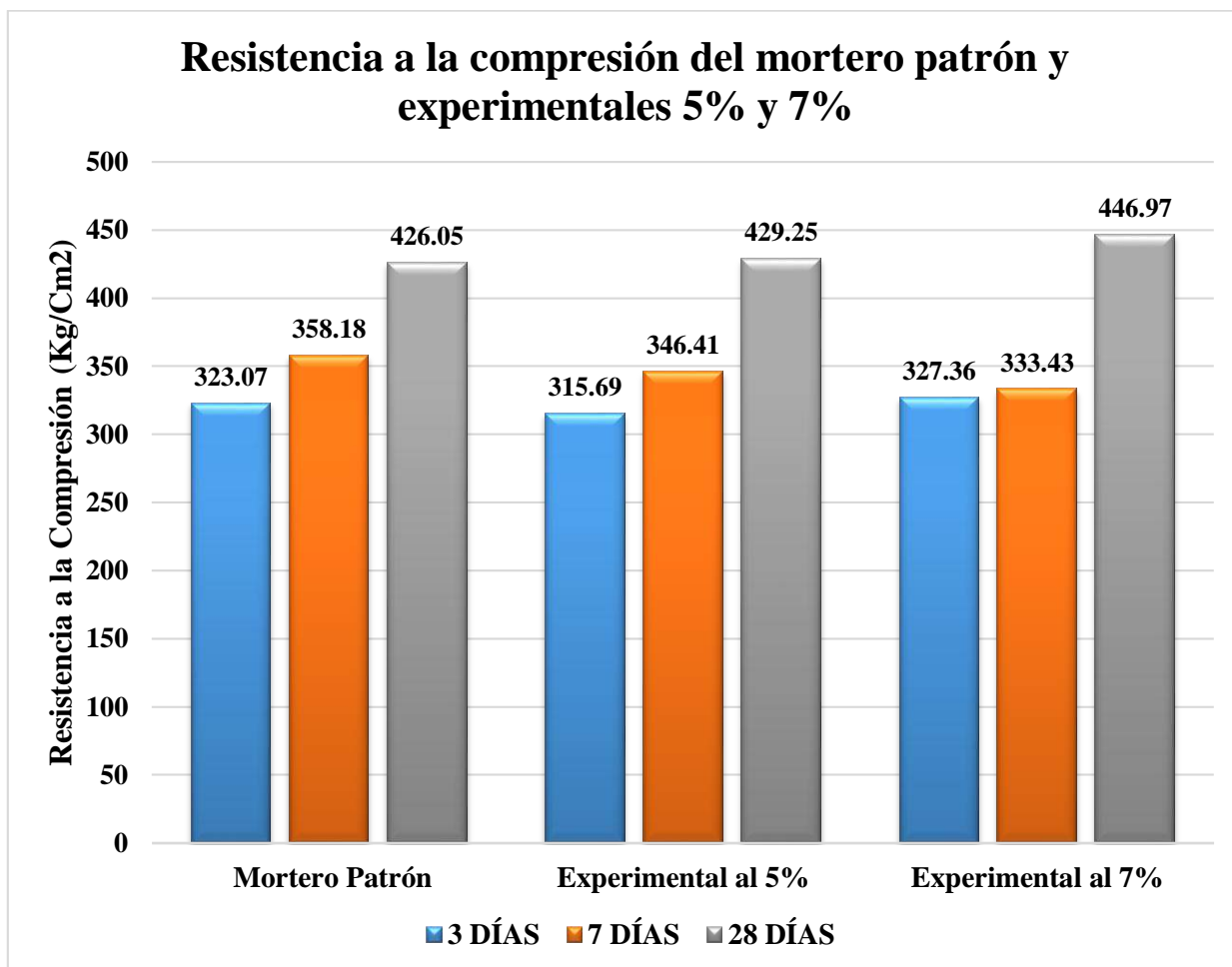


Figura 5: Grafico de la resistencia a la compresión (kg/cm²) vs Edad de curado

Fuente: Prueba de Compresión en el laboratorio USP

Interpretación de los gráficos: Según los gráficos mostrados, la resistencia obtenida a los 3 días con respecto al mortero patrón se obtuvo 75.83% de su resistencia máxima, y a los 7 días alcanzo al 78.03%. El mortero de 28 días obtuvo una resistencia de 426.05 kg/cm², representando su 100%

El mortero experimental con sustitución del cemento a un 5% en los 3 días alcanzo el 73.54% de su máxima resistencia; el mortero de 7 días alcanzo una resistencia de 80.70%. El mortero a sus 28 días alcanzo en su máxima resistencia 429.25 kg/cm², representando su 100%.

El mortero experimental con sustitución del cemento a un 5% en los 3 días alcanzó el 73.24% de su máxima resistencia; el mortero de 7 días alcanzó una resistencia de 74.60%.

El mortero a sus 28 días alcanzó en su máxima resistencia 446.97 kg/cm², representando su 100%

Promedio de Peso Fraguado del mortero patrón y experimentales al 5% y 7%

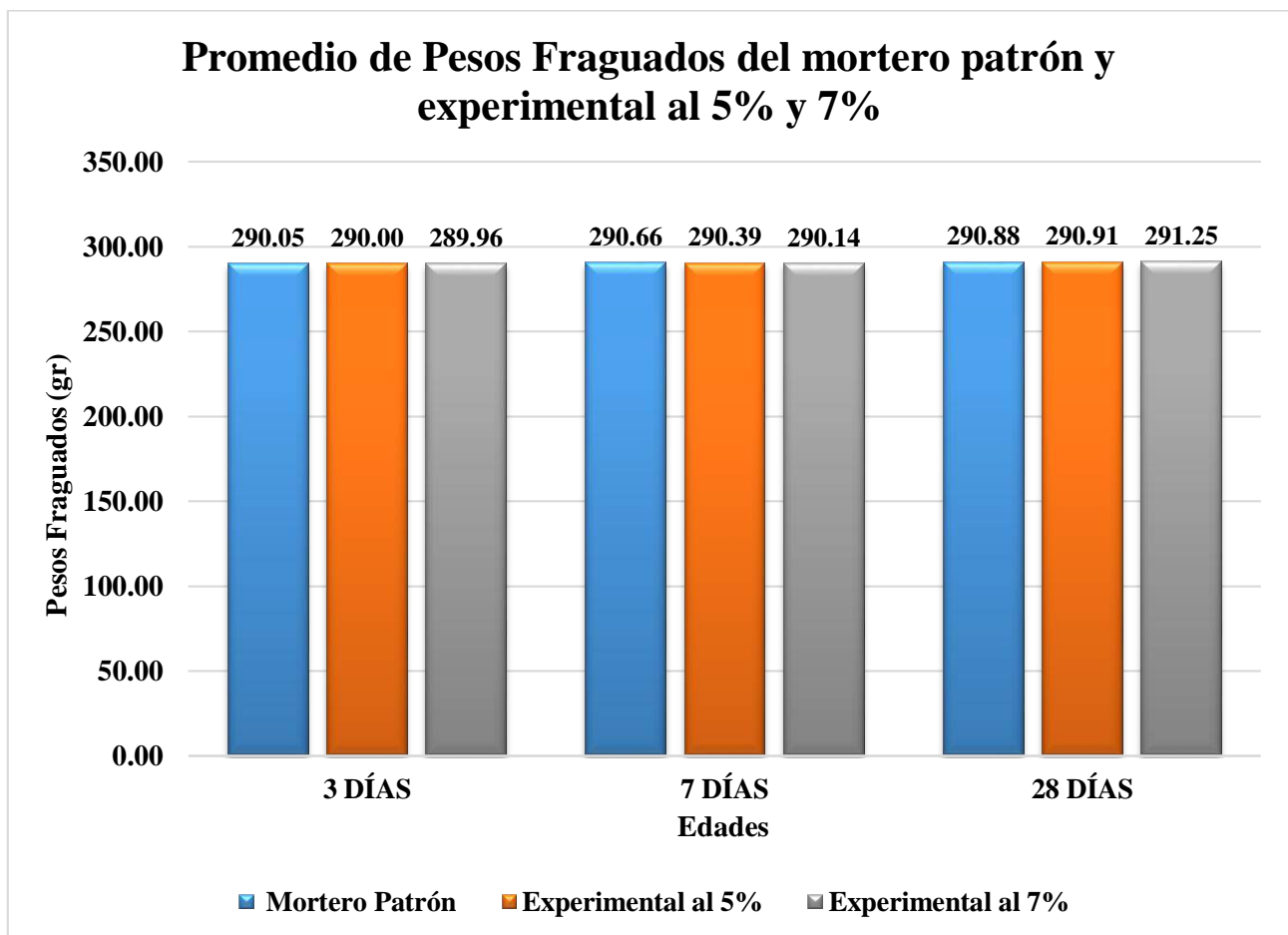


Figura 6: Promedio de Peso Fraguado del mortero patrón y experimental al 5% y 7% vs Edad de curado

Fuente: Prueba de Compresión en el laboratorio USP

Promedio de Peso Curado del mortero patrón y experimentales al 5% y 7%

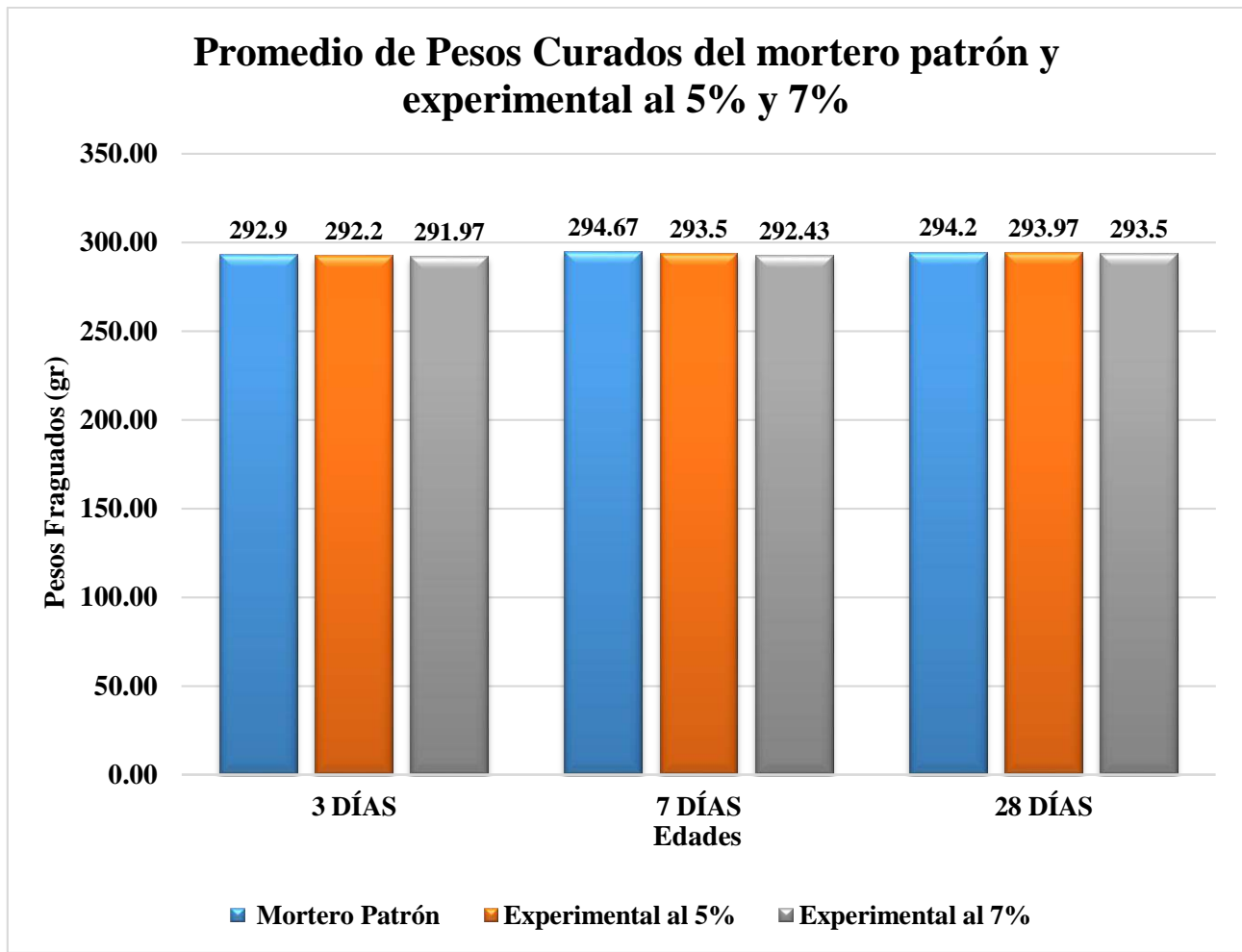


Figura 7: Promedio de Peso Curado del mortero patrón y experimental al 5% y 7% vs Edad de curado

Fuente: Prueba de Compresión en el laboratorio USP

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad (Shapiro – Wilk) y homogeneidad de varianzas de las resistencias medias obtenidas en las probetas de mortero para cada tratamiento (adición de un porcentaje de 5% y 7% de cenizas de cardón) se procedió a realizar la prueba ANOVA

Tabla 52: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de los cubos de mortero.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Ceniza de cardón	58,211	2	29,106	0,204	0,824
Días de curado	20888,277	2	10444,139	73,041	0,001
Error	571,961	4	142,990		
Total	21518,450	8			

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio USP.

En la tabla 50 se puede visualizar que para la sustitución del cemento por ceniza de cardón (a un 5% y 7%) el $p\text{-value} > \alpha$ ($p=0.824$, $p>0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para aceptar la hipótesis nula (H_0 : resistencias medias iguales). Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm^2 logradas en los cubos de mortero, con sustitución de cemento por ceniza de Cardón en 0%, 5% y 7%, son iguales. Es decir, no existe una diferencia significativa entre las resistencias medias de los cubos de mortero.

También se tienen que para los días de curado $p\text{-value} > \alpha$ ($p=0.001$, $p>0.05$) entonces podemos decir que las resistencias medias de los cubos de mortero son diferentes a consecuencia de los días de curado (existe un efecto significativo de los días de curado en las resistencias medias de los cubos de mortero).

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En el ensayo de análisis térmico diferencial (ATD) nos dio como resultado que el cardón tiene que ser calcinado a una temperatura de 750 °C ya que a dicha temperatura se dio un cambio de fase y cambio de características del cardón activándose químicamente y convirtiéndose en óxidos. El cual se determinó sustituir al cemento en un 5% y 7% por cenizas de cardón.

En los resultados del ensayo de Fluorescencia de rayos X, nos muestra que la ceniza de cardón en su composición química tiene elementos que contribuyen y favorecen al cemento los cuales se muestran a continuación: Óxido de Aluminio (Al_2O_3) con un 13.73%, Óxido de Silicio (SiO_2) con un 31.20%, Óxido de Calcio (CaO) con un 25.51%, Óxido de Hierro (Fe_2O_3) con un 3.45%, los cuales se usan en el cemento para aumentar la resistencia, temperatura de maduración en la mezcla, además de aportar otras propiedades al cemento portland.

Estos resultados obtenidos tienen relación con Laínez, Cruz, Martínez y Velásquez (2012). Quienes señalan una similitud elevada a la composición química del cemento, pues se compone de los siguiente (Óxido de calcio, Óxido de Silicio, Óxido de aluminio, Óxido de Hierro, Óxido de Magnesio, Óxido de Potasio), llegando a la conclusión que cada componente encontrado en el cardón al ser sustituido a un 5% y 7% de cemento para la elaboración de un mortero nos otorga durabilidad (contiene Calcio), Afinidad química por la humedad (Contiene Potasio), contiene lo mismo que el Clinker, principal componente del cemento (contiene Óxido de Calcio, Óxido de Silicio, Óxido de aluminio, Óxido de hierro) y que brindará una resistencia elevada a más tiempo de curado este el mortero.

Se obtuvo como resultados de pH del cemento 13.38, cardón 13.41, cemento + 5% ceniza de cardón 13.04, cemento + 7% ceniza de cardón 14.00. Llegando a la conclusión final de que todos nuestros componentes son alcalinos ya que contienen Oxido de potasio y Oxido de sodio.

En la investigación la relación agua cemento incrementó a los siguientes valores, mortero patrón: 0.485, mortero experimental con 5% de ceniza de cardón: 0.50; mortero experimental con 7% de ceniza de cardón: 0.51, debido a que había que cumplir con lo establecido en el objetivo específico, que era que las relaciones agua/cemento de los morteros experimentales se asemejen a la relación a/c del mortero patrón. Con respecto a las relaciones a/c, se han obtenido como resultados para el patrón 0.485 (19.29% de fluidez), para el experimental con 5% de adición se utilizó una relación a/c de 0.50

(19.00% de fluidez) y para el experimental con 7% de adición se utilizó una relación a/c de 0.51 (17.81% de fluidez). Se logró analizar que para la elaboración de los morteros experimentales tanto de 5% y 7% de ceniza de cardón, han necesitado agregar más agua, y como se sabe a más agua la mezcla tiende a disminuir un poco su resistencia, pero en esta investigación se llegó a comprobar que al poseer más agua nuestra mezcla experimental del 5% y 7%, la resistencia no ha sido afectada, y que el mortero a más tiempo este en curado tiende a aumentar más su resistencia.

Los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión observamos que a los 28 días de curado la resistencia aumenta mientras más ceniza de cardón se utiliza. Para el mortero experimental al 5% nos damos cuenta que nuestra resistencia disminuye a 3 días y 7 días con respecto al mortero patrón, pero para el mortero experimental al 7% la resistencia aumenta en el 3er día y disminuye al 7mo día. En esta presente investigación la resistencia a la compresión aumenta a los 28 días de curado tanto para el mortero experimental al 5% y 7% y en el (3 día y 7 día), suele a tener una varianza en que aumenta y disminuye. En la figura N°5 se puede observar las resistencias de los morteros, dando a conocer que el mortero experimental 5% de 3 días tiene una resistencia promedio de 315.69 kg/cm², y el mortero experimental 7% de 3 días tiene una resistencia promedio de 327.36 kg/cm², dando a entender que el mortero experimental 5% ha superado en un 1.01% de la resistencia en comparación al mortero experimental 7%, con respecto al mortero patrón de 3 días respectivamente, que alcanzó una resistencia de 323.07 kg/cm². También observamos que, a la edad de 7 días, el mortero patrón (358.18 kg/cm²) se ha visto que no fue superado por el mortero experimental 5% (346.41 kg/cm²), con un porcentaje de 96.71% y el mortero experimental 7% (333.43 kg/cm²), también ha disminuido su resistencia en un 93.09%. Y por último, a la edad de 28 días, los morteros experimentales de 5% (429.25 kg/cm²) y 7% (446.97 kg/cm²) superaron al mortero patrón, teniendo éstos unos porcentajes de 1.00% y 1.05%, respectivamente.

V. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

Se llegó a las siguientes conclusiones:

Se obtuvo un valor de 13.41 de pH de la ceniza de cardón lo cual nos indica que es Alcalino, que resulta beneficioso para la mezcla de mortero ya que le aporta mayor durabilidad.

La composición química de la ceniza de cardón tiene los siguientes componentes: Óxido de Aluminio (Al_2O_3) con un 13.73%, Óxido de Silicio (SiO_2) con un 31.20%, Óxido de Calcio (CaO) con un 25.51%, Óxido de Hierro (Fe_2O_3) con un 3.45%, sumando estos porcentajes vemos que llega a un 71.266 por lo que concluimos que es un puzolanico por ende es un cementante.

concluyendo que cada componente encontrado en el cardón al ser sustituido a un 5% y 7% de cemento para la elaboración de un mortero nos otorga durabilidad (contiene Calcio), Afinidad química por la humedad (Contiene Potasio), contiene lo mismo que el Clinker, principal componente del cemento (contiene Óxido de Calcio, Óxido de Silicio, Óxido de aluminio, Óxido de hierro) y que brindará una resistencia elevada a más tiempo de curado este el mortero, debido a que tiene una gran similitud en el componente químico del cemento.

La relación a/c del patrón fue de 0.485 con una fluidez de 20.20%; la relación a/c del experimental con 5% de adición fue de 0.50 con una fluidez de 18.99%; la relación a/c del experimental con 7% de adición fue de 0.51 con una fluidez de 17.80%. Se optó por que la fluidez de los experimentales se asemeje a la fluidez del patrón, para que los resultados sean equivalentemente comparativos.

La resistencia a la compresión a los 28 días de los morteros experimentales de 5% y 7% se ha visto aumentadas con respecto al mortero patrón, siendo éstas elevaciones expresadas en porcentajes en 8.30% para el experimental con 5% de adición, y 11.66% para el experimental con 7% de adición, la cual nos da como conclusión que a mayor contenido de cenizas de cardón y a mayor tiempo de curado, la resistencia del mortero aumenta.

Se consideran las siguientes recomendaciones:

Se recomienda realizar investigaciones con diseños de mortero, con porcentajes mayores de sustitución de ceniza de cardón, o en combinaciones con otros elementos, para determinar si los beneficios serían iguales o mejores.

Analizar pruebas estadísticas T-Student, para llevar un control estadístico en muestras de mortero de concreto, que permitan la elaboración del mismo.

Tener en cuenta la presencia de elementos agresivos en las mezclas de concreto, como el óxido de potasio y óxido de cloro, elementos encontrados en la ceniza del cardón.

Para obtener mayor resistencia en la etapa de curado, se recomienda dejar mayor tiempo (días) y luego realizar la prueba de compresión para ver si la resistencia obtenida es mayor que la que tenemos como dato realizado al 28 días.

VI. AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por darme vida, salud, y fuerza para poder lograr mi objetivo profesional, por guiar mi camino a pesar de los obstáculos que se presentan en la vida, siempre me da la fortaleza para seguir adelante.

Le doy gracias a mis padres, hijos y familiares por ser las personas más importantes en mi vida, siempre me dieron su apoyo incondicional en mi carrera profesional, así también la comprensión y amor en los momentos difíciles, gracias por brindarme los valores que me han inculcado y me hicieron crecer.

Agradezco a todas las personas más cercanas, compañeros, amistades que creyeron en mí y gracias por el apoyo que me dieron para los trabajos encomendados y haber hecho que la etapa universitaria sea una experiencia que siempre tendré presente.

Agradezco el tiempo, esfuerzo, conocimiento y confianza que me brindaron mis Docentes y por haberme orientado para la realización y culminación de este proyecto de investigación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. **Águila y sosa (2008)**. Evaluación físico química de cenizas de cascarilla de arroz, bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero, como materiales puzolánicos, Revista recuperado de <https://es.scribd.com/document/427478900/Evaluacion-fisico-quimica-de-cenizas-de-cascarilla-de-arroz-bagazo-de-cana-y-hoja-de-maiz-y-su-influencia-en-mezclas-de-mortero-como-materiales-puzolanico>
2. **American Society for Testing and Materials, (ASTM). C618, 2015**. Especificación normalizada para Ceniza Volante de Carbón y Puzolana Natural en Crudo o Calcinada para uso en Concreto. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061814012719>
3. **Cardona, C. (2013)**. Caracterización de la ceniza de hojas de bambú y su influencia como material puzolanico en el concreto. Tesis para obtener el título de Maestro en Ingeniería Civil, Universidad EAFIT, Medellín, recuperado de https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7298/DavidFernando_CardonaCastro_2014.pdf?sequence=2
4. **Cordoba, A. (2017)**. Conductividad térmica y resistencia a la compresión en mortero con Sustitución del 30% de cemento (20% arcilla y 10% ichu) C.C. Andaymayo – Sihuas, Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, Universidad San Pedro, Chimbote, Recuperado de http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/1531/Tesis_52014.pdf?sequence=1&isAllowed=y
5. **Laínez, Cruz, Martínez, y Velásquez (2012)**. Influencia del uso de micro sílice en las propiedades en estado fresco y endurecido en concreto de alta resistencia, Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, Universidad de El Salvador, recuperado de <https://es.scribd.com/document/354043614/Influencia-Del-Uso-de-La-Microsilice-en-Las-Propiedades-en-Estado-Fresco-y-Endurecido-en-Concreto-de-Alta-Resistencia-pd>

6. **Meza F. (2004).** Estudio de mortero de mediana a baja Resistencia de cemento, con adición de Cal aérea, Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) Lima, Recuperado de <https://es.scribd.com/document/360497723/Estudio-de-Mortero-Con-CAL>
7. **Norma Técnica Peruana (NTP) 334.051, 2013.** Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de mortero de cemento portland, usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/388990823/ntp-334-051>
8. **Norma Técnica Peruana, (NTP). 339.088, 2006.** Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/364054587/Norma-Tecnica-Peruana-NTP-339-088-Concreto>
9. **Ochoa (2013).** Materiales de construcción. Efecto de un aditivo extraído de la planta Agave americana sobre las propiedades físicas y mecánicas de un yeso. España, Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/48910/juan%20carlos%20mate%20const.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
10. **Salazar, A. (2002).** Una manera de entender a los materiales compuestos (3°ed.). Cali, corporación construir. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, recuperado de <https://www.redalyc.org/revista.oa?id=2570>
11. **Villegas. (2012).** La utilización de puzolanas en la producción de morteros y concretos para revestimiento, utilizando la ceniza de la cascara de arroz obtenida de una calcinación controlada al aire libre. Lima. Recuperado de: <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/663/T%20693.5%20L795%202014.pdf?sequence=1>

VIII. ANEXOS Y APENDICES.

ANEXO N° 1

ENSAYO DE AGREGADO

ENSAYO DE
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ANALISIS GRANULOMETRICO

SOLICITA : LUIS JOEL SALAS SILVA

PROYECTO : "RESISTENCIA EN MORTERO CON SUSTITUCION AL CEMENTO EN UN 5% Y 7% POR CENIZA DE CARDON "

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES UNIV. SAN PEDRO

FECHA : FEBRERO DEL 2019

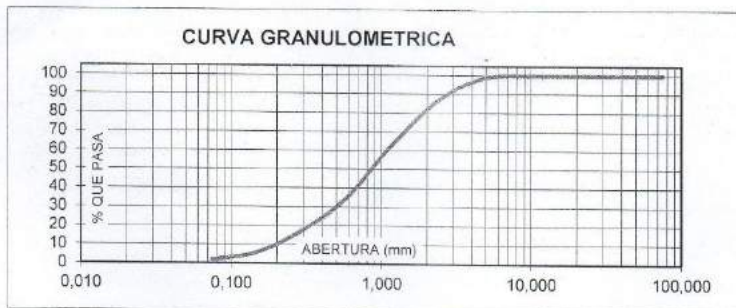
MATERIAL : ARENA GRUESA

CANTERA : BESIQUE

PESO SECO INICIAL	1601,8
-------------------	--------

TAMIZ		PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
Nº	ABERT. (mm.)				
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
Nº 4	4,750	22,30	1,39	1,39	98,61
Nº 8	2,360	196,50	12,27	13,66	86,34
Nº 16	1,180	372,50	23,26	36,91	63,09
Nº 30	0,600	436,80	27,27	64,18	35,82
Nº 50	0,300	268,30	18,00	82,18	17,82
Nº 100	0,150	189,40	11,82	94,01	5,99
Nº 200	0,075	66,20	4,13	98,14	1,86
PLATO		49,80	3,11	101,25	-1,25
TOTAL		1621,80	101,25		

M. DE FINEZA: 292



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116644
JEFE



ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño NTP 400.012.

NOTA : La muestra fue tomada y traída por el interesado a este laboratorio.

ENSAYO DE
CONTENIDO DE HUMEDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD

SOLICITA : LUIS JOEL SALAS SILVA
 PROYECTO : "RESISTENCIA EN MORTERO CON SUSTITUCION AL CEMENTO EN UN 5% Y 7% POR CENIZA DE CARDON "
 LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES UNIV. SAN PEDRO
 FECHA : FEBRERO DEL 2019 CANTERA : BESIQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA

ENSAYO N°	0,1	0,2
Peso de Tara + MH (gr)	466,70	389,80
Peso de Tara + MS (gr)	465,40	388,73
Peso de Tara (gr)	121,30	114,80
Peso de agua (gr)	1,30	1,07
MS (gr)	344,10	273,93
Contenido de humedad (%)	0,38	0,39
Humedad Promedio (%)	0,38	

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma de diseño NTP 400.010.
 NOTA : La muestra fue tomada y traída por el interesado a este laboratorio.




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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

ENSAYO DE
PESOS UNITARIOS

PESOS UNITARIOS

SOLICITA : LUIS JOEL SALAS SILVA
 PROYECTO : "RESISTENCIA EN MORTERO CON SUSTITUCION AL CEMENTO EN UN 5% Y 7% POR CENIZA DE CARDON "
 LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES UNIV. SAN PEDRO
 FECHA : FEBRERO DEL 2019
 MATERIAL : ARENA GRUESA CANTERA : BESIQUE

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	5828	5840	5860
Peso de molde	1513	1513	1513
Peso de muestra	4315	4327	4347
Volumen de molde	2795	2795	2795
Peso unitario (Kg/m3)	1544	1548	1555
Peso unitario prom. (Kg/m3)	1549		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	6366	6341	6335
Peso de molde	1513	1513	1513
Peso de muestra	4853	4828	4822
Volumen de molde	2795	2795	2795
Peso unitario (Kg/m3)	1736	1727	1725
Peso unitario prom. (Kg/m3)	1730		

ESPECIFICACIONES :

NOTA :

El ensayo responde a la norma de diseño NTP 400.017.
 La muestra fue tomada y traída por el interesado a este laboratorio.



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

ENSAYO DE
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION
DEL AGREGADO FINO**

SOLICITA : LUIS JOEL SALAS SILVA
 TESIS : "RESISTENCIA EN MORTERO CON SUSTITUCION AL CEMENTO EN UN 5% Y 7% POR CENIZA DE CARDON"
 LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES UNIV. SAN PEDRO
 CANTERA : BESIQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : feb-19

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

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

300,0		
684,7		
984,7		
875,0		
109,8		
297,9		
107,6		
0,72		
0,72		

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

PROMEDIO

2,71		
2,73		
2,77		

PROMEDIO

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

2,714
2,733
2,768



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

 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

ENSAYO DE
IMPUREZAS ORGANICAS

ENSAYO DE IMPUREZAS ORGANICAS DEL AGREGADO FINO (ASTM C 33-03)

SOLICITA : LUIS JOEL SALAS SILVA
PROYECTO : "RESISTENCIA EN MORTERO CON SUSTITUCION AL CEMENTO EN UN 5% Y 7% POR CENIZA DE CARDON "
LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES UNIV. SAN PEDRO
FECHA : FEBRERO DEL 2019
MATERIAL : ARENA GRUESA CANTERA : BESIQUÉ

MUESTRA N° : 1
Grado de Impurezas Orgánicas : No presenta

- El resultado de las pruebas de impurezas orgánicas dio como resultado el grado 1 dentro de la placa orgánica de colores Gardner.
- Significa que el material es limpio no tiene impurezas orgánicas y es de buena o excelente calidad.

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



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 118544
JEFE

ANEXO N°2:

CALCINACIÓN DEL CARDÓN



ANÁLISIS DE LABORATORIO

SOLICITADO POR : Salas Silva Luis Joel
ASUNTO : Calcinación de Muestras
FECHA DE RECEPCION : 19/02/19
FECHA DE ENTREGA : 20/02/12

Descripción	Proceso	Temperatura (°C)	Tiempo	Peso inicial (gr)	Peso final (gr)
Ceniza de Cardon	Calcinación	750	90 min	514.6	380

Chimbote, 10 de abril de 2019


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

ANEXO N°3:
ENSAYO DE PH DEL CARDÓN



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 20190417-004

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : LUIS JOEL SALAS SILVA.
DIRECCIÓN : Jr. Colombia Mz. L2 Lote 7 San Pedro Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADOS.
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno, cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019-04-17
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2019-04-17
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2019-04-17
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 190417-3

RESULTADOS

ENSAYO	MUESTRA
	CENIZA DE CARDON
pH	13,41

METODOLOGÍA EMPLEADA


pH : Potenciométrico

NOTA :

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Abril 22 del 2019.

GVR/jms


A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.R.P. 326
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 05
Fecha 2019-02-22

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

ENSAYO DE PH
CEMENTO PORTLAND TIPO I



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 20190417-003

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : LUIS JOEL SALAS SILVA.
DIRECCIÓN : Jr. Colombia Mz. L2 Lote 7 San Pedro Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADOS.
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno, cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019-04-17
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2019-04-17
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2019-04-17
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 190417-3

RESULTADOS

ENSAYO	MUESTRA
	CEMENTO PORTLAND TIPO I
pH	13.38

METODOLOGÍA EMPLEADA

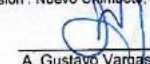
pH : Potenciométrico

NOTA :

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Abril 22 del 2019.

GVR/jms


A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 325
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 05
Fecha 2019-02-22

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

ENSAYO DE PH
CEMENTO PORTLAND TIPO I + 5% DE CENIZA DE CARDON



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

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

INFORME DE ENSAYO N° 20190417-005

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : LUIS JOEL SALAS SILVA.
 DIRECCIÓN : Jr. Colombia Mz. L2 Lote 7 San Pedro Chimbote.
 PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADOS.
 CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra
 PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno, cerrada.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2019-04-17
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2019-04-17
 FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2019-04-17
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
 ENSAYOS REALIZADOS : Laboratorio Físico Químico.
 CÓDIGO COLECBI : SS 190417-3

RESULTADOS

ENSAYO	MUESTRA
pH	13,04

METODOLOGIA EMPLEADA

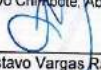
pH : Potenciométrico

NOTA :

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Abril 22 del 2019.

GVR/jms


 A. Gustavo Vargas Ramos
 Gerente de Laboratorios
 C.B.P. 826
 COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
 Rev. 05
 Fecha 2019-02-22

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
 SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
 Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
 Web: www.colecbi.com

ENSAYO DE PH

CEMENTO PORTLAND TIPO I + 7% DE CENIZA DE CARDON



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 20190417-006

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : LUIS JOEL SALAS SILVA.
DIRECCIÓN : Jr. Colombia Mz. L2 Lote 7 San Pedro Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADOS.
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno, cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019-04-17
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2019-04-17
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2019-04-17
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 190417-4

RESULTADOS

ENSAYO	MUESTRA
	CEMENTO PORTLAND TIPO I + 7% DE CENIZAS DE CARDÓN
pH	14,00

METODOLOGIA EMPLEADA

pH : Potenciométrico

NOTA :

- Muestra recibida en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Abril 22 del 2019.
GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 326
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 05
Fecha 2019-02-22

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

ANEXO N°4:
ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DEL CARDON

PESO ESPECIFICO

(CENIZA DE CARDON)

SOLICITA: Bach.Salas Silva, Luis Joel.

TESIS: "RESISTENCIA EN MORTERO CON SUSTITUCION AL CEMENTO EN UN 5% Y DE CARDON "

LUGAR : HUARAZ

CANTERA : -----

MATERIAL : CENIZA DE CARDON

FECHA: 22/04/2019

PESO DE MATERIAL	144	gramos
VOL. DEZPLAZAMIENTO	60	gramos Cm3

PESO ESPECIFICO	$D = P/V = 144/60$
-----------------	--------------------

PESO ESPECIFICO CENIZA	2,40
------------------------	------

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



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

ENSAYO DE
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO

PESO ESPECIFICO

(CEMENTO)

SOLICITA: Bach.Salas Silva, Luis Joel.
TESIS: "RESISTENCIA EN MORTERO CON SUSTITUCION AL CEMENTO EN UN 5% Y DE CARDON "
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : -----
MATERIAL : CEMENTO
FECHA: 22/04/2019

PESO DE MATERIAL	200	gramos
VOL. DEZPLAZAMIENTO	63,4	gramos Cm3

PESO ESPECIFICO	$D = P/V = 200/63,4$
-----------------	----------------------

PESO ESPECIFICO CEMENTO	3,15
-------------------------	------



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 DISEÑO DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 118544
 JEFE

ENSAYO DE
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO + 5% DE CENIZA DE CARDON

PESO ESPECIFICO

(CEMENTO + 5% CENIZA DE CARDON)

SOLICITA: Bach. Salas Silva, Luis Joel.
TESIS: "Resistencia en Mortero con Sustitucion al Cemento en un 5% y 7% por Ceniza de Cardon"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : -----
MATERIAL : CEMENTO + 5% CENIZA DE CARDON
FECHA: 22/04/2019

PESO DE MATERIAL	200	gramos
VOL. DEZPLAZAMIENTO	69,3	gramos Cm3

PESO ESPECIFICO	$D= P/V = 200/69,3$
-----------------	---------------------

PESO ESPECIFICO CEMENTO + 5% CENIZA DE CARDON	2,886
---	-------

OBSERVACIONES:



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

ENSAYO DE
PESO ESPECIFICODEL CEMENTO + 7% DE CENIZA DE CARDON

PESO ESPECIFICO

(CEMENTO + 7% CENIZA DE CARDON)

SOLICITA: Bach. Salas Silva, Luis Joel.
TESIS: "Resistencia en Mortero con Sustitucion al Cemento en un 5% y 7% por Ceniza de Cardon"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : -----
MATERIAL : CEMENTO + 7% CENIZA DE CARDON
FECHA: 22/04/2019

PESO DE MATERIAL	200	gramos
VOL. DEZPLAZAMIENTO	71,6	gramos Cm3

PESO ESPECIFICO	$D= P/V = 200/71,6$
-----------------	---------------------

PESO ESPECIFICO CEMENTO + 7% CENIZA DE CARDON	2,793
---	-------

OBSERVACIONES:



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 118544
 JEFE

ANEXO N°5:
ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Informe N°09-LAQ/2019

Análisis de ceniza de cardón por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de ceniza de cardón a pedido del Sr. **Salas Silva, Luis Joel**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Resistencia en Mortero con Sustitución al Cemento en un 5% y 7% por
Ceniza de Cardón.”**

La muestra había sido previamente calcinada a 750°C durante hora y media y está en forma de grano fino de color ocre oscuro.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 7840 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Na (Z=11) y Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos.. Como



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

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

El análisis elemental 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.

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de ceniza de cardón. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico y la energía.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

formar en el proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es ligeramente mayor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento., Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de ceniza de cardón en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	13.732	13.426
SiO ₂	31.200	30.506
P ₂ O ₅	4.656	4.552
SO ₂	3.751	3.668
ClO ₂	11.200	10.950
K ₂ O	9.085	8.882
CaO	24.505	23.959
TiO ₂	0.276	0.270
Cr ₂ O ₃	0.009	0.009
MnO	0.225	0.220
Fe ₂ O ₃	3.451	3.375
Ni ₂ O ₃	0.002	0.002
CuO	0.013	0.013
ZnO	0.054	0.053
BrO ₂	0.040	0.039
SrO	0.069	0.068
ZrO ₂	0.009	0.009
Total	102.277	100.00



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

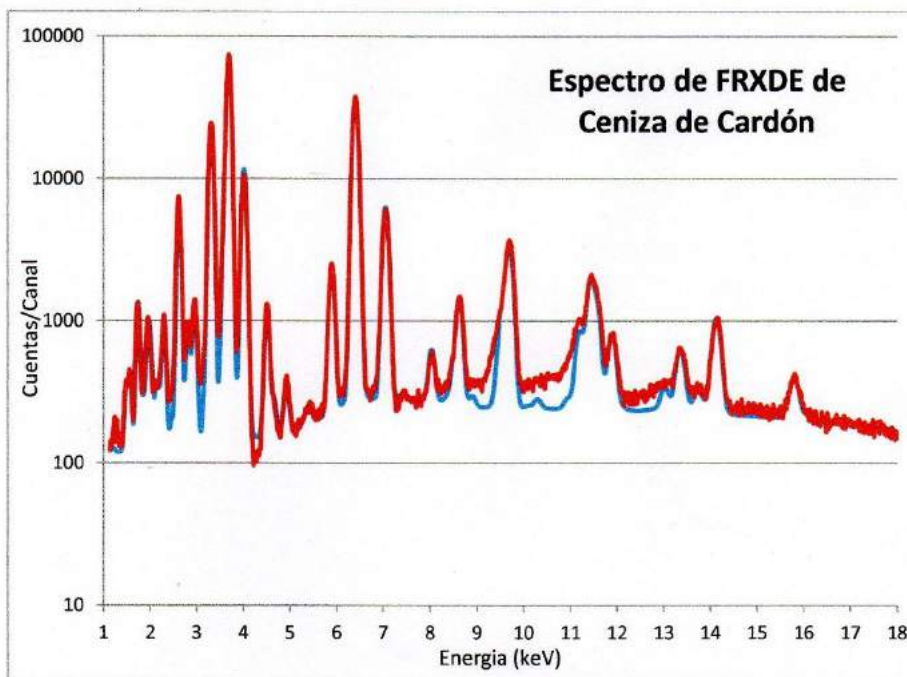


Figura 1. Espectro de FRXDE de ceniza de cardón en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos

Laboratorio de Arqueometría



Lima, 28 de febrero del 2019

ANEXO N°6:

ANÁLISIS TÉRMICO POR CALORIMETRIA DIFERENCIAL DE BARRIDO DSC / ANÁLISIS
TÉRMICO DIFERENCIAL ATD



Trujillo, 18 de julio del 2017

INFORME N° 88 - JUL 17

Solicitante: Salas Silva Luis - Universidad San Pedro

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Biomaterial (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	BM-88J	26.7 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 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 26.7 mg.

Jefe de Laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa

DANIEL M. CHAVEZ NOVOA
ING. MATERIALES
R. O.P. 84983

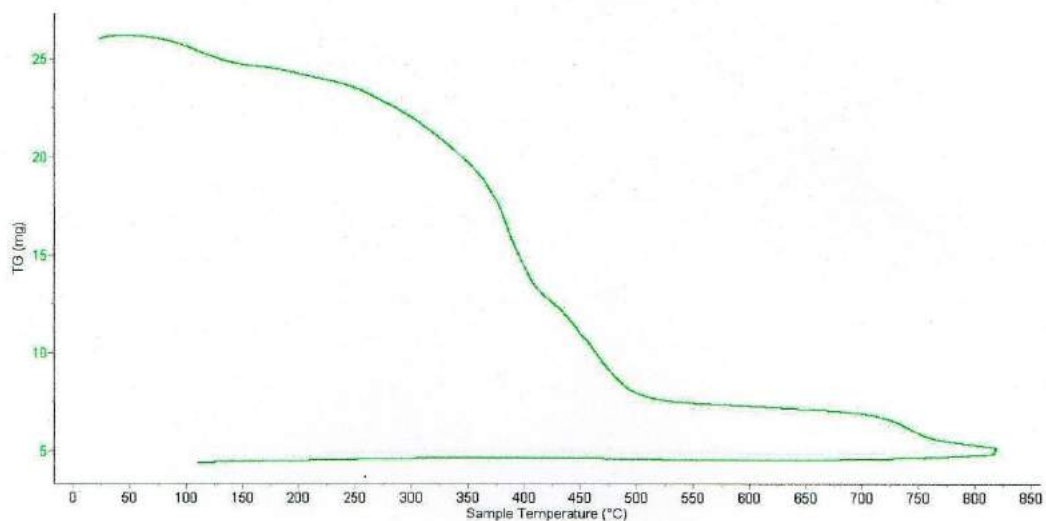


Trujillo, 18 de Julio del 2017

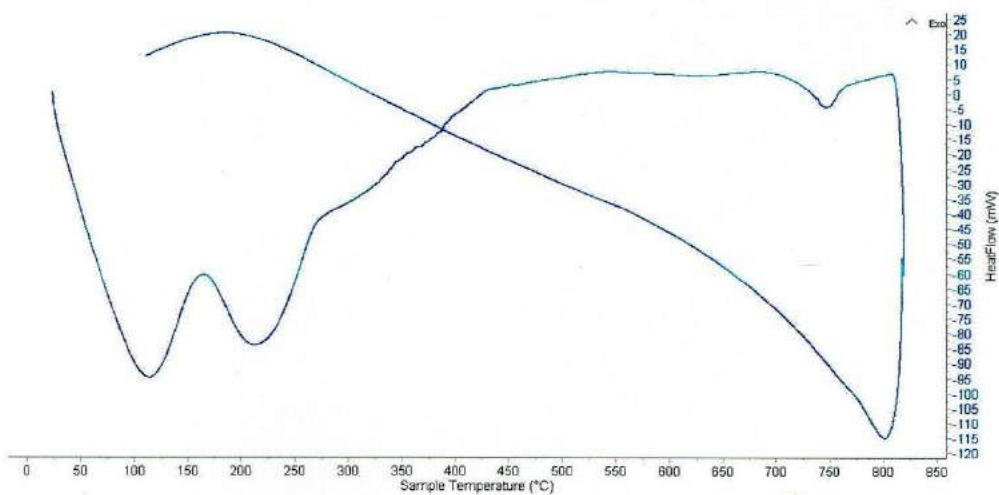
INFORME N° 88 - JUL 17

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica ATD



Danny M. Chavez Novoa
Laboratorio de Polímeros



Trujillo, 18 Julio del 2017

INFORME N° 88 - JUL 17

5. CONCLUSION:

1. 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 300 y 450°C. El material llega a perder aproximadamente un total de 80% de su masa cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un pico de absorción térmica a aproximadamente 100°C, y una región térmica entre 190 y 250°C; Posteriormente la curva experimenta un pico endotérmico a 750 °C, indicando un posible cambio de fase y cambio en las características del material.

Trujillo, 18 de Julio del 2017



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

Stamp: DANNY M. CHÁVEZ NOVOA
ING. MATERIALES
R. D.P. 84587

ANEXO N°7:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS DE MORTERO

SOLICITA : LUIS JOEL SALAS SILVA
PROYECTO : "RESISTENCIA EN MORTERO CON SUSTITUCION AL CEMENTO EN UN 5% Y 7% POR CENIZA DE CARDON "
LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES UNIV. SAN PEDRO
FECHA : MARZO DEL 2019

ESPEC. N°	TESTIGO Elemento	FECHA		EDAD Días	PESO Gr.	AREA cm ²	CARGA MAX. Kg	F'c Kg/cm ²
		Maldeo	Rotura					
1	MORTERO PATRON	20/02/2019	23/02/2019	3	292,3	25,0	7920,00	316,80
2	MORTERO PATRON	20/02/2019	23/02/2019	3	293,0	25,1	8142,00	324,38
3	MORTERO PATRON	20/02/2019	23/02/2019	3	293,4	25,0	8201,00	328,04
4	MORTERO PATRON	19/02/2019	26/02/2019	7	294,2	25,2	8662,00	343,73
5	MORTERO PATRON	19/02/2019	26/02/2019	7	294,7	25,0	9805,00	392,20
6	MORTERO PATRON	19/02/2019	26/02/2019	7	295,1	25,0	8465,00	338,60
7	MORTERO PATRON	18/02/2019	18/03/2019	28	294,2	25,3	10481,00	414,27
8	MORTERO PATRON	18/02/2019	18/03/2019	28	293,8	25,0	10690,00	427,60
9	MORTERO PATRON	18/02/2019	18/03/2019	28	294,6	25,1	10951,00	436,29

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma de diseño ASTM C 109 M.
NOTA : Los elementos fueron elaborados y ensayados en este laboratorio.



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



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS DE MORTERO

SOLICITA : LUIS JOEL SALAS SILVA
PROYECTO : "RESISTENCIA EN MORTERO CON SUSTITUCION AL CEMENTO EN UN 5% Y 7% POR CENIZA DE CARDON "
LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES UNIV. SAN PEDRO
FECHA : MARZO DEL 2019

ESPEC. N°	TESTIGO Elemento	FECHA		EDAD Días	PESO Gr.	AREA cm ²	CARGA MAX. Kg	F'c Kg/cm ²
		Moldeo	Rotura					
1	MORTERO EXPERIMENTAL + 5% CENIZA DE CARDON	25/02/2019	28/02/2019	3	292,0	25,1	7920,00	315,54
2	MORTERO EXPERIMENTAL + 5% CENIZA DE CARDON	25/02/2019	28/02/2019	3	292,6	25,2	8033,00	318,77
3	MORTERO EXPERIMENTAL + 5% CENIZA DE CARDON	25/02/2019	28/02/2019	3	292,0	25,1	7850,00	312,75
4	MORTERO EXPERIMENTAL + 5% CENIZA DE CARDON	22/02/2019	01/03/2019	7	293,1	25,0	8712,00	348,48
5	MORTERO EXPERIMENTAL + 5% CENIZA DE CARDON	22/02/2019	01/03/2019	7	294,0	25,1	8805,00	350,80
6	MORTERO EXPERIMENTAL + 5% CENIZA DE CARDON	22/02/2019	01/03/2019	7	293,4	25,2	8567,00	339,96
7	MORTERO EXPERIMENTAL + 5% CENIZA DE CARDON	21/02/2019	21/03/2019	28	293,8	25,3	10551,00	417,04
8	MORTERO EXPERIMENTAL + 5% CENIZA DE CARDON	21/02/2019	21/03/2019	28	294,0	25,2	10798,00	428,49
9	MORTERO EXPERIMENTAL + 5% CENIZA DE CARDON	21/02/2019	21/03/2019	28	294,1	25,1	11100,00	442,23

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma de diseño ASTM C 109 M.
NOTA : Los elementos fueron elaborados y ensayados en este laboratorio.

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

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
 - Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS DE MORTERO

SOLICITA : LUIS JOEL SALAS SILVA
PROYECTO : "RESISTENCIA EN MORTERO CON SUSTITUCION AL CEMENTO EN UN 5% Y 7% POR CENIZA DE CARDON"
LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES UNIV. SAN PEDRO
FECHA : MARZO DEL 2019

ESPEC. N°	TESTIGO Elemento	FECHA		EDAD	PESO	AREA	CARGA MAX.	F ^o C
		Moldeo	Rotura	Días	Gr.	cm ²	Kg	Kg/cm ²
1	MORTERO EXPERIMENTAL + 7% CENIZA DE CARDON	28/02/2019	01/03/2019	3	291,8	25,0	8103,00	324,12
2	MORTERO EXPERIMENTAL + 7% CENIZA DE CARDON	28/02/2019	01/03/2019	3	292,1	25,1	8215,00	327,29
3	MORTERO EXPERIMENTAL + 7% CENIZA DE CARDON	28/02/2019	01/03/2019	3	292,0	25,1	8300,00	330,68
4	MORTERO EXPERIMENTAL + 7% CENIZA DE CARDON	27/02/2019	06/03/2019	7	292,5	25,1	8222,00	327,57
5	MORTERO EXPERIMENTAL + 7% CENIZA DE CARDON	27/02/2019	06/03/2019	7	292,0	25,0	8344,00	333,76
6	MORTERO EXPERIMENTAL + 7% CENIZA DE CARDON	27/02/2019	06/03/2019	7	292,8	25,0	8474,00	338,96
7	MORTERO EXPERIMENTAL + 7% CENIZA DE CARDON	26/02/2019	26/03/2019	28	293,4	25,1	11371,00	453,03
8	MORTERO EXPERIMENTAL + 7% CENIZA DE CARDON	26/02/2019	26/03/2019	28	293,7	25,1	11231,00	447,45
9	MORTERO EXPERIMENTAL + 7% CENIZA DE CARDON	26/02/2019	26/03/2019	28	293,4	25,0	11011,00	440,44

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma de diseño ASTM C 109 M.
NOTA : Los elementos fueron elaborados y ensayados en este laboratorio.



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

ANEXO N°8:
ENSAYO DE FLUIDEZ



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE
MORTERO-PATRON
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA: BACH. SALAS SILVA LUIS JOEL

TESIS: RESISTENCIA EN MORTERO CON SUSTITUCION AL CEMENTO EN UN 5 Y 7% POR CENIZA DE CARDÓN

FECHA: 14/11/2019

RELACION: AGUA / CEMENTO 0.485

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.21	12.12	10.16	19.27
11.98			
12.18			
12.10			

OBSERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango $110 \pm 5\%$


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Soler Jara
VERE



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE
MORTERO-EXPERIMENTAL
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA BACH. SALAS SILVA LUIS JOEL

TESIS RESISTENCIA EN MORTERO CON SUSTITUCIÓN AL CEMENTO EN UN 5 Y 7% POR CENIZA DE CARBÓN

FECHA 14/11/2018

RELACION : AGUA / CEMENTO 0.50 (5% DE CARBÓN)

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.33	12.09	10.16	19.00
11.92			
12.00			
12.11			

OBSERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 \pm 5%


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE
MORTERO-EXPERIMENTAL
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA BACH. SALAS SILVA LUIS JOEL

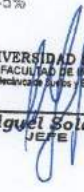
TESIS RESISTENCIA EN MORTERO CON SUSTITUCION AL CEMENTO EN UN 5 Y 7% POR CENIZA DE CARBON

FECHA 14/11/2019

RELACION : AGUA / CEMENTO: 0.51 (7% DE CARBON)

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
11.89	11.97	10.16	17.79
12.00			
12.02			
11.96			

OBSERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 \pm 5%


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos / Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

ANEXO N°9:
PRUEBA DE HIPÓTESIS ANOVA

Tabla : Resistencias a la compresión de cubos de mortero con una sustitución de cemento por ceniza de Cardón según días de curado

Días de curado	Resistencia de concreto con ceniza de Cardón		
	Patrón	5%	7%
3	323,07	315,69	327,36
7	358,18	346,41	333,43
28	426,05	429,25	446,97

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio, USP

En la tabla : se puede apreciar que las resistencias a la compresión de los cubos de mortero son mayores a los 28 días de curado y menores resistencias de presenta a los 7 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad con Shapiro – Wilk (con un $p > 0.05$ para cada tratamiento) y homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene ($p = 0.780$ y $p > 0.05$) de las resistencias medias obtenidas en los cubos de mortero en cada tratamiento (sustitución de un porcentaje de cemento por ceniza de Cardón) se procedió a realizar la prueba ANOVA.


 LIC. OSCAR ANTONIO ROBLES YILLANUEVA
 COESPPE 98
 COLEGIO DE ESTADÍSTICOS DEL PERÚ

Tabla : Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de los cubos de mortero.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Ceniza de Cardón	58,211	2	29,106	0,204	0,824
Días de curado	20888,277	2	10444,139	73,041	0,001
Error	571,961	4	142,990		
Total	21518.450	8			

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio, USP.

En la tabla se puede visualizar que para la sustitución de cemento por ceniza de Cardón (en un porcentaje de 5% y 7%) el $p\text{-value} > \alpha$ ($p=0.824$, $p>0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para aceptar la hipótesis nula (H_0 : resistencias medias iguales). Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm² logradas en los cubos de mortero, con sustitución de cemento por ceniza de Cardón en 0%, 5%, y 7%, son iguales. Es decir, no existe una diferencia significativa entre las resistencias medias de los cubos de mortero.

También se tienen que para los días de curado $p\text{-value} < \alpha$ ($p=0.001$, $p<0.05$) entonces podemos decir que las resistencias medias de los cubos de mortero son diferentes a consecuencia de los días de curado (existe un efecto significativo de los días de curado en las resistencias medias de los cubos de mortero).


 LIC. OSCAR ANTONIO JOFILES VILLANUEVA
 COESPE 98
 COLEGIO DE ESTADÍSTICOS DEL P.P.P.

ANEXO N°10:
PANEL FOTOGRAFICO



Foto N° 01: recolección de hojas de cardón en la zona de Chao - Viru - la libertad



Foto N° 02: muestreo del agregado fino en la cantera "Besique"



Foto N° 03: en la imagen se muestra el pre quemado del cardón en un recipiente de arcilla



Foto N° 04: trituración de la ceniza de cardón con un mortero de porcelana



Foto N° 05: tamizado de la ceniza de cardón para poder hacer el ensayo de ATD



Foto N° 06: Peso de la muestra de ceniza de cardón antes de ser calcinada en la mufla



Foto N° 07: colocación de la ceniza pre quemada de cardón para ser calcinada en la mufla a una temperatura de 750° por 90 minutos



Foto N° 08: visita a la Universidad Mayor de San Marcos para realización del ensayo de fluorescencia de rayos X en el Laboratorio de Arqueometría.



Foto N° 09: realización del ensayo de análisis granulométrico por tamizado y gradación del material



Foto N° 10: colocación de muestras de agregado fino en el horno para determinar su humedad natural



Foto N° 11: elaboración del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino



Foto N° 12: peso de la arena gradada y demás materiales utilizados para la elaboración del mortero



Foto N° 13: limpieza de moldes y elaboración del mortero



Foto N° 14: tomando medidas de los especímenes elaborados



Foto N° 15: realización del ensayo de fluidez con el equipo llamado mesa de flujo



Foto N° 16: vista panorámica del ensayo de compresión de los cubos de mortero