

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“Resistencia del mortero sustituyendo en un 10% y 15%
del peso del cemento por cenizas de rastrojo de maíz”**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Flores Céspedes, Christian Jair

Asesor

Ing. López Carranza, Rubén

Chimbote – Perú

2018

TITULO

RESISTENCIA DEL MORTERO SUSTITUYENDO EN UN 10% Y 15% DEL
PESO DEL CEMENTO POR CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ

TITLE

RESISTANCE OF THE MORTAR REPLACING IN 10% Y 15% OF THE
WEIGHT OF THE CEMENT WITH ASHES OF STUBBLE OF MAIZE

PALABRAS CLAVE:

Tema	Diseño de mortero
Especialidad	Tecnología del concreto

KEY WORDS:

Topic	Mortar design
Specialization	Concrete Technology

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

PROGRAMA	Ingeniería Civil
Línea de Investigación	Construcción y Gestión de la construcción
OCDE	Ingeniería y tecnología Ingeniería Civil Ingeniería de la Construcción
Campo de Investigación	Materiales de la Construcción Tecnología de la Construcción y Procesos Constructivos

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito determinar la resistencia a compresión de un mortero sustituyendo en un 10% y 15% en peso de cemento por las cenizas de rastrojo de maíz y de un mortero convencional.

Este estudio es de tipo aplicada, porque la investigación estuvo orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a procurar soluciones dentro de las estructuras con el fin de conocer el efecto de la sustitución del cemento en un 10% y 15%, por cenizas de rastrojo de maíz en la resistencia a la compresión del mortero. Además, explicativa porque los datos fueron obtenidos mediante la observación. Con un diseño experimental, para la determinación de los resultados y comparar con los grupos de estudio, mediante la manipulación de la variable independiente.

Al aplicarse el proceso en si, se pudo observar la pérdida de masa y calorimetría de los materiales mediante el análisis térmico diferencial (ATD), composición química a través del ensayo de fluorescencia de rayos X (FRX), su alcalinidad para determinar su pH y la debida sustitución al 10% y 15% por las cenizas de rastrojo de maíz para evaluar su posible uso como puzolanas.

Finalmente, según la prueba de alcalinidad de las cenizas del Rastrojo de Maíz, logrando obtener un $\text{pH} = 11.13$, lo que nos da una sustancia altamente alcalina.

ABSTRACT

The purpose of this research work was to determine the resistance to understanding of a mortar by substituting 10% and 15% by weight of cement for the corn stubble ashes and a conventional mortar.

This study is of the applied type, because the research was aimed at achieving a new knowledge aimed at seeking solutions within the structures in order to know the effect of the replacement of cement by 10% and 15%, by stubble ash from corn in the resistance to the understanding of the mortar. Also, explanatory because the data was obtained through observation. With an experimental design, to determine the results and compare with the study groups, by manipulating the independent variable.

When the process itself was applied, the loss of mass and calorimetry of the materials could be observed through differential thermal analysis (DTA), chemical composition through the X-ray fluorescence (FRX) test, its alkalinity to determine its pH and the proper substitution to 10% and 15% for corn stubble ashes to evaluate its possible use as pozzolans.

Finally, according to the alkalinity test of the ashes of the Rastrojo de Maíz, obtaining a pH = 11.13, which gives us a highly alkaline substance.

TÍTULO DE LA INVESTIGACION.....	i
PALABRAS CLAVES - LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
INDICE.....	x

INTRODUCCIÓN

Antecedentes y Fundamentación Científica.....	1
Justificación de la Investigación.....	3
Problema.....	6
Conceptuación y Operacionalización de las Variables.....	7
Hipótesis.....	30
Objetivos.....	30

METODOLOGÍA

Tipo y Diseño de Investigación.....	31
Población y Muestra.....	34
Técnicas e Instrumentos de Investigación.....	35
Procesamiento y Análisis de la Información.....	36
Metodología de Trabajo.....	36
Extracción de Agregados.....	36
Rastrojo de Maíz.....	37

RESULTADOS

ENSAYOS REALIZADOS

Análisis Térmico Diferencial.....	38
Composición Química.....	39
Análisis de Alcalinidad.....	40
Peso Específico del cemento sustituido con el 10%.....	40
Peso Específico del cemento sustituido con el 15%.....	41
Gradación Agregado	42
Relación A/C y Fluidéz.....	43
Ensayo a Compresión.....	44

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Análisis y Discusión.....	55
----------------------------------	-----------

CONCLUSIONES

Conclusiones	58
---------------------------	-----------

RECOMENDACIONES

Recomendaciones	60
------------------------------	-----------

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Referencias Bibliográficas.....	61
--	-----------

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos	63
------------------------------	-----------

ANEXOS

ANEXO N°1: Ensayos de Análisis Térmico Diferencial.....	64
ANEXO N°2: Ensayos de Composición Química.....	65
ANEXO N°3: Ensayo de Alcalinidad.....	66
ANEXO N°4: Ensayos de Fluidéz	67
ANEXO N°5: Ensayos de Pesos Específicos	68
ANEXO N°6: Ensayos de Resistencia a la Compresión	69
ANEXO N°7: Panel Fotográfico.....	70

APENDICE

TABLAS

Tabla N°1: Resistencia a los 7, 28 y 90 días	1
Tabla N°2: Composición Química del cemento	7
Tabla N°3: Valores de asentamientos recomendados para concretos diferentes grados de manejabilidad, según el tipo de obra y condiciones de colocación.....	10
Tabla N°4: Tiempos de ensayos para la compresión	15
Tabla N°5: Componentes Químicos del Clinker del cemento Portland, ASTM C150	17
Tabla N°6: Composición Química del cemento tipo I, ASTM C1157.....	18
Tabla N°7: Parámetros de óxido contenidos en los cementos.....	18
Tabla N°8: Tamices Estándar ASTM.....	21
Tabla N°9: Requisitos Granulométricas de Agregado Fino según NTP 400.037.....	21
Tabla N°10: Límites Permisibles para el agua de mezcla y curado, NTP 339.088.....	25

Tabla N°11: Componentes mayoritarios (xxx), secundarios (xx) y minoritarios o posibles (x) en la muestra de maíz.....	26
Tabla N°12: Composición Química del Rastrojo de maíz.....	26
Tabla N°13: Análisis de la composición química del rastrojo de maíz.....	39
Tabla N°14: PH de los materiales a utilizar.....	40
Tabla N°15: Peso Específico del nuevo cemento al 10%.....	40
Tabla N°16: Peso Específico del nuevo cemento al 15%.....	41
Tabla N°17: Gradación de la arena para tres morteros.....	42
Tabla N°18: Gradación de la arena para todos los morteros.....	42
Tabla N°19: Componentes, relación AGUA/CEMENTO y Fluidez.....	43
Tabla N°20: Resultados de Ensayo a Compresión de morteros patrón a los 3 días	44
Tabla N°21: Resultados de Ensayo a Compresión de morteros patrón a los 7 días	44
Tabla N°22: Resultados de Ensayo a Compresión de morteros patrón a los 28 días	45
Tabla N°23: Resultados de Ensayo a Compresión de morteros experimentales al 10% los 3 días	47
Tabla N°24: Resultados de Ensayo a Compresión de morteros experimentales al 10% los 7 días	47
Tabla N°25: Resultados de Ensayo a Compresión de morteros experimentales al 10% los 28 días	48
Tabla N°26: Resultados de Ensayo a Compresión de morteros experimentales al 15% los 3 días	49
Tabla N°27: Resultados de Ensayo a Compresión de morteros experimentales al 15% los 7 días	49

Tabla N°28: Resultados de Ensayo a Compresión de morteros experimentales al 15% los 28 días	50
Tabla N°29: Resistencia a la Compresión patrón vs experimentales 10% y 15%.....	51
Tabla N°30: Resistencia a la Compresión promedio.....	52
Tabla N°31: Resistencia a la Compresión de cubos de mortero con una sustitución de cemento por un porcentaje de ceniza de rastrojo de maíz según días de curado	53
Tabla N°32: Calculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de los cubos de mortero	54
Tabla N°33: Datos de resistencia patrón y experimental.....	56

GRÁFICOS

Gráfico N°1: Curva de Pérdida de Masa – Análisis Termogravimétrico –Rastrojo de Maíz.....	38
Gráfico N°2: Curva Calorimétrica DSC – Rastrojo de Maíz.....	39
Gráfico N°3: Escala Potencial de Hidrogeno.....	40
Gráfico N°4: Pesos Específicos.....	41
Gráfico N°5: Patrón Resistencia a la compresión vs Edad.....	46
Gráfico N°6: Patrón Resistencia a la compresión vs Edad.....	48
Gráfico N°7: Patrón Resistencia a la compresión vs Edad.....	51
Gráfico N°8: Patrón y Experimental Resistencia a la compresión vs Edad.....	52
Gráfico N°9: Resistencia a la compresión patrón vs experimentales 10% y 15%.....	53

INTRODUCCION:

De los antecedentes encontrados se ha abordado los trabajos más relevantes a esta investigación, como el de **Escalera A. (2008)**. En este trabajo de investigación se realiza una calcinación a temperaturas entre 400 a 1000 °C, entre estas temperaturas la que da mejor composición mineralógica es la de 700 °C, con composición de Caolinita y Sanidina, que en su mayoría tiene contenido de Cal y Silicio; luego se realizó ensayos de resistencias a los 28 días, 56 días y 90 días; los resultados demuestran que tiene una composición de puzolana teniendo una resistencia a compresión similar a las de los morteros de control que se tuvieron en la investigación.

Teniendo un comentario lo cual se baja esta investigación en la utilización de la calcinación del rastrojo de maíz el cual al ser calcinado a 700 °C alcanza su mejor composición mineralógica, que también a los 400 °C tiene una composición similar y los ensayos demuestran también que alcanza una composición similar a la del mortero base.

TABLA N° 1: RESISTENCIA A LA COMPRESION A 7, 28 Y 90 DIAS

Muestra	% de ceniza	Resistencia 7 días (Kg/cm ²)	% Respecto al patrón	Resistencia 28 días (Kg/cm ²)	% Respecto al patrón	Resistencia 90 días (Kg/cm ²)	% Respecto al patrón
Cemento 100 %	0	301	100	413	100	474	100
Cemento + Ceniza de hoja de maíz	10	264	87.7	425	102.9	487	102.7
	15	298	99.0	397	96.1	455	96
	20	254	84.4	398	96.3	463	97.7
	25	258	85.7	381	92.2	452	95.4
	30	249	82.7	367	88.9	414	87.3
Cemento + Ceniza de cascarilla de arroz	10	242	80.4	458	110.9	545	115
	15	274	91.0	463	112.1	519	109.5
	20	315	104.6	470	113.8	507	107.0
	25	219	72.8	413	100.0	428	90.3
	30	258	85.7	389	94.2	447	94.3
Cemento + Ceniza de bagazo de caña	10	205	68.1	223	54	298	62.6
	20	124	41.2	163	39.5	221	46.6
	30	66	21.9	84	20.3	69	14.6

FUENTE: Elaboración propia

Así mismo se revisó la investigación de **Fernández, S. (2009)**. En su investigación evalúa el uso de mezclas de concreto con contenido de cenizas de hojas de maíz como sustituto parcial del cemento Portland en 10, 15 y 20% de su proporción, diseñadas en base a una mezcla patrón con una resistencia de 250 Kg/cm². El método empleado se dividió en dos fases: la primera fue la obtención de la ceniza, lo cual implicó la extracción de hojas en una plantación de maíz, proceso de incineración, moliendas, análisis físico y granulométrico de la ceniza; la segunda fase comprendió: diseño, elaboración de mezclas, peso unitario, asentamiento en el cono de Abrams, curado de probetas, densidad y ensayos de resistencia a compresión de probetas normalizadas de 15 cm de diámetro a los 14 y 28 días según la Normal COVENIN 338:2002. Los resultados de la evaluación indican que si es posible el uso de cenizas de hojas de maíz con las características físicas mostradas en este trabajo, como sustituto parcial del cemento Portland en mezclas de concreto para uso estructural.

Lo cual concluyó que la extracción manual y directa de las hojas de maíz en un sembradío no es favorable para la obtención de grandes cantidades de material, debido a lo arduo que puede llegar ser el proceso. Es necesario desarrollar un método de mayor eficiencia ó establecer convenios con productores de maíz partiendo de la idea de dar utilidad a un residuo agrícola. En el proceso de secado de las hojas de forma natural, debe extenderse todo el volumen del material de manera que quede expuesta la mayor superficie posible a la incidencia del sol, logrando una aceleración en la culminación del proceso, el cual debe tener un tiempo de duración máximo de 15 días.

Por otro punto, en la investigación de **Galicia, M. & Velásquez, M. (2016)**. Señala en su investigación “**Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con ceniza de rastrojo de maíz elaborado con agregados de las canteras Cunyac y vicho con respecto a un concreto patrón de calidad F’c = 210 Kg/cm²**”, en su proyecto de investigación tuvo por objeto analizar la adición de ceniza de rastrojo de maíz al concreto, el cual determinó si este produce un incremento en la resistencia a la compresión y flexión.

Esta investigación se basó en muestras de concreto, los cuales fueron elaborados con cemento Portland IP de la marca YURA, agregado fino de las canteras de Cunyac

y Mina Roja, agregado grueso de la cantera de Vicho, el rastrojo de maíz fue extraído de los distritos de Saylla, Tipón y Oropesa, de la ciudad del Cusco; el diseño de mezclas para el concreto patrón y el concreto adicionado con ceniza de rastrojo de maíz se realizó mediante el método ACI 211.1. Dichas muestras estuvieron conformadas por especímenes circulares, los cuales fueron ensayados en proporciones de 2.5%, 5% y 7.5% de ceniza de rastrojo de maíz con respecto al peso del cemento, para 7, 14 y 28 días de edad y especímenes rectangulares en proporción de 5% con respecto al peso del cemento, para 28 días de edad. Fueron evaluados así los parámetros de resistencia tanto a la compresión como a la flexión, así mismo la consistencia, luego fueron comparadas dichas adiciones con un concreto patrón de calidad $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Partiendo de los resultados, se obtuvieron conclusiones entre las que destacan que:

- ⊗ La adición de 2.5%, 5% y 7.5% de ceniza de rastrojo de maíz a los 7 días para la resistencia a la compresión, se obtuvo un incremento del 50%, 55% y 110%, respectivamente con respecto al concreto patrón.
- ⊗ La adición de 2.5%, 5% y 7.5% de ceniza de rastrojo de maíz a los 14 días para la resistencia a la compresión, se obtuvo un incremento del 34%, 40% y 81%, respectivamente con respecto al concreto patrón.
- ⊗ La adición de 2.5%, 5% y 7.5% de ceniza de rastrojo de maíz a los 28 días para la resistencia a la compresión, se obtuvo un incremento del 30%, 35% y 47%, respectivamente con respecto al concreto patrón.
- ⊗ La adición del 5% de ceniza de rastrojo de maíz a los 28 días para la resistencia a la flexión, se obtuvo 19.20 kg/cm^2 y una resistencia a la flexión del concreto patrón de 20.99 kg/cm^2 .

El cemento es un componente fundamental en las economías de muchos países en pleno crecimiento, elemento necesario para la construcción de edificios y carreteras. Motivo por el cual, el 80% del cemento que se produce en la actualidad es utilizado en los países en desarrollo. Solamente China emplea el 40% de la producción mundial y en Ucrania dobla la fabricación de cemento cada pocos años.

Pero fabricar cemento supone emitir una gran cantidad de CO_2 a la atmósfera, las cementeras producen el cinco por ciento de las emisiones globales de dióxido de carbono, causa principal del calentamiento global. Además, tiene otros inconvenientes

y es que el cemento no puede reciclarse, por lo tanto, cada nuevo edificio o infraestructuras necesitan cemento nuevo.

A nivel mundial, el mortero es el material más utilizado en la construcción, y a menos que haya una revolución en los materiales de construcción, seguirá siéndolo; gran parte de la infraestructura de los países está elaborada con él, por lo que su conocimiento y tecnología son básicos para el ingeniero civil encargado de alguna etapa del proceso constructivo. Es un tema con implicaciones socioeconómicas. El Reino Unido, un país desarrollado, destina 40% de la inversión en construcción a la reparación y al mantenimiento, 4% de su Producto Interno Bruto.

Los problemas de resistencia han afectado diversos tipos de estructuras, las cuales una vez que se presenta ya no son funcionales ni eficientes y están destinadas a no cumplir con su vida de servicio estimada. Los problemas de resistencia no se limitan a su diseño inicial y construcción, tienen una fuerte intervención en la operación, ocasionan costos y pérdidas económicas para el propietario o inversionista, ya sea por reparación de las zonas afectadas, por la sustitución de elementos que se han deteriorado o por costos operativos imputables a remodelaciones o mantenimiento periódicos. Según Buffenbarger (1998), tan solo en EE.UU. los problemas de resistencia que afectaban las estructuras de transporte intermodal tuvieron un costo de \$20 billones de dólares en 1986.

En México, se tienen áreas con medios agresivos al concreto, por lo que debido a la escasez de espacio o situación específicas es necesario construir importantes estructuras de infraestructura en esas áreas, razón por lo que es indispensable conocer y dominar el tema.

A nivel nacional está la ciudad Chimbote provincia del Santa Distrito de Santa, aquí encontramos hectáreas de maíz, lo cual con la cosecha se encontrará el rastrojo.

En el distrito de Santa, se observa el desperdicio de esta planta es decir el rastrojo de maíz, lo cual este cumple su ciclo, generando grandes cúmulos de hojas secas, los cuales presentan componentes del cemento similares porcentajes, que no están siendo aprovechados en el diseño de concreto y mortero.

Además, las principales fabricas cementeras del Perú no contribuyen con la conservación del medio ambiente, los problemas surgen de sus hornos ya que son grandes dimensiones; requieren una enorme cantidad de energía para conseguir temperaturas superiores a 2000 °C, expulsando todo tipo de emisiones como partículas de polvo, gases como dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido y dióxido de carbono. Sin olvidar los cloruros, fluoruros, compuestos orgánicos tóxicos y metales pesados. Una verdadera bomba para el medio ambiente.

Es por eso que la producción de cemento es una fuente de emisión de dióxido de carbono (CO₂) a la atmosfera, un gas que potencia el efecto invernadero producido por el cambio climático.

A nivel local actualmente la problemática de nuestra localidad es el bajo rendimiento de las edificaciones, debido a que tratan de economizar en materiales, este es el punto de partida del presente trabajo de investigación, donde se busca innovar el concepto de autoconstrucción para las zonas más pobres, la sustitución de cenizas de rastrojo de maíz busca comprobar que añadiendo sustitutos naturales el rendimiento de las estructuras puede ser mayor o igual al de uno convencional.

De acuerdo a lo revisado en los antecedentes se justifica la presente investigación en los aspectos social y del conocimiento.

Mediante el presente proyecto de investigación, se busca mejorar de manera específica la resistencia obtenida con el mortero, el que beneficiará a las viviendas en el distrito de Santa, y por otro lado se busca la conservación del medio ambiente por el gran impacto que tiene la producción de Clinker por las elevadas emisiones de CO₂.

El rastrojo de maiz podrían tener uso importante en el campo de la construcción y a la vez reducir costos en obra, entre los cuales seleccionamos las cenizas de rastrojo como una sustitución en la mezcla de un mortero modificado.

Por tal motivo, y de acuerdo con las necesidades específicas requeridas, se hace indispensable el estudio de las características principales del mortero cuando

se sustituye las cenizas de rastrojo de maíz, y cómo podría influir éste a la mezcla, en cuanto a la trabajabilidad, resistencia, durabilidad y uso en la construcción.

En la actualidad se buscan alternativas de recursos naturales que tienen como -- característica o antecedente común la actividad puzolana, nos lleva a darle mayor interés y difusión a una tecnología que en países desarrollados ya la usan varias décadas atrás, debido a que las técnicas constructivas ofrecerán en el futuro estructuras con los elementos más ligeros y delgados, pero con una resistencia sumamente mayor y aun costo menor.

En el presente proyecto tratamos de contribuir con el medio ambiente y avances tecnológicos para la construcción por obtener un mejor mortero, se tendrá en cuenta el aspecto económico para que esté al alcance de la población del distrito de Santa. Diseñando un mortero con el uso de las cenizas de rastrojo de Maíz; y mejorando la resistencia de un mortero convencional, obtendremos un mortero resistente que podrá satisfacer a las necesidades constructivas del distrito de Santa.

Actualmente la problemática de nuestra localidad es el bajo rendimiento de las edificaciones, debido a que tratan de economizar en materiales, de aquí partimos nuestro trabajo de investigación, buscamos innovar el concepto de autoconstrucción para las zonas más pobres como es el Distrito de Santa, la adición del rastrojo de maíz busca comprobar que añadiendo aditivos el rendimiento de las estructuras puede ser mayor o igual al de uno convencional.

Actualmente, no existen suficientes estudios sobre la adición de la ceniza de rastrojo de maíz en concretos y morteros, por ello surge la idea de poder adicionar este elemento en mezclas de morteros, con la finalidad de obtener posibles mejoras en resistencia de mortero con esta mezcla nueva adicionado ceniza de rastrojo de maíz.

La ceniza es conocida por sus beneficios en términos de resistencia en mezclas de concreto y mortero; también la ceniza de rastrojo de maíz se considera como un material puzolánico; ya que posee un alto contenido de óxido de sílice y óxido de aluminio, los cuales junto con el hidróxido de calcio generan un material cementante.

Por lo anteriormente descrito, se plantea la necesidad de incorporar rastrojo de maíz en la mezcla de mortero con un porcentaje de 10% y 15%, de manera que se encuentre un punto óptimo de consistencia.

También busca mejorar de manera específica la resistencia del mortero obtenida a través de diseños, al investigar las problemáticas estructurales existentes en nuestra localidad.

Por lo expuesto se plantea el siguiente problema de manera interrogativa: ¿En qué medida la sustitución de un 10% y 15% del cemento por las cenizas del rastrojo del maíz mejoraría la resistencia del mortero?

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

TABLA N°2 COMPOSICION QUIMICA Y PORCENTAJE DEL CEMENTO

OXIDO	CONTENIDO (%)
CaO	60 - 67
SiO2	17 - 25
Al2O3	3 - 8
Fe2O3	0.5 - 6.0
MgO	0.1 - 4.0
Alcalis	0.2 - 1.3
SO3	1 - 3

FUENTE: Elaboración propia

TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

Sostiene toda la composición química del cemento portland y el contenido en porcentaje que tiene cada uno:

Contiene los diferentes tipos de cementos y su utilización, las propiedades del cemento:

Densidad. - La densidad del cemento Portland varía generalmente entre 2,90 y 3,20 g/cm³ dependiendo básicamente de la cantidad y densidad del material puzolánico que se adicione.

Finura. - La importancia de la finura en el cemento radica en que a mayor finura el cemento desarrolla mayor resistencia, pero desprende más calor.

Fraguado. - Fraguado se refiere al paso de la mezcla del estado fluido o plástico al estado sólido.

Falso fraguado. - Se da el nombre de falso fraguado a una rigidez prematura y anormal del cemento, que se presenta dentro de los primeros minutos después de haberlo mezclado con agua.

Calor de hidratación. - El calor de hidratación es el calor generado cuando reaccionan el cemento y el agua. La cantidad de calor generado depende principalmente de la composición química del cemento.

Los Agregados a utilizar para el Mortero o el Concreto, estos agregados llamados áridos son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Portland en presencia de agua forman un todo compacto (piedra artificial), conocido como mortero o concreto.

La manejabilidad es una propiedad del concreto fresco que se refiere a la facilidad con que este puede ser: mezclado, manejado, transportado, colocado, compactado y terminado sin que pierda su homogeneidad (exude o se segregue).

La economía en una mezcla de concreto se obtiene encontrando la combinación más apropiada entre los agregados disponibles, agua, cemento y cuando se requiera aditivos, utilizando la mínima cantidad de pasta (menos cemento) por unidad de volumen de concreto y que dé por resultado una mezcla que cumpla con los requisitos de manejabilidad, resistencia y durabilidad necesarias para una estructura determinada. Variando las proporciones de mezcla y escogiendo los materiales más apropiados, es posible obtener la más económica entre varias que cumplan igualmente con los requisitos de manejabilidad, resistencia y durabilidad necesarios para el tipo de obra en que se utilice.

Definición del Mortero

San Bartolomé, (2011). El mortero es un material compuesto por cemento, arena gruesa y agua, aunque, opcionalmente, puede contener cal hidratada. Las funciones de los componentes del mortero son las siguientes: El cemento brinda la resistencia a la

mezcla, la cal proporciona retentividad de agua y por consiguiente provee trabajabilidad, finalmente la arena brinda estabilidad volumétrica al mortero.

Características del Mortero y sus estados

Resistencia a la compresión

Es la medida para observar la capacidad que tiene el mortero de soportar esfuerzos. Como la resistencia a la compresión está influenciada por la hidratación del cemento y esta a su vez determina las propiedades físicas del mortero endurecido, es posible que mediante los resultados de resistencia inferir otras propiedades.

Adherencia

La adherencia (adhesión si atendemos a su fundamento físico) se considera tanto en el mortero fresco como en el endurecido, aunque por distintas causas. La adherencia, antes de que el mortero endurezca, se incrementa cuanto mayor es la proporción del conglomerante o la cantidad de finos arcillosos. Sin embargo, el exceso de estos componentes puede perjudicar otras propiedades.

Retención de agua

Por lo general, el mortero se coloca entre unidades de mampostería que le absorben agua, tan pronto como el mortero tiene contacto con sus superficies, por lo tanto, se vuelve indispensable que el mortero conserve suficiente cantidad de agua que le permita la hidratación de sus cementantes y alcanzar así su resistencia especificada a pesar de la absorción natural que las unidades de mampostería ejercen sobre él.

Manejabilidad

La manejabilidad es una propiedad del concreto fresco que se refiere a la facilidad con que este puede ser: mezclado, manejado, transportado, colocado, compactado y terminado sin que pierda su homogeneidad (exude o se segregue).

El grado de manejabilidad apropiado para cada estructura, depende del tamaño y forma del elemento que se vaya a construir, de la disposición y tamaño del refuerzo y de los métodos de colocación y compactación. Así por ejemplo, un elemento delgado o muy reforzado necesita una mezcla más fluida que un elemento masivo o poco reforzado.

Un método indirecto para determinar la manejabilidad de una mezcla, consiste en medir su consistencia o fluidez por medio del ensayo de "asentamiento con el cono o slump" (NTC 396).

Es una prueba que se usa comúnmente en las construcciones de todo el mundo; la prueba no mide la trabajabilidad del concreto, sino que determina la consistencia o fluidez de la mezcla; es muy útil para detectar variaciones en la uniformidad de una mezcla de proporciones determinadas.

TABLA N° 3: VALORES DE ASENTAMIENTOS RECOMENDADOS PARA CONCRETOS DIFERENTES GRADOS DE MANEJABILIDAD, SEGÚN EL TIPO DE OBRA Y CONDICIONES DE COLOCACION

Consistencia	Asentamiento (mm)	Ejemplo de tipo de construcción	Sistema de colocación	Sistema de compactación
Muy seca	0 – 20	Prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantallas de cimentación.	Con vibradores de formaleta; concretos de proyección neumática (lanzados)	Secciones sujetas a vibración extrema, puede requerirse presión.
Seca	20 – 35	Pavimentos.	Pavimentadoras con terminadora vibratoria	Secciones sujetas a vibración intensa.
Semi-seca	35 - 50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple.	Colocación con máquinas operadas manualmente.	Secciones simplemente reforzadas con vibración.
Media (plástica)	50 - 10	Losas poco forzadas Pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones.	Colocación manual.	Secciones simplemente reforzadas con vibración.
Húmeda	100 - 150	Elementos estructurales esbeltos o muy reforzados.	Bombeo.	Secciones bastante reforzadas con vibración.
Muy Húmeda	150 - 200	Elementos esbeltos, pilotes fundidos "in situ".	Tubo embudo tremie.	Secciones altamente reforzadas sin vibración.
Super Fluida	Más de 200	Elementos muy esbeltos.	Autonivelante, autocompactante.	Secciones altamente reforzadas sin vibración y normalmente no adecuados para vibrarse.

Durabilidad

Es la habilidad para resistir las condiciones de exposición a las cuales es sometido el mortero. Los ciclos de congelamiento y deshielo son considerados el principal efecto de deterioro en los países de estaciones, mientras que las sustancias agresivas tales como sulfato y ácidos son los factores que afectan la durabilidad.

La durabilidad es una característica de combinación particular de materiales que incluye, además de los constituyentes del mortero, la calidad de las unidades de mampostería empleada.

Fluidez

En las construcciones de mampostería reforzada interiormente se requiere que el mortero o lechada que se coloca en el interior de las celdas de los muros o unidades de mampostería sea capaz de penetrar perfectamente en las cavidades donde se aloja el acero de refuerzo sin que se manifieste una segregación del mortero. El contenido de agua en la mezcla, así como la capacidad del mortero de retenerla son factores que influyen directamente en el comportamiento posterior de la estructura, ya que las superficies de las unidades de mampostería tienden a absorber una cantidad importante del agua de la mezcla, desvirtuando el grado de adherencia del mortero.

Consistencia

Está definida por el agregado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada.

Resistencia

La resistencia a la compresión de mortero de cemento Portland, se determina llevando a la rotura especímenes de 50mm de lado, preparados con mortero consistente de una parte de cemento y 2,75 partes de arena dosificado en masa.

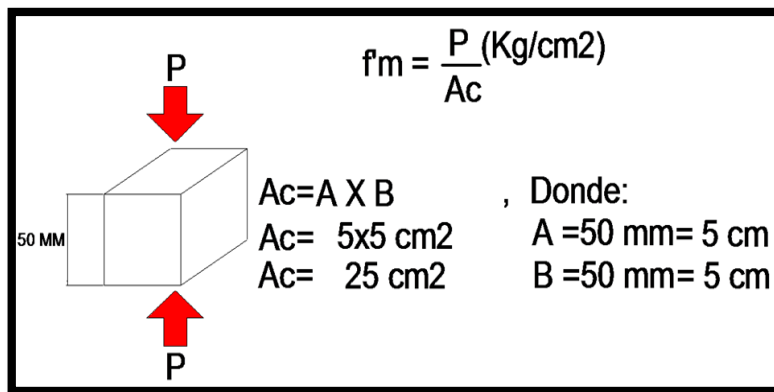
La cantidad de agua de amasado para otros cementos, debe ser la que produzca una fluidez de 110+- 5% luego de 25 golpes en 15 segundos en la mesa de flujo.

Los especímenes cúbicos de 50mm de lado, son compactados en dos capas por apisonado del compactador. Los cubos se curan un día en su molde e inmersos en agua de cal hasta su ensayo.

a. Equipo en obra

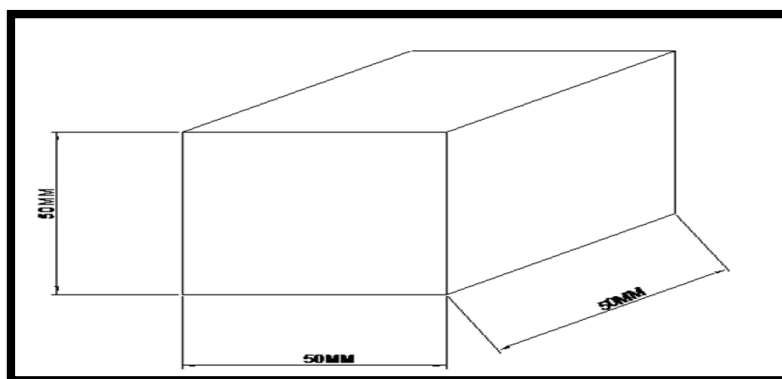
- Moldes cúbicos de bronce, cuyo lado es de 5cm (5cm x 5cm x 5cm).
- Barra compactadora de madera lisa, de 15cm de largo, 1.25cm de ancho y 2.5cm de base. La barra será terminada en forma plana.
- Cuchara para el vaciado y plancha de albañilería.
- Cinta transparente para el forrado del molde cubico.

FIGURA N °1. FORMULA PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A COMPRESION



FUENTE: Propia

FIGURA N °2. DIMENSION DE LAS MUESTRAS DE MORTERO



FUENTE: Propia

b. Procedimiento para Elaborar la Muestra

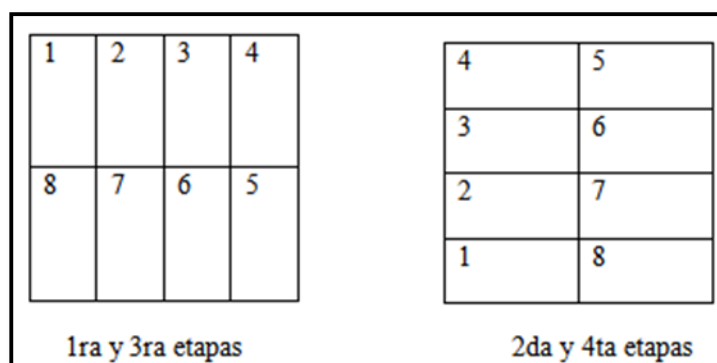
1. Se vierte el cemento con el agua durante 30s en la mezcladora con una velocidad baja, se vierte la arena durante 30s con la misma velocidad y durante 30s se arrastra con una espátula de los bordes hacia el fondo de la mezcladora y luego el mortero se hace girar la mezcladora durante 60s a la velocidad media, (285+-10 revoluciones/min) para luego dejarla reposar por 60s mas. El mortero adherido en la paleta de mezclado se remueve al final del batido y se deposita en el recipiente.

2. El llenado de los compartimientos debe iniciarse antes de 150s, contados desde la terminación de la mezcla inicial del mortero. Para el ensayo de compresión debe hacerse un mínimo de 3 cubos.

3. El llenado de los compartimientos debe iniciarse antes de 150s, contados desde la terminación de la mezcla inicial del mortero. Para el ensayo de compresión debe hacerse un mínimo de 3 cubos.

En cada compartimiento se coloca una capa de mortero de 25mm y se apisonan con 32 golpes de compactador en unos 10s. Estos golpes se aplican sobre la superficie de la muestra, en 4 capas de 8 golpes adyacentes cada una, como se ilustra en la fig. 1. Los golpes de cada etapa deben darse siguiendo una dirección perpendicular a los de la anterior. La presión del compactador debe ser tal que se asegure el llenado uniforme de los compartimientos.

FIGURA N °3. SECUENCIA PARA EL APISONAMIENTO DEL MORTERO



FUENTE: Propia

4° Se deben completar las cuatro etapas de compactación en cada compartimiento, antes de seguir con el siguiente. Una vez terminada la operación anterior en todos los compartimientos, se llena con una segunda capa y se apisonan como se hizo con la primera.

Durante la compactación de la segunda capa, al completar cada etapa y antes de iniciar la siguiente, se introduce en los compartimientos el mortero que se ha depositado en los bordes del molde, con ayuda de los dedos.

5° Al finalizar la compactación, las caras superiores de los cubos deben quedar un poco más altas que los bordes superiores del molde. El mortero que se ha depositado en los bordes del molde debe verterse a los compartimientos con ayuda del badilejo.

6° La superficie de los cubos debe ser alisada con el lado plano del badilejo una vez en el sentido perpendicular a la longitud del mismo y otra en su sentido longitudinal. El mortero que sobresale de la cara superior del molde se quita con el badilejo sostenido casi perpendicularmente, con un movimiento de corte a lo largo de la longitud del molde.

c. Almacenamiento de los cubos

Terminada la operación de llenado, el conjunto formado por los cubos, el molde y la placa, debe colocarse en la cámara húmeda de 20h a 24h con las caras superiores expuestas al aire pero protegidas contra la eventual caída de gotas de agua.

Si los cubos se retiran de los moldes antes de 24h, deben dejarse en la cámara húmeda hasta que se complete este tiempo. Los cubos que no van a ser ensayados a las 24h deben sumergirse en agua dentro de tanques de almacenamiento construidos de material no corrosivo. El agua de almacenamiento debe cambiarse frecuentemente para que siempre este limpia.

d. Determinación de la resistencia a la compresión

Ensayar los especímenes inmediatamente después de retirarlos de la cámara húmeda, en el caso de ensayarlos a 24h de edad, y del agua de almacenamiento, en los otros casos.

Todos los cubos deben ser probados dentro de las tolerancias especificadas en la tabla

TABLA N° 4: TIEMPO DE ENSAYOS PARA LA COMPRESION

EDAD DEL CUBO	TOLERANCIA PERMISIBLE
24 horas	(+ -) ½ hora
3 días	(+-) 1 hora
7 días	(+-) 3 horas
28 días	(+-) 12 horas

FUENTE: RNE

Si se toma más de un espécimen al mismo tiempo de la cámara húmeda para el ensayo a 24h, estos se mantendrán cubiertos con un paño húmedo, hasta el momento del ensayo. Si se toma más de un espécimen al mismo tiempo del agua de almacenamiento, estos deberán conservarse en agua a 23 °C +- 1.7°C y a una profundidad suficiente para que cada muestra este sumergida hasta el momento el ensayo.

e. Expresión de resultados

Se debe anotar la carga máxima indicada por la máquina de ensayo en el momento de la rotura, y se debe calcular la resistencia a la compresión.

$$f_m = P/A$$

DONDE:

f_m : es la resistencia a la compresión de MPa;

P: es la carga máxima total en N;

A: es el área de la superficie de la carga en mm²

f. Factores que afectan la Resistencia

La relación agua- cemento (a/c).- Es el factor principal que influye en la resistencia del mortero. La relación a/c, afecta la resistencia a la compresión de los concretos con o sin aire incluido. La resistencia en ambos casos disminuye con el aumento de a/c.

El contenido de cemento. La resistencia disminuye conforme se reduce el contenido de cemento.

El tipo de cemento. La rapidez de desarrollo de resistencia varía para los concretos hechos con diferentes tipos de cemento.

Las condiciones de curado. Dado que las reacciones de hidratación del cemento sólo ocurren en presencia de una cantidad adecuada de agua, se debe mantener la humedad en el concreto durante el periodo de curado, para que pueda incrementarse su resistencia con el tiempo.

CONCRETO

Definición

Pasquel, C. (1998). Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas de calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes.

Cemento Portland

Es un cemento hidráulico producido por la pulverización de Clinker, el cual está compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos, conteniendo además, una o más formas de sulfato de calcio, como un añadido en la etapa de molienda.

Todo cemento Portland que se utilice para su elaboración de concretos, debe cumplir con la norma ASTM C-150 "Estándar Specification for Portland Cement", que las clasifica de la siguiente manera:

Componentes del Cemento Portland

- Silicato tricálcico (C3S)
- Silicato bicálcico (C2S)
- Aluminato Tricálcico (C3A)

- Ferro-Aluminato Tetracálcico (C4AF)

Yura, C. (2014). Normalmente el Clinker contiene entre 70 y 75% de los primeros, entre 7 y 15% del Aluminato tricálcico y el resto lo conforma el ferro-aluminato tricálcico y los 12 compuestos secundarios como el Mg O y el SO₃. La proporción en que estos compuestos se presentan en el Clinker, depende de la cantidad en que estén presentes en la materia prima, los elementos minerales que los conforman, es decir: CALCIO, SILICIO, ALUMINIO y FIERRO.

Características Químicas:

American Society for Testing and Materials, (ASTM). C150, 2007. Define que la composición química del cemento, en base a un buen CLINKERS bien quemado, produce la siguiente composición:

TABLA N° 5: COMPONENTES QUIMICOS DEL CLINKER DEL CEMENTO PORTLAND, ASTM C150

Designación	Formula	Porcentaje
Silicato Tricálcico	3CaO.SiO ₂	30% a 50%
Silicato Dicálcico	2CaO.SiO ₂	15% a 30%
Aluminato Tricálcico	4CaO.Al ₂ O ₃	4% a 12%
Ferro Aluminato Tetracálcico	4CaO.Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	8% a 13%
Cal Libre	CaO	
Magnesia Libre (Periclusa)	MgO	

FUENTE: American Society for Testing and Materials. ASTM.

Composición Física y Química del Cemento:

Las propiedades químicas y físicas de los cementos se regirán de acuerdo a lo siguiente:

Cementos Portland Norma ASTM C 150. Deben cumplir con los requisitos especificados en la sección 6, Chemical Composition y la sección 7, Physical Properties ASTM C 150, según el Volumen 04 – 01 de la Sección 4 del Manual de Estándares de ASTM, en su revisión más reciente.

TABLA N° 6: COMPOSICION QUIMICA DEL CEMENTO TIPO I, ASTM C1157

Componentes	Cemento Tipo I
Oxido de Sílice: SiO ₂	20.50%
Óxido de Hierro: Fe ₂ O ₃	5.14%
Oxido de Aluminio: Al ₂ O ₃	4.07%
Oxido de Calcio: CaO	62.41%
Oxido de Magnesio: MgO	2.10%
Óxido de Azufre: SO ₃	1.83%
Perdida por Calcinación: P.C	1.93%
Residuo Insoluble: R. I	0.68%
Cal Libre: Na ₂ O	1.10%

FUENTE: American Society for Testing and Materials. ASTM.

TABLA N° 7: PARAMETROS DE OXIDO CONTENIDOS EN LOS CEMENTOS

Componentes	Porcentaje (%)
CaO	61 - 67
SiO ₂	20 - 27
Al ₂ O ₃	4 - 7
Fe ₂ O ₃	0.5 - 4
MgO	0.1 - 5
SO ₃	1 - 3
K ₂ O y Na ₂ O	0.25 – 1.5

FUENTE: American Society for Testing and Materials. ASTM.

TIPOS DE CEMENTO:

Norma Técnica Peruana (NTP) 334.009 (2002). Clasifica a los tipos de cementos portland de acuerdo a sus propiedades específicas.

- **Tipo I:** Para uso general que no requiere propiedades especiales de cualquier otro tipo;
- **Tipo II:** Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación;
- **Tipo III:** Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales;
- **Tipo IV:** Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación;
- **Tipo V:** Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

Agregado Fino

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

Granulometría

Pasquel, C. (1998). La medición del volumen de los tamaños de diferentes tamaños de partículas sería muy difícil su realización, es por ello que se realiza la medición de estas de forma indirecta, el cual es tamizándolas por medio de una serie de mallas de aberturas conocidas y pesando los materiales retenidos refiriéndolos en porcentaje con respecto al peso total.

A esto es lo que se denomina análisis granulométrico o granulometría, que es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños.

Los valores hallados se representan gráficamente en un sistema coordinado semi-logarítmico que permite apreciar la distribución acumulada. Cuando se representa la distribución granulométrica de la mezcla de agregados de pesos específicos que no

difieren mucho, la granulometría es prácticamente igual sea la mezcla en peso o en volumen absoluto, pero cuando se trata de agregados de pesos específicos muy diferentes, hay que hacer las convenciones a volumen absoluto para que se represente realmente la distribución volumétrica que es la que interesa para la elaboración del concreto.

La serie de tamices estándar ASTM para concreto tiene la particularidad de que empieza por el tamiz de abertura cuadrada 3" y el siguiente tiene abertura igual a la mitad de la interior. A partir de la malla 3/8" se mantiene la misma secuencia, pero el nombre de las mallas se establece en función del número de aberturas por pulgada cuadrada.

El significado práctico del análisis granulométrico de los agregados estriba en que la granulometría influye directamente en muchas propiedades del concreto tanto fresco como endurecido, por lo que interviene como elemento indispensable en todos los métodos de diseño de mezclas.

FIGURA N°4. Tamices ASTM



FUENTE: Propia

Castillo, A. (2009). Además, la norma prescribe que la diferencia entre el contenido que pasa una malla y el retenido en la siguiente, no debe ser mayor del 45% del total de la muestra. De esta manera, se tiende a una granulometría más regular.

TABLA N° 8: TAMICES ESTÁNDAR ASTM

DENOMINACION DEL TAMIZ	ABERTURA EN PULGADAS	ABERTURA EN MILIMETROS
3"	3.0000	75.0000
1 1/2"	1.5000	37.5000
3/4"	0.7500	19.0000
3/8"	0.3750	9.5000
Nro. 4	0.1870	4.7500
Nro. 8	0.0937	2.3600
Nro. 16	0.0469	1.1800
Nro. 30	0.0234	0.5900
Nro. 50	0.0117	0.2950
Nro. 100	0.0059	0.1475
Nro. 200	0.0023	0.0737

FUENTE: Riva López Enrique, diseño de mezcla (INDECOPI, NTP 400.037, 2002)

Granulometría del Agregado Fino

Agregado fino se le denomina aquel agregado que pasa la malla 3/8 y el N° 4 y es retenido casi completamente en la malla N°200 y que cumple con los requisitos establecidos en la norma. En general es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites:

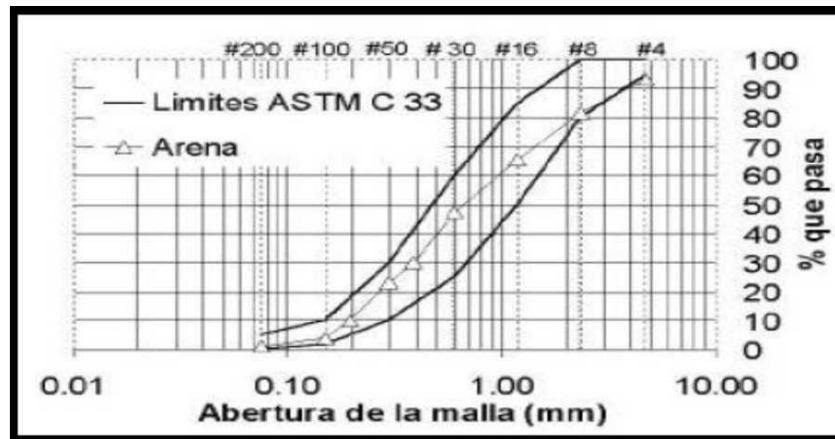
TABLA N° 9: REQUISITOS GRANULOMETRICAS DE AGREGADO FINO SEGÚN NTP 400.037

MALLA	% QUE PASA
3/8	100
N° 4	95 - 100
N° 8	80 - 100
N° 16	50 - 85
N° 30	25 - 60
N° 50	05 - 30
N° 100	0 - 10

FUENTE: Riva López Enrique, diseño de mezcla

El control de la granulometría se aprecia mejor mediante un gráfico, en la que las ordenadas representan el porcentaje acumulado que pasa la malla, y las abscisas, las aberturas correspondientes.

FIGURA N°5. Tamices ASTM



FUENTE: Norma ASTM C33 O NTP 400.037

Módulo de Fineza del Agregado Fino

Castillo, A. (2009). Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario. El módulo de fineza, no distingue las granulometrías, pero en caso de agregados que estén dentro de los porcentajes especificados en las normas granulométricas, sirve para controlar la uniformidad de los mismos. El módulo de fineza de un agregado se calcula sumando los porcentajes acumulativos retenidos en la serie de las mallas estándar: 3", 1 3/8", N°4, N°16, N°30, N°50, N°100 y dividiendo entre 100.

Según la norma ASTM la arena debe tener un módulo de fineza no menor de 2.3 ni mayor que 3.1.

Se estima que las arenas comprendidas entre los módulos de 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

Peso Unitario

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

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

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.

Absorción

Es la capacidad del agregado fino de absorber el 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.

Agua

El agua es imprescindible en las etapas de la elaboración del mortero: mezclado, fraguado y curado. El agua de mezclado ocupa normalmente entre 15% y 20% del volumen de mortero fresco y, conjuntamente con el cemento, forman un producto coherente, pastoso y manejable, que lubrica y adhiere el agregado. Simultáneamente esta agua reacciona químicamente con el cemento, hidratándolo y produciendo el

fraguado en su acepción más amplia, desde el estado plástico inicial, pasando por lo que llamamos endurecimiento, hasta el desarrollo de resistencias a largo plazo. Por otra parte, el agua de curado es necesaria para reponer la humedad que se pierde por evaporación luego que el mortero ha sido colocado compactado y alisado en su superficie.

Agua de mezclado

El agua de mezcla en el mortero tiene como funciones las siguientes:

- ✓ Reaccionar con el cemento para hidratarlo
- ✓ Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad de la mezcla.
- ✓ Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto la cantidad de agua que interviene en la mezcla es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento. El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de estas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.

Para la utilización del agua de mezcla nos basamos en obra la utilización del agua potable, apta para consumo humano, que siendo en Peru muy pocas de estas cumplen con las limitaciones nominales indicadas, sobre todo en lo que se refiere al contenido de sulfatos y carbonatos.

Hay que destacar que incluso aguas no aptas para el consumo humano sirven para la elaboración de mortero y concreto, siendo el tipo de cemento y las impurezas de los demás ingredientes.

Agua de curado

Norma Técnica Peruana (NTP) 339.088 (2006). El agua que va de ser empleada en la preparación del mortero deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse. El agua empleada en la mezcla debe ser limpia, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas. Su función principal es hidratar el cemento, pero también se le usa para mejorar la trabajabilidad de la mezcla.

TABLA N° 10: LIMITES PERMISIBLES PARA EL AGUA DE MEZCLA Y CURADO, NTP 339.088

Descripción	Limite Permisible
Cloruros	1000 ppm
Sulfatos	600 ppm
Sales de Magnesio	150 ppm
Sales Solubles Totales	1500 ppm
Ph	5 a 8 ppm
Sólidos en Suspensión	5000 ppm
Materia Orgánica	3 ppm

FUENTE: Normal Técnica Peruana. NTP.

RASTROJO DE MAIZ

Definición

Cruz, A. (2008). El estudio se trabajó con Plantas de Maíz cultivadas en el Departamento de Ancash Distrito de Santa; esta planta tiene un crecimiento rápido; el tallo es simple, rígido y sólido. Presenta hojas de aproximadamente 1m de longitud y hasta 10 cm de ancho, ásperas al tacto.

Planta anual que pertenece a la familia de las Paseas, de crecimiento rápido, que rebasa a los 2m de altura sino le falta agua. **(Figura N° 7 – N°8)**



FIGURA N° 6. Rastrojo de Maíz

FUENTE: Propia

Características Mineralógicas y Químicas del Rastrojo de Maíz

Composición Mineralógica

La composición mineralógica se muestra en la tabla N° 11.

TABLA N° 11: COMPONENTES MAYORITARIOS (XXX), SECUNDARIOS (XX) Y MINORITARIOS O POSIBLES (X) EN LA MUESTRA DE MAIZ

MINERAL	FORMULA	COMPONENTES MINERALES				
		MX-R1-HG-1	MX-R1-HG-2	MX-R1-HG-3	MX-R1-HG-4	MX-R1-HG-5
Calcita	CaCO ₃	x	xx			xx
Hidrogeno Pirofosfático Potásico	K ₂ H ₂ P ₂ O ₇	x	xx			x
Silvina	KCl	x	xx	x		xxx
Cuarzo	SiO ₂	xx	xxx	xx		
Anortita	CaAl ₂ Si ₂ O ₈	xx				
Sanidina	(Na,K)AlSi ₃ O ₈	xxx	xxx	xx		xxx
Albita	NaAlSi ₃ O ₈		x			
Cristobalita	SiO ₂	xx				
Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄		xx			x
	Na ₄ Ca(SO ₄) ₃	xxx				
	K ₂ Ca(PO ₃) ₃	xxx				x
Mica Moscovita	KMgAlSi ₄ O ₁₀ (OH) ₂		x			

FUENTE: (Cruz, 2008)

Composición Química

La ceniza de rastrojo de maíz posee la siguiente composición química:

TABLA N° 12: COMPOSICION QUIMICA DEL RASTROJO DE MAIZ

COMPONENTE	SIMBOLOGIA	PORCENTAJE EXISTENTE
SILICIO	(SiO ₂)	70.20%
ALUMINIO	(Al ₂ O ₃)	0.88%
CALCIO	(CaO)	5.10%

FUENTE: Laboratorio de Química de la Universidad San Antonio Abad de Cuaco (Anexo 01)

Del análisis químico realizado por ingenieros de una universidad en Caracas, Venezuela, con material procedente del estado de Miranda (Venezuela), el elemento más importante es el porcentaje de sílice en la ceniza, pues es éste el que le otorga la capacidad puzolánica a la ceniza. Se presenta 47,62% de sílice, un nivel por debajo de lo esperado según las referencias encontradas, sin embargo, no deja de ser un valor considerable. Se aprecian porcentajes relativamente altos de humedad (4,53%) y pérdida al fuego (17,67%). Estos valores podrían reducirse si se perfeccionan los procesos de producción del material, con lo cual se incrementaría apreciablemente el porcentaje de sílice.

Como elemento negativo se aprecia un porcentaje relativamente alto de álcalis, lo cual puede convertirse en un problema cuando se utilicen agregados que tengan capacidad de reacción con ellos. Si bien el Na₂O se mantiene en valores bajos, el K₂O se presenta en un 9,51%, un nivel considerable, sobre todo si se compara con el del cemento.

VARIABLES DE ESTUDIO

VARIABLE DEPENDIENTE

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia a la Compresión del Mortero	La resistencia a la compresión se define como la capacidad de soporte de un área de contacto al recibir cargas de compresión, normalmente se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (Kg/cm ²). Bartolomé, E. (2011)	La resistencia a la compresión será evaluada mediante el ensayo de rotura a los especímenes patrón de 50 mm de lado según la norma NTP 334.051	Promedios Varianza Desviación Estándar

DIMENSIONES

Pasquel, E. (1998). La resistencia a la compresión es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi).

Edad del concreto

Pasquel, E. (1998). Se ha demostrado que la resistencia a la compresión aumenta con el envejecimiento, hasta por 50 años, si existe humedad.

Se muestra el desarrollo de las resistencias a la compresión, tracción y flexión, en condiciones de curado en húmedo, para hormigón hecho con diferencias tipos de agregado y con una relación A/C, en peso. Los valores a los 28 días se toman como el 100% y los valores de todos los demás envejecimientos se basan en los de 28 días.

Carga axial

Pasquel, E. (1998). Fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal de un miembro estructural aplicada al centroide de la sección transversal del mismo produciendo un esfuerzo uniforme. También llamada fuerza axial.

VARIABLE INDEPENDIENTE:

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Diseño de mezcla de un mortero	Es un proceso en la cual consiste en determinar la cantidad de materiales (cemento, agua, agregados y/o aditivos) que deben emplearse para constituir un volumen unitario de mortero fresco tal que la calidad se cumpla con los requisitos especificados. Sotta, L. (2010).	Se desarrollaran todas las pautas ya establecidas por la Norma Técnica de Edificaciones en cuanto a los requerimientos para una buena dosificación de mortero el cual presenta una determinada proporción de los materiales a usar en la elaboración como: cemento, agua y agregado fino.	Proporciones %

DIMENSIONES

Dosificaciones

Rivera, E. (2000). Dosificar una mezcla es determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiere las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que habrá de utilizarse.

Relación agua/cemento (A/C)

Rivera, E. (2000). La relación A/C de la mezcla influirá mucho sobre la resistencia del hormigón endurecido con un envejecimiento dado. Una mezcla dada puede tener una resistencia relativamente buena o mala, dependiendo de la cantidad de agua que se quiere decir que a mayor cantidad de agua, menos resistencia.

Dosificar una mezcla es determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiere las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que habrá de utilizarse.

Agregados

Las características de los agregados que influyen sobre la resistencia son el tipo, la forma, textura, tamaño máximo, solidez gradación y limpieza de la partícula.

En la presente tesis se formuló la siguiente hipótesis: **“La sustitución del 10% y 15% de cemento por ceniza de rastrojo de maíz incrementaría la resistencia a la compresión de un mortero”**

Objetivo General:

El objetivo general del presente estudio es: **Determinar la resistencia a compresión de un mortero sustituyendo en un 10% y 15% en peso de cemento por las cenizas de rastrojo de maíz y de un mortero convencional**

Objetivos Generales:

- Determinar la temperatura y tiempo óptimo de calcinación de los materiales mediante el ensayo de Análisis Térmico Diferencial (ATD).
- Activar térmicamente los precursores puzolánicos y determinar la composición química mediante la Fluorescencia de Rayos X del rastrojo de maíz.
- Determinar el grado de alcalinidad del cemento, la ceniza de rastrojo de maíz activado y la mezcla usando los porcentajes de la sustitución cemento del 10% y 15%.
- Determinar la relación agua – cemento (Fluidez) entre la resistencia a la compresión y las dosificaciones del diseño de mezcla de mortero experimental en comparación a los morteros patrón.
- Determinar el Peso Específico del cemento sustituido por cenizas de rastrojo de maíz en 10% y 15%.
- Determinar la resistencia a compresión de los morteros patrón, experimental y comparar resultados y validez estadístico.

METODOLOGÍA

TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION:

➤ TIPO DE INVESTIGACIÓN:

Aplicada, porque la investigación está orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a procurar soluciones en las estructuras a fin de conocer el efecto de la sustitución del cemento en un 10% y 15% por cenizas de rastrojo de maíz en la resistencia a la compresión de un mortero.

Explicativa porque los datos de la investigación fueron obtenidos por observación de fenómenos condicionados como los movimientos sísmicos o algún fenómeno natural que pueda frecuentarse como lluvias, esto fue tomado en cuenta por el investigador. Se utiliza la experimentación.

➤ DISEÑO DE INVESTIGACION: Experimental




























A ésta investigación según su alcance y naturaleza corresponde a un diseño **EXPERIMENTAL** de **TIPO DISEÑO EN BLOQUE COMPLETO AL AZAR** porque mediante la aplicación del método de la experimentación y de la observación científica se determinó el resultado de la resistencia del mortero en donde se va a comparó dos grupos de estudio realizando el control y manipulación de la variable independiente en la resistencia del mortero sustituyendo el cemento en un 10% y 15% por ceniza de rastrojo de maíz, buscando resultados a través de las Resistencias de las probetas hechas de mortero, comparando las probetas experimentales con las probetas patrón de acuerdo al Ensayo de Resistencia a la Comprensión que medió la resistencia de cada mortero.

En la cual se procedió hacer probetas para ver la resistencia del mortero, sustituyendo el cemento al 10% y el 15% por ceniza de rastrojo de maíz. Ambos ensayos se ejecutaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Trujillo, observando y debatiendo los resultados con técnicos profesionales en el ámbito de diseño del mortero.

Por lo tanto, se formó dos grupos de estudios, un grupo experimental y otro grupo de control. Ambos grupos se formaron de acuerdo a lo establecido en la Norma

Técnica Peruana (NTP) la cual indica que como mínimo se deben hacer dos repeticiones por ensayo.

➤ DISEÑO DE BLOQUE COMPLETO AL AZAR

DIAS DE CURADO	“RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO F’C=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE UN 8% POR EL POLVO DE LA CONCHA DE ABANICO Y 12% POR LAS CENIZAS DE LA CASCARA DE ARROZ”		
	Muestra Patrón	Muestra experimental 10%	Muestra experimental 15%
3d			
			
			
7d			
			
			
28d			
			
			

DISEÑO EXPERIMENTAL: Con post prueba para varios grupos o tratamientos.

METODO DE INVESTIGACION

Experimental porque se estudia las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando sus valores respuesta en los instrumentos de recolección de datos (Guías de Observación).

Unidad Experimental

Son probetas de mortero curadas con agua y ensayadas a compresión.

Tratamientos

TRATAMIENTOS	PROBETAS
T1: GRUPO DE CONTROL	PATRON Probetas de mortero sin sustitución al cemento según RNE.
T2: GRUPO DE CONTROL	Probetas de mortero sustituyendo al cemento parcialmente en un 10% de rastrojo de maíz.
T3: GRUPO DE CONTROL	Probetas de mortero sustituyendo al cemento parcialmente en un 15% de rastrojo de maíz.

POBLACION Y MUESTRA:

Para esta investigación se tuvo como población de estudio al conjunto de probetas de mortero con diseño capaz de cumplir las condiciones de resistencias indicadas en el reglamento N.T.P. 334.051 los cuales se tuvieron resultados obtenidos con las edades de 3, 7 y 28 días.

La muestra fue constituida por 27 probetas de mortero, 9 probetas sin sustitución y 18 probetas con sustitución al 10% y 15% de cenizas de rastrojo de maíz.

Son 9 probetas de mortero con sustitución de 10% de cenizas de rastrojo de maíz, ensayadas a las edades de: 3, 7 y 28 días de acuerdo a la norma Técnica Peruana 334.051 (Resistencia a la compresión).

Son 9 probetas de mortero con sustitución de 15% de cenizas de rastrojo de maíz, ensayadas a las edades de: 3, 7 y 28 días de acuerdo a la norma Técnica Peruana 334.051 (Resistencia a la compresión).

TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION:

La investigación se realizó 27 probetas de mortero los cuales se determinó la resistencia a la compresión.

La compresión se midió sobre 2 cubos de 50 mm (2”) compactados en 2 capas. Los cubos fueron curados un día en los moldes y se desmoldaron y sumergieron en agua hasta su ensayo.

Se utilizó la técnica de observación científica siguiendo las referencias normativas ASTM C -109. (Método de Prueba Estándar para la Resistencia a la compresión de Morteros de Cemento Hidráulico utilizando muestras cubicas de 50mm.

TECNICAS DE RECOLECCION DE INFORMACION	INSTRUMENTO	AMBITO DE LA INVESTIGACION
La observación Científica	<ul style="list-style-type: none"> • Guía de Observación Resumen • Fichas Técnicas de Laboratorio 	Muestreo <ul style="list-style-type: none"> • Grupo Control (Diseño de mezcla del mortero convencional) • Grupo experimental (Diseño de mezcla del mortero con adición de 10% y 15% de cenizas de rastrojo de maíz).

Se aplicó como técnica la observación ya que la percepción del material debió ser registrada en forma cuidadosa y experta. Todo lo observado se debió poner por escrito lo antes posible, cuando no se puede tomar notas en el mismo momento. Para esto se utilizó como instrumento una guía de observación resumen porque nos permitió elaborar sistemas de organización y clasificación de la información de los diversos ensayos y de la resistencia a la compresión.

Los materiales a utilizados para la recolección serán los siguientes:

MATERIALES

Cemento Pacasmayo Tipo I

Arena gradada y agua

Espécimen cubico de 50mm de lado

Mezcladora mecánica con mando eléctrico

Mesa de flujo, compactador y badilejo

Máquina de ensayo

27 probetas de mortero

PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos fue posterior 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 del mortero con la sustitución del cemento en un 10% y 15% por las cenizas de rastrojo de maíz.
- Representación con tablas, gráficos, porcentajes, promedios, varianzas y una prueba ANOVA para verificar la hipótesis.

METODOLOGÍA DE TRABAJO:

➤ EXTRACCION DE AGREGADO FINO

Se realizó la extracción del agregado fino de la cantera Ruben para la elaboración de las probetas de mortero patrón y experimentales que fueron llevadas a laboratorio de Mecánica de Suelos de la USP. **(Fotografía N° 9)**

➤ RASTROJO DE MAIZ:

ADQUISICION DEL RASTROJO DE MAIZ:

El rastrojo de maíz fue obtenido de P.N. Carretera Santa – Vinzos, Distrito de Santa, Provincia del Santa.

LIMPIEZA DEL RASTROJO DE MAIZ:

Se procedió a realizar la limpieza (lavado) a la superficie del rastrojo de maíz para que de esta manera no tenga ningún inconveniente que altere el material y así poder quitar el fertilizante posible finalmente secado a cielo abierto. **(Fotografía N°10 – N°11 – N°12 – N°13)**

POLVO DEL RASTROJO DE MAIZ PARA ATD:

Se procedió a realizar el pre quemado y triturar en un mortero para evitar su contaminación y tamizarlo a través de la malla #200, el polvo obtenido fue ensayado mediante un análisis térmico diferencial para determinar la temperatura de calcinación.

PRE-QUEMADO DEL RASTROJO DE MAIZ:

EL rastrojo de maíz fue sometido a un pre-quemado a cielo abierto con el fin de eliminar la materia orgánica que contiene el material. **(Fotografía N° 14 – N° 15)**

CALCINACION DEL RASTROJO DE MAIZ:

Después de haber realizado el ensayo de ATD, con los resultados obtenidos el material pasó a ser calcinado a una temperatura y tiempo (780°C a 1.5horas) controlado, el producto final se trituro y tamizo por la malla #200 de 0.0075mm. La ceniza de rastrojo de maíz obtenido fue sometido a un análisis de Fluorescencia de Rayos X para determinar su composición química. **(Fotografía N° 16)**

RESULTADOS

ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL:

RASTROJO DE MAIZ:

El siguiente paso consistió en analizar la temperatura óptima de calcinación, mediante el Análisis Térmico Diferencial en el Laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo. El equipo utilizado fue un Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution. Se empleó un Tasa de calentamiento de 20 °C/min, Gas de Trabajo y Flujo de Nitrógeno 10 ml/min, el rango de trabajo fue de 25 – 1000 °C y una masa de muestra analizada de 27.3 mg. Los resultados de este análisis aparecen en los Grafico 1 y Figura 2.

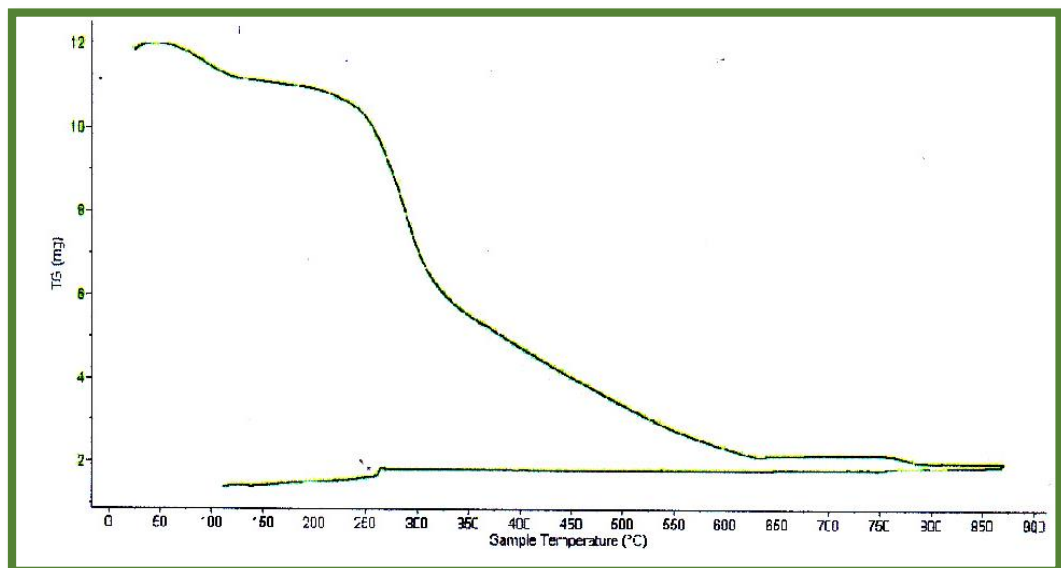


GRÁFICO N°1: CURVA DE PERDIDA DE MASA - ANÁLISIS TERMO GRAVIMÉTRICO - RASTROJO DE MAIZ

FUENTE: Laboratorio de Polímeros de la UNT.

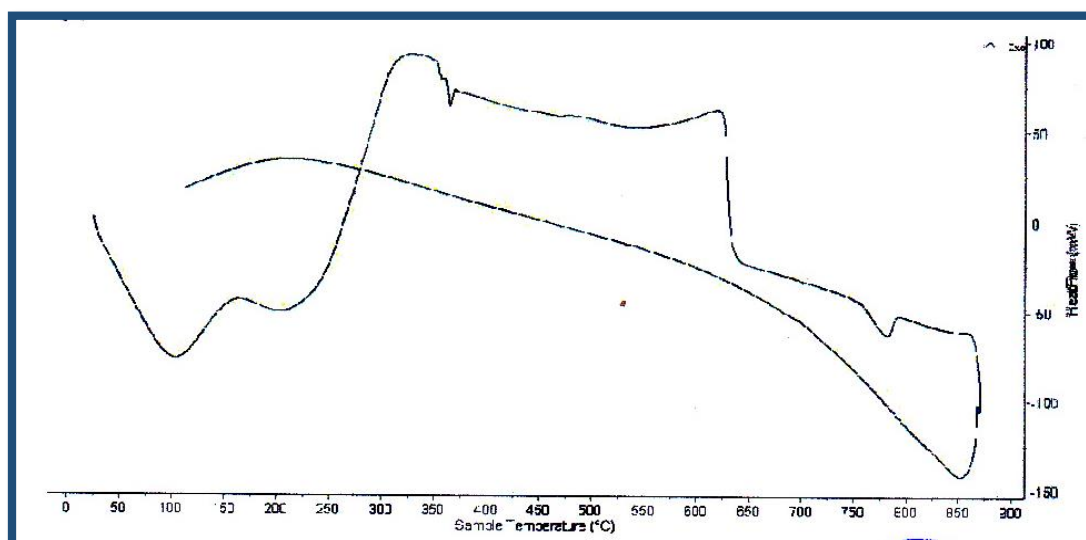


GRAFICO N°2: CURVA CALORIMETRICA DSC - RASTROJO DE MAIZ

FUENTE: Laboratorio de Polímeros de la UNT.

De acuerdo al ATD la ceniza de rastrojo de maíz se calcina a 780°C y el tiempo de calcinación fue de 1.5 horas

COMPOSICION QUIMICA DE LOS MATERIALES:

Para la determinación los materiales fueron sometidos a un Análisis de Composición Química en el Laboratorio de Arqueometría de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. El equipo utilizado fue un Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X.

RASTROJO DE MAIZ

TABLA N° 13: ANALISIS DE LA COMPOSICION QUIMICA DEL RASTROJO DE MAIZ

COMPOSICION QUIMICA	%
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	64.801
Oxido de Potasio (K ₂ O)	4.257
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	4.870
Dióxido de Cloro (ClO ₂)	8.235
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	0.101
Pentóxido de Fosforo (P ₂ O ₂)	1.923
Dióxido de Azufre (SO ₂)	2.176
Oxido de Calcio (CaO)	13.119

FUENTE: Laboratorio de Arqueometría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas.

ANALISIS DE ALCALINIDAD DE LOS MATERIALES:

TABLA N° 14: PH DE LOS MATERIALES A UTILIZAR

MATERIALES	Ph
Cemento (C)	12.66
Ceniza de rastrojo de maíz	11.13
90% Cemento + 10% Cenizas	12.76
85% Cemento + 15% Cenizas	12.69

FUENTE: Laboratorios de Ensayos Clínicos “COLECBI” S.A.C.

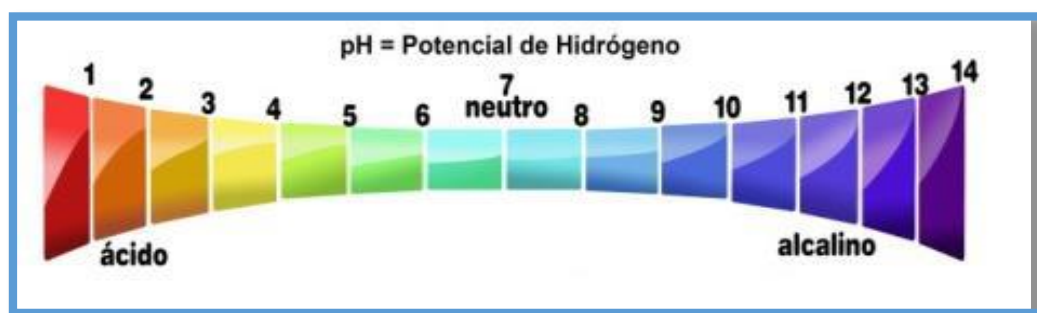


GRAFICO N°3: Escala de Potencial de Hidrogeno

RESULTADOS DEL PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO SUSTITUIDO CON EL 10% POR CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ

TABLA N° 15: PESO ESPECIFICO DEL NUEVO CEMENTO AL 10%

MUESTRA	PESO ESPECIFICO (gr/cm ³)
90% cemento + 10% ceniza de rastrojo de maíz	3.12

FUENTE: Laboratorio de Concreto y Reciclado UNT

**RESULTADOS DEL PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO SUSTITUIDO
CON EL 15% POR CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ**

TABLA N° 16: PESO ESPECIFICO DEL NUEVO CEMENTO AL 15%

MUESTRA	PESO ESPECIFICO (gr/cm³)
85% cemento + 15% ceniza de rastrojo de maíz	3.25

FUENTE: Laboratorio de Concreto y Reciclado UNT

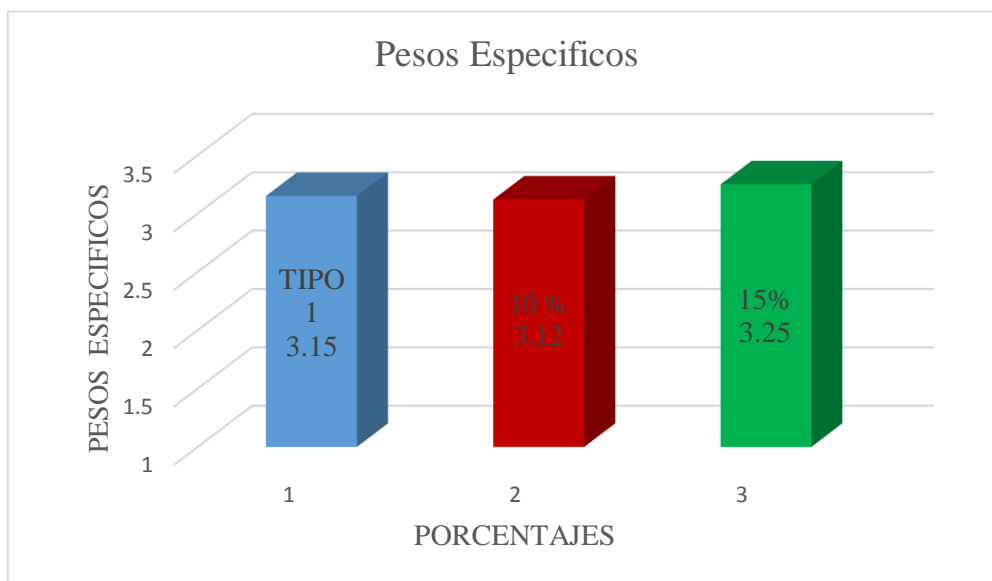


GRAFICO N°4: Pesos Específicos

RESULTADOS DE LA GRADACION DEL AGREGADO FINO

TABLA N° 17: GRADACION DE LA ARENA PARA TRES MORTEROS

N° MALLAS	ARENA MANUFACTURADA				NTP. MORTEROS % PASA	
	PESOS RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA	ARENA MANUFACTURADA	
# 4	0	0,0	0,0	100,0	100	100
# 8	28,0	4,1	4,1	95,9	95	100
# 16	158,0	23,0	27,1	72,9	70	100
# 30	172,5	25,1	52,2	47,8	40	75
# 50	149,0	21,7	73,9	26,1	20	40
# 100	55,0	8,0	81,9	18,1	10	25
# 200	100,0	14,5	96,4	3,6	0	10
PLATO	25,0	3,6	100,0	0,0	-	-
TOTAL	687,5	100,00				
TOTAL	687,5					

FUENTE: Elaboracion propia

MF = 2.39

TABLA N° 18: GRADACION DE LA ARENA PARA TODOS LOS MORTEROS

N° MALLAS	ARENA MANUFACTURADA				NTP. MORTEROS % PASA	
	PESOS RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA	ARENA MANUFACTURADA	
# 4	0	0,0	0,0	100,0	100	100
# 8	252,4	4,1	4,1	95,9	95	100
# 16	1422,0	23,0	27,1	72,9	70	100
# 30	1552,5	25,1	52,2	47,8	40	75
# 50	1341,0	21,7	73,9	26,1	20	40
# 100	495,0	8,0	81,9	18,1	10	25
# 200	900,0	14,5	96,4	3,6	0	10
PLATO	225,0	3,6	100,0	0,0	-	-
TOTAL	6187,5	100,00				
TOTAL	6187,5					

FUENTE: Elaboracion propia

**PROCEDIMIENTO PARA ENCONTRAR LOS RESULTADOS DE LA
RELACION AGUA CEMENTO EN COMPARACION CON LA FLUIDEZ
PATRON**

FORMULA PARA DETERMINAR LA FLUIDEZ

$$FL = \frac{M - 10.16}{10.16} * 100$$

ENSAYO DE FLUIDEZ PARA EL MORTERO PATRON

$$\left. \begin{array}{l} M1 = 11.5 \\ M2 = 11.8 \\ M3 = 11.6 \\ M4 = 11.4 \end{array} \right\} M = 11.575$$

ENSAYO DE FLUIDEZ PARA EL MORTERO EXPERIMENTAL 10%

$$\left. \begin{array}{l} M1 = 11.4 \\ M2 = 11.8 \\ M3 = 11.6 \\ M4 = 11.9 \end{array} \right\} M = 11.675$$

ENSAYO DE FLUIDEZ PARA EL MORTERO EXPERIMENTAL 15%

$$\left. \begin{array}{l} M1 = 11.2 \\ M2 = 11.8 \\ M3 = 11.2 \\ M4 = 12.3 \end{array} \right\} M = 11.625$$

TABLA N° 19: COMPONENTES, RELACION AGUA/CEMENTO Y FLUIDEZ

SUSTITUCION EN EL CEMENTO (%)	COMPONENTES DEL COMPUESTO				RELACION A/C	% FLUIDEZ
	CEMENTO (g)	RAS. MAIZ (g)	ARENA (g)	AGUA (g)		
0	250.00	-	687.5	121	0.485	13.92
10	225.00	25.00	687.5	131.3	0.525	14.91
15	212.50	37.50	687.5	129.4	0.518	14.42

FUENTE: Elaboracion propia

ENSAYO A COMPRESION:**ENSAYO A COMPRESION MORTEROS PATRON:****ENSAYO A COMPRESION DE MORTEROS PATRON A 3 DIAS:****TABLA N° 20: RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESION DE MORTEROS PATRON A
LOS 3 DIAS**

MUESTRA	PESO ANTES DE CURADO (gr.)	PESO DESPUES DE CURADO (gr.)	AREA (cm²)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA (Kg/cm²)	RESIST. PROM. (Kg/cm²)
M-1	286.7	289.3	25.51	3640	142.71	
M-2	285.4	287.9	25.46	3263	128.19	133.50
M-3	285.4	288.1	25.57	3314	129.62	
	285.83	288.43	25.51			

FUENTE: Laboratorios de Concreto y Reciclado UNT**ENSAYO A COMPRESION DE PROBETAS PATRON A 7 DIAS:****TABLA N° 21: RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESION DE MORTEROS PATRON A
LOS 7 DIAS**

MUESTRA	PESO ANTES DE CURADO (gr.)	PESO DESPUES DE CURADO (gr.)	AREA (cm²)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA (Kg/cm²)	RESIST. PROM. (Kg/cm²)
M-4	291.8	296.3	25.28	5792	229.07	
M-5	290.9	295.5	25.45	5578	219.18	220.48
M-6	288.8	293.3	25.83	5506	213.19	
	290.50	295.01	25.52			

FUENTE: Laboratorios de Concreto y Reciclado UNT

ENSAYO A COMPRESION DE PROBETAS PATRON A 28 DIAS:

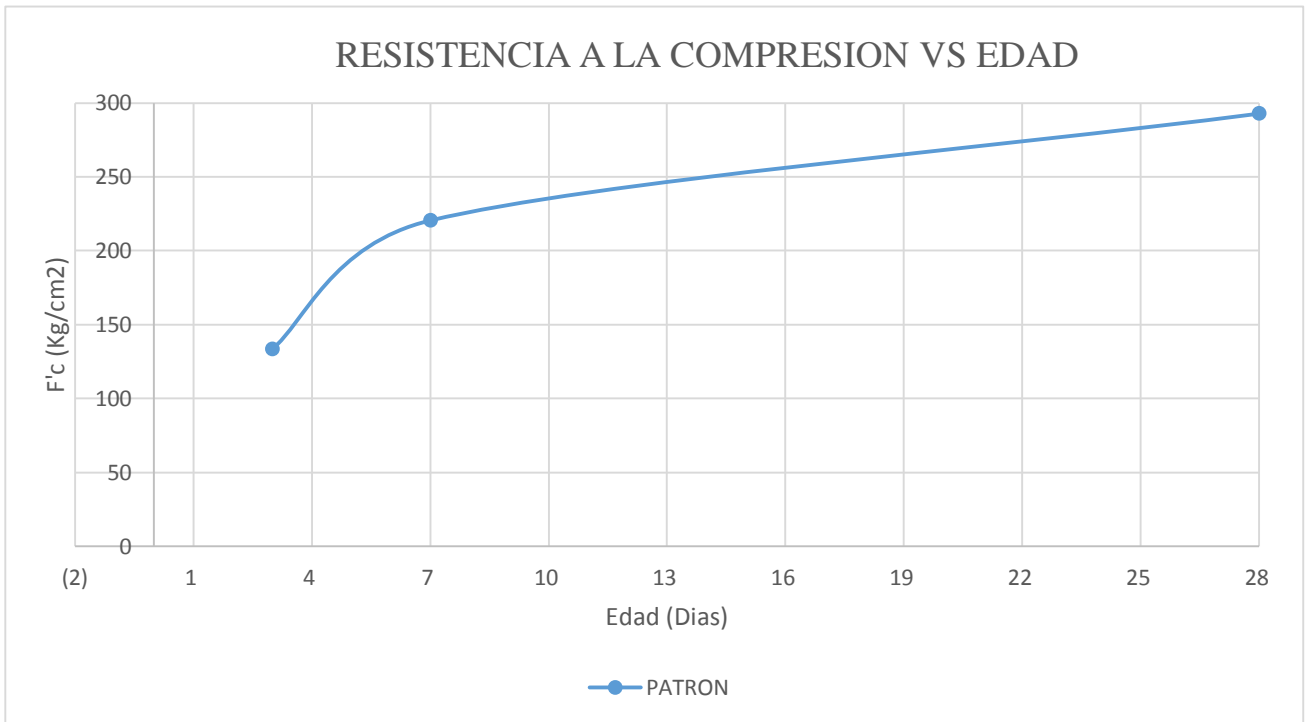
**TABLA N° 22: RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESION DE MORTEROS PATRON A
LOS 28 DIAS**

MUESTRA	PESO ANTES DE CURADO (gr.)	PESO DESPUES DE CURADO (gr.)	AREA (cm2)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESIST. PROM. (Kg/cm2)
M-7	310.0	316.1	26.11	7791	298.35	
M-8	309.9	315.9	26.02	7525	289.27	292.80
M-9	310.0	316.1	26.27	7638	290.79	
	309.97	316.04	26.13			

FUENTE: Laboratorios de Concreto y Reciclado UNT

Interpretación: De los resultados obtenidos de la prueba de Compresión podemos apreciar los datos registrados a los 28 días el mortero alcanzo 292.30 Kg/cm2 una alta resistencia. Y a los 3 días se puede decir que en comparación con los 7 días alcanzó una resistencia de 220.48 kg/cm2 y a los 3 días una resistencia de 133.50 kg/cm2 pudiendo decir que el mortero patrón alcanzo su máxima resistencia a partir de los 28 días.

GRAFICO N° 5: PATRON RESISTENCIA A LA COMPRESION VS EDAD



FUENTE: Elaboración Propia

Interpretación:

En la curva se aprecia un desarrollo óptimo conforme a los días iniciando así con una resistencia de 133.50 Kg/cm² a los 3 días y 220.48 Kg/cm² a los 7 días, alcanzando su máximo crecimiento a los 28 días.

**ENSAYO A COMPRESION MORTEROS EXPERIMENTALES:
ENSAYO A COMPRESION DE MORTEROS EXPERIMENTAL AL 10% A
LOS 3 DIAS:**

**TABLA N° 23: RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESION DE MORTEROS
EXPERIMENTALES AL 10% A LOS 3 DIAS**

MUESTRA	PESO ANTES DE CURADO (gr.)	PESO DESPUES DE CURADO (gr.)	AREA (cm2)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESIST. PROM. (Kg/cm2)
E-1	302.5	306.0	26.15	5017	191.83	
E-2	299.9	303.4	26.13	4731	182.00	185.22
E-3	297.5	300.8	26.13	4752	181.84	
	299.97	303.39	26.14			

FUENTE: Laboratorios de Concreto y Reciclado UNT

**ENSAYO A COMPRESION DE MORTEROS EXPERIMENTAL AL 10% A
LOS 7 DIAS:**

**TABLA N° 24: RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESION DE MORTEROS
EXPERIMENTALES AL 10% A LOS 7 DIAS**

MUESTRA	PESO ANTES DE CURADO (gr.)	PESO DESPUES DE CURADO (gr.)	AREA (cm2)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESIST. PROM. (Kg/cm2)
E-4	304.2	308.3	27.33	5914	216.43	
E-5	303.8	307.8	27.26	5914	216.97	218.43
E-6	304.2	308.4	26.84	5955	221.90	
	304.07	308.16	27.14			

FUENTE: Laboratorios de Concreto y Reciclado UNT

ENSAYO A COMPRESION DE MORTEROS EXPERIMENTAL AL 10% A LOS 28 DIAS:

TABLA N° 25: RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESION DE MORTEROS EXPERIMENTALES AL 10% A LOS 28 DIAS

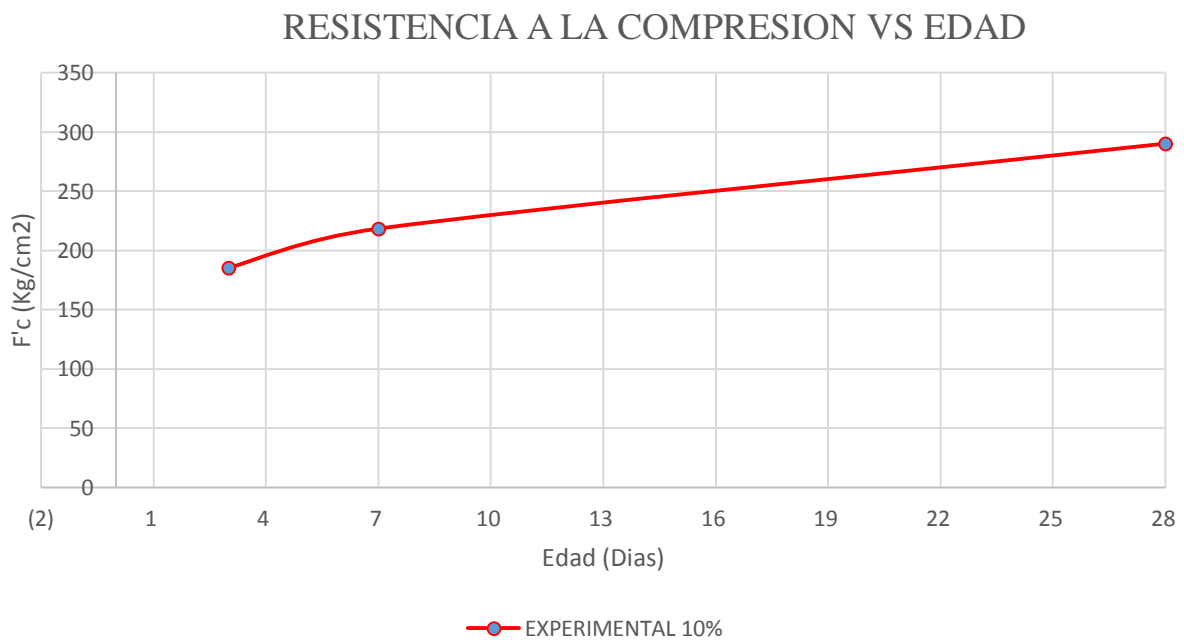
MUESTRA	PESO ANTES DE CURADO (gr.)	PESO DESPUES DE CURADO (gr.)	AREA (cm ²)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	RESIST. PROM. (Kg/cm ²)
E-7	304.7	309.6	26.66	7729	289.91	
E-8	306.3	310.9	26.96	8076	299.55	290.23
E-9	300.8	306.3	27.30	7678	281.24	
	303.93	308.93	26.97			

FUENTE: Laboratorios de Concreto y Reciclado UNT

Interpretación:

Se observa un desarrollo óptimo conforme los días procedieron iniciando con una resistencia de 185.22 kg/cm² a los 3 días, 218.43 kg/cm² a los 7 días y 290.23 Kg/cm² a los 28 días.

GRAFICO N° 6: EXPERIMENTAL RESISTENCIA A LA COMPRESION VS EDAD



FUENTE: Elaboración Propia

Interpretación:

Se observa que la curva fue creciendo conforme los días procedieron, iniciando con una resistencia de 185.22 kg/cm² a los 3 días, 218.43 kg/cm² a los 7 días y finalmente 290.23 Kg/cm² a los 28 días.

ENSAYO A COMPRESION DE MORTEROS EXPERIMENTAL AL 15% A LOS 3 DIAS:

TABLA N° 26: RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESION DE MORTEROS EXPERIMENTALES AL 15% A LOS 3 DIAS

MUESTRA	PESO ANTES DE CURADO (gr.)	PESO DESPUES DE CURADO (gr.)	AREA (cm ²)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	RESIST. PROM. (Kg/cm ²)
E-1	299.5	302.1	26.35	4293	162.94	
E-2	296.7	299.5	26.06	4558	174.93	166.16
E-3	298.0	300.7	26.09	4191	160.63	
	298.07	300.76	26.16			

FUENTE: Laboratorios de Concreto y Reciclado UNT

ENSAYO A COMPRESION DE MORTEROS EXPERIMENTAL AL 15% A LOS 7 DIAS:

TABLA N° 27: RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESION DE MORTEROS EXPERIMENTALES AL 15% A LOS 7 DIAS

MUESTRA	PESO ANTES DE CURADO (gr.)	PESO DESPUES DE CURADO (gr.)	AREA (cm ²)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	RESIST. PROM. (Kg/cm ²)
E-4	298.8	302.2	26.27	6047	230.19	
E-5	303.0	306.4	25.92	6067	234.04	227.55
E-6	298.5	302.1	25.96	5670	218.40	
	300.10	303.58	26.05			

FUENTE: Laboratorios de Concreto y Reciclado UNT

**ENSAYO A COMPRESION DE MORTEROS EXPERIMENTAL AL 15% A
LOS 28 DIAS:**

**TABLA N° 28: RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESION DE MORTEROS
EXPERIMENTALES AL 15% A LOS 28 DIAS**

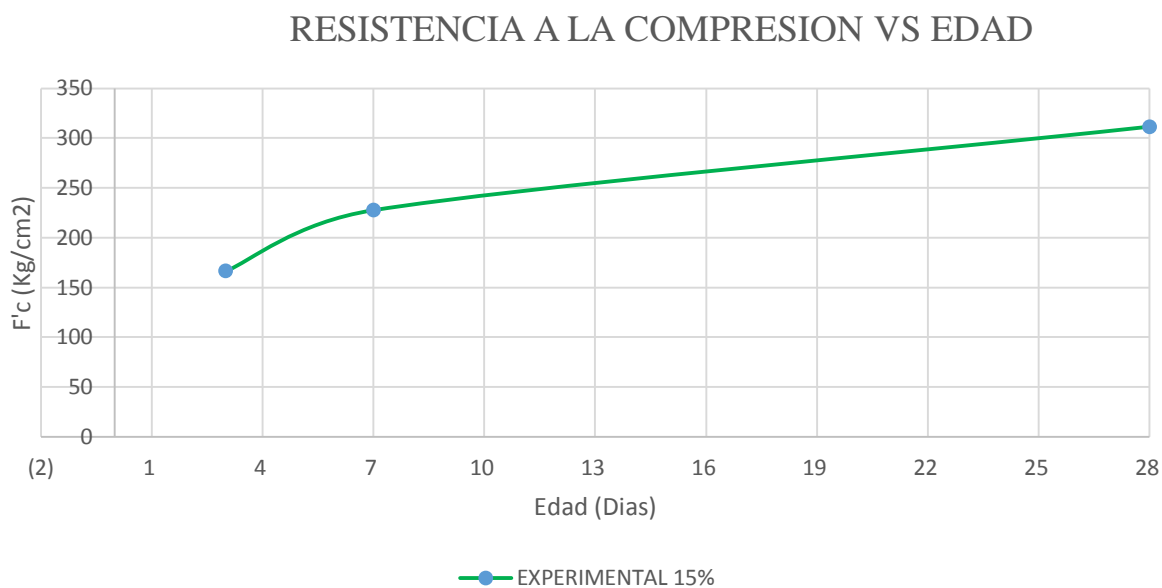
MUESTRA	PESO ANTES DE CURADO (gr.)	PESO DESPUES DE CURADO (gr.)	AREA (cm²)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA (Kg/cm²)	RESIST. PROM. (Kg/cm²)
E-7	303.2	307.9	26.74	8290	310.02	
E-8	307.2	311.7	27.33	8769	320.85	311.34
E-9	306.1	310.9	27.21	8249	303.16	
	305.50	310.17	27.09			

FUENTE: Laboratorios de Concreto y Reciclado UNT

Interpretación:

Se observa un desarrollo óptimo conforme los días procedieron iniciando con una resistencia de 166.16 kg/cm² a los 3 días, 227.55 kg/cm² a los 7 días y 311.34 Kg/cm² a los 28 días.

GRAFICO N° 7: EXPERIMENTAL RESISTENCIA A LA COMPRESION VS EDAD



FUENTE: Elaboración Propia

Interpretación:

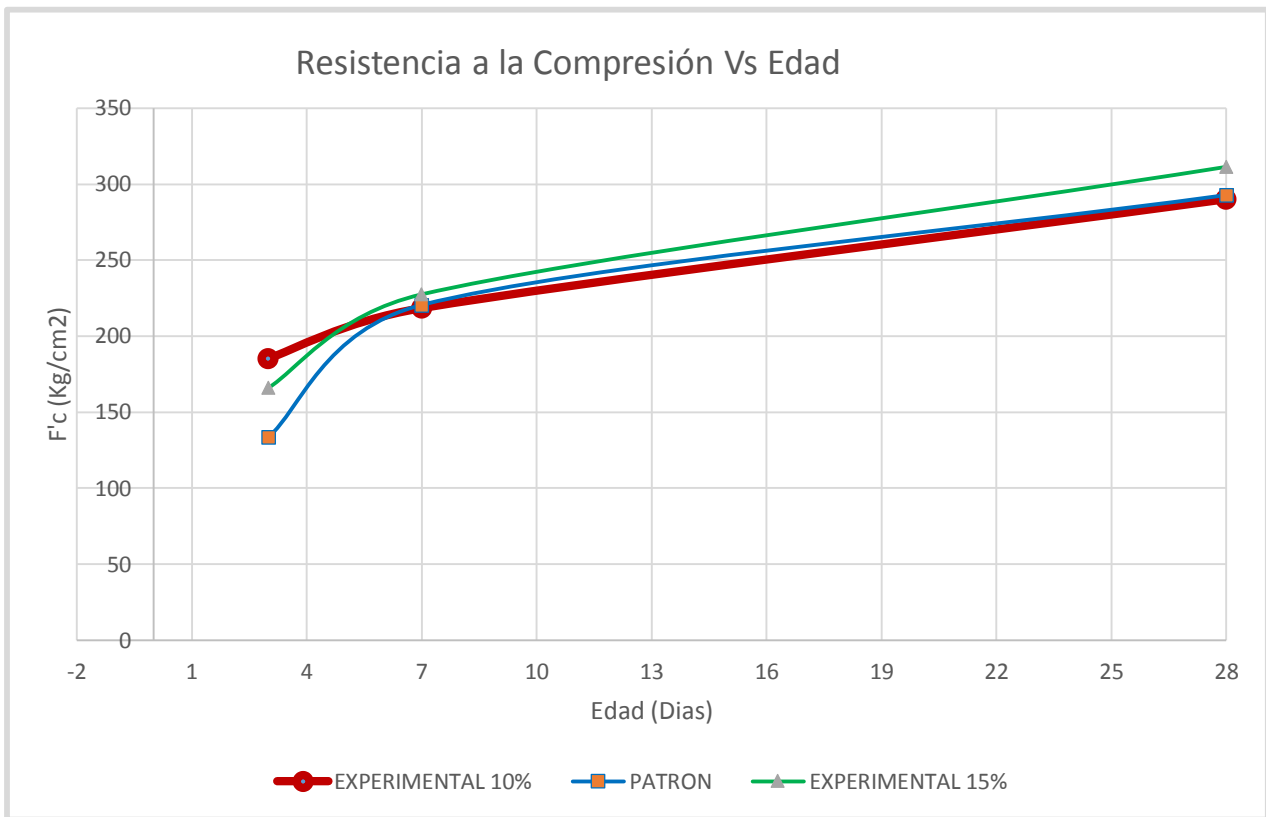
Se observa que la curva fue creciendo conforme los días procedieron, iniciando con una resistencia de 166.16 kg/cm² a los 3 días y 227.55 kg/cm² a los 7 días y 311.34 Kg/cm² a los 28 días.

TABLA N° 29: RESISTENCIA A LA COMPRESION PATRON VS EXPERIMENTALES 10% Y 15%

EDAD	3 DIAS		7 DIAS			28 DIAS		
	PATRON	EXP. 10% EXP. 15%	PATRON	EXP. 10% EXP. 15%	PATRON	EXP. 10% EXP. 15%	PATRON	EXP. 10% EXP. 15%
M1	142	191 163	229	216 230	298	290 310		
M2	128	182 174	219	217 234	289	300 321		
M3	129	182 160	213	222 213	291	281 303		
PROM(KG/CM2)	133	185 166	220	218 226	293	290 311		

FUENTE: Laboratorios de Concreto y Reciclado UNT

GRAFICO N° 8: PATRON Y EXPERIMENTAL RESISTENCIA A LA COMPRESION VS EDAD



FUENTE: Elaboración Propia

TABLA N° 30: RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO (KG/CM2)

EDAD	3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
PATRON	133	220	293
EXP. 10%	185	218	290
EXP. 15%	166	226	311

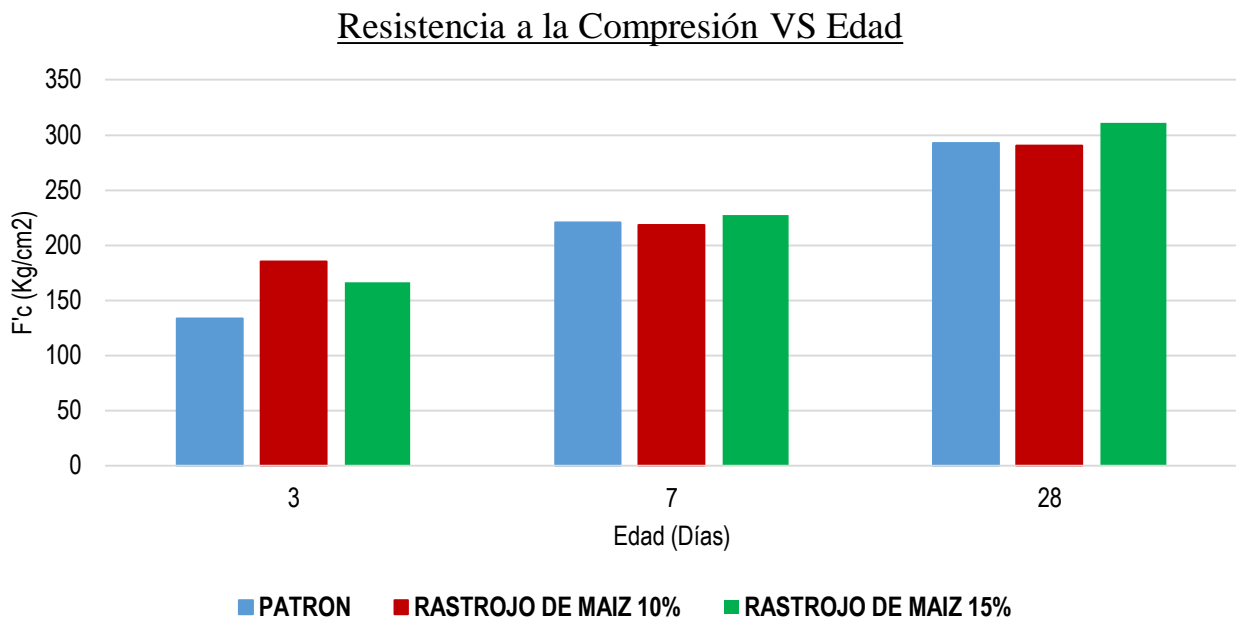
FUENTE: Laboratorios de Concreto y Reciclado UNT

Interpretación:

Se puede apreciar que los resultados de la sustitución son muy buenos en comparación con el mortero de ensayo patrón ya que son equivalentes al 10% de la sustitución y el resultado del 15% se aproxima.

Los desarrollos del crecimiento de su resistencia de los morteros experimentales son favorables en comparación del mortero patrón.

GRAFICO N° 9: RESISTENCIA A LA COMPRESION PATRON VS EXPERIMENTALES 10% Y 15%



FUENTE: Elaboración Propia

TABLA N° 31: RESISTENCIAS A LA COMPRESION DE CUBOS DE MORTERO CON UNA SUSTITUCION DE CEMENTO POR UN PORCENTAJE DE CENIZA DE RASTROJO DE MAIZ SEGÚN DIAS DE CURADO

Días de curado	Resistencia de mortero con ceniza de rastrojo de maíz		
	Patrón	10%	15%
3	133,0	185,0	166,0
7	220,0	218,0	226,0
28	293,0	290,0	311,0

FUENTE: Laboratorios de Concreto y Reciclado UNT

En la tabla N°: 31 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 3 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad con Shapiro – Wilk (con un $p > 0.05$ para cada caso) y homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene ($p = 0.861$ y $p > 0.05$) de las resistencias medias obtenidas en los cubos de mortero para cada tratamiento (sustitución de cemento por un porcentaje de ceniza de rastrojo de maíz) se procedió a realizar la prueba ANOVA.

TABLA N° 32: CALCULO DE LA PRUEBA ANOVA PARA VERIFICAR LAS DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESION DE LOS CUBOS DE MORTERO

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Ceniza de rastrojo de maíz	617,556	2	308,778	1,165	0,399
Días de curado	28155,556	2	14077,778	53,135	0,001
Error	1059,778	4	264,944		
Total	29832.882	8			

FUENTE: Laboratorios de Concreto y Reciclado UNT

En la tabla N° 32 se puede visualizar que para la sustitución de cemento el $p\text{-value} > \alpha$ ($p = 0.399$, $p > 0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para aceptar la hipótesis nula (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 del cemento por ceniza de rastrojo de maíz en 0%, 10%, y 15%, son iguales. Es decir no existe una diferencia significativa entre las resistencias medias del mortero.

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

ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS:

- ✓ De acuerdo al análisis térmico diferencial donde se realizó para determinar a qué temperatura la ceniza de rastrojo de maíz cambia de fase, según en el análisis termogravimétrico en el Grafico N°1, nos indica que la muestra tiene una importante caída intensa de la masa del material, se da en el rango entre los 230°C y 320°C, en las otras regiones el barrido de temperatura muestra una caída de la masa muy lenta, llegando a perder en total aproximadamente 80% de su masa inicial.
Y de acuerdo al análisis calorimétrico en el Grafico N°2, se puede mostrar algunos picos endotérmicos que se dan a 105, 220 y 780 °C, todas estas pueden representar cambios estructurales y de las características en el material.
La temperatura de calcinación de la ceniza del rastrojo de maíz a los 780°C por 1.5 horas, garantiza en un gran porcentaje la conservación de la estructura amorfa de sílice.
- ✓ Según el análisis químico realizado para la muestra de cenizas de rastrojo de maíz nos da los contenidos más relevantes de sus óxidos activados los cuales son: 64.801% de Dióxido de Silicio, 4.870% de Trióxido de Aluminio, 13.119% Oxido de Calcio, la suma de las mismas da un valor de 82.79% que supera al criterio de puzolanas establecido en la NTP 334.004 1997 (Cementos Puzolánicos), así como también cuenta con una baja proporción de Oxido de Potasio de 4.257%, la cual no afectaría a nuestra muestra y poder tener así un material con características puzolánicas.
- ✓ La medición del pH de los elementos que conformaron el mortero, el rastrojo de maíz el compuesto (cemento - cenizas de rastrojo de maíz), es de suma importancia para determinar el tipo y el nivel de su reacción puzolana. En la Tabla 14, se pueden apreciar los resultados de las muestras ensayadas tienen un pH alcalino lo que le hace un compuesto aglomerante lo que forma un material con buena actividad puzolana y también asegura que será cementante.
- ✓ Mediante los resultados del peso específico se obtuvo un valor de 3.12 gr/cm³ para el cemento sustituido en 10% por cenizas de rastrojo de maíz, se obtuvo un valor de 3.25 gr/cm³ para el cemento sustituido en 15% por cenizas de rastrojo de maíz; en comparación al cemento tipo I que sus pesos específico es de 2.90 – 3.15 gr/cm³. Podemos notar que el nuevo cemento al 10% está dentro del rango y el nuevo cemento al 15% es mayor al rango con un porcentaje de 0.10 gr/cm³.

- ✓ Según los resultados obtenidos de la fluidez por el ensayo patrón utilizando el fluímetro es de 13.92%, al aproximar la fluidez en los ensayos experimentales la relación agua/cemento aumentó debido que el contenido de calcio del rastrojo de maíz activa una rehidratación más acelerada; se puede decir que la rehidratación del que exige parte de la propiedad aportada por el rastrojo de maíz que es el Óxido de Calcio, exige una mayor cantidad de agua que pone en desventaja a nuestro nuevo cemento en lugares áridos con escasas de agua.
- ✓ De los resultados obtenidos en base a los resultados estadísticos se puede decir que los resultados obtenidos pasan por nivel de control bueno, es decir no existe una diferencia significativa entre las resistencias medias del mortero; interpretándose que se realizó un trabajo ordenado y preciso.

Obteniéndose resultados muy buenos, producto de la sustitución del 15% su resultado está por encima de la muestra patrón ya que alcanzó un nivel de composición de Caolinita ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$, $Na_4Ca(SO_4)_3$, $KCa(PO_3)_3$; y sanidina (Na, k) $AlSi_3O_8$); que tienen alta composición de puzolana ($SiO_2 = 64.801$).

A continuación, en la prueba a compresión, se registraron los siguientes datos de resistencias promedio a compresión en los morteros patrón y experimental:

TABLA N° 33: DATOS DE RESISTENCIA PATRON Y EXPERIMENTAL

DESCRIPCION	3 DIAS	PROM.	7 DIAS	PROM.	28 DIAS	PROM.
PATRON	142	133	229	220	298	293
	128		219		289	
	129		213		291	
EXP. 10%	191	185	216	218	290	290
	182		217		300	
	182		222		281	
EXP. 15%	163	166	230	226	310	311
	174		234		321	
	160		213		303	

FUENTE: Laboratorio de Concreto y Reciclado UNT

Interpretación: De los resultados obtenidos de la prueba de Compresión, se registra que se alcanzó una resistencia promedio de 185 kg/cm² en cuanto a un porcentaje de 10% superando así al patrón; asimismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 7 alcanzó una resistencia de 226 kg/cm² con un porcentaje de 15% los cuales pasa por el patrón. El resultado a los 28 días para experimental de 10% y 15%, el cual también supera el patrón.

CONCLUSIONES:

- ✓ Que los índices de temperatura han sido obtenidos de acuerdo a los tiempos para su calcinación de los materiales; lográndose a través del Análisis Térmico Diferencial, donde la temperatura de la ceniza de rastrojo de maíz cambia de fase, conforme al análisis termo gravimétrico del gráfico 01, el cual nos indica que la muestra es importante para la caída intensa de la masa del material, dándose en un rango entre los 230°C y 320°C.
- ✓ Que la activación de los precursores puzolánicos y su composición química se da como una forma relevante de sus óxidos activados de los cuales se da el 64.801% de Dióxido de Silicio, 4.870% de Trióxido de Aluminio, 13.119% Oxido de Calcio, la suma de las mismas da un valor de 82.79%; así mismo se encontró el 4.257% de óxido de potasio lo cual posiblemente puede llegar a perjudicar la mezcla del mortero pero se cumple el criterio de puzolanas que supera lo establecido establece en la NTP 334.004 1997 (Cementos Puzolánicos).
- ✓ Que el grado de alcalinidad del cemento mediante la prueba compresión, se registra un promedio de 185 kg/cm² en cuanto a un porcentaje de 10% superando así al patrón correspondiente; que los resultados registran a los 7 días, lo cual alcanza una resistencia de 226 Kg/cm² con un porcentaje de 15% los cuales superan el patrón establecido.
- ✓ Los ensayos de pesos específicos del nuevo cemento sustituido al 10% se concluyeron que está dentro del parámetro obteniendo un valor de 3.12 gr/cm³ siendo así un componente cementante; el nuevo cemento sustituido al 15% se concluyeron que no está dentro del parámetro obteniendo un valor de 3.25 gr/cm³ sin embargo sigue siendo un componente cementante.
- ✓ La relación agua / cemento en comparación con la muestra patrón aumentaron en un **8.51%** más de agua para la sustitución del 10%, y para la sustitución del 15% aumento en **6.94%** más de agua.

- ✓ En los ensayos a compresión de los morteros patrón se obtuvo una resistencia a las edades de 3, 7 y 28 días de 133 Kg/cm², 220 Kg/cm² y 293 Kg/cm² respectivamente, se observa que se vio un aumento en la resistencia de los morteros experimentales al sustituir el cemento por cenizas de rastrojo de maíz en 15%, obteniendo las resistencias a las edades de 3, 7 y 28 días de curado de 166 Kg/cm², 226 Kg/cm² y 311 Kg/cm² respectivamente.

RECOMENDACIONES:

Después de haber realizado las conclusiones y previo análisis del estudio de la investigación, se recomienda:

- ✓ Tener cuidado con el uso de la ceniza de rastrojo de maíz, ya que al momento de “quemar el rastrojo de maíz” se puede llegar a temperaturas de por lo menos 500 °C y fácilmente se pueden presentar accidentes si no se toman las acciones preventivas del caso.
- ✓ Para futuros tesis se recomienda realizar un análisis comparativo en el uso de especímenes de mortero de 5 x 5 x 5cm y probetas cilíndricas de 10 x 20cm (4 x 8 pulg) para la resistencia a la compresión con sustituciones de 7.5% y 15%.
- ✓ Para la utilización de los materiales dentro de la activación correspondiente, debe usarse con los cuidados más minuciosos, de tal manera que las muestras no sean alteradas y los resultados sean más exactos y concretos para los fines que se requiere.
- ✓ Es importante utilizar material en un 15% para la elaboración de estructuras de alta resistencia, porque los componentes con estos porcentajes se asemejan de manera más precisa al cemento y también un Ph alcalino, para lograr de esta forma una mezcla aglomerante.
- ✓ Es necesario e imprescindible tomar en cuenta la buena gradación de los materiales, los cuales deberán tener límites establecidos dentro de la NTP 399.607.
- ✓ Es recomendable tomar en cuenta de manera precisa los indicadores que se establecen dentro de la NTP 334.051 lo cual ayuda a una correcta elaboración y los ensayos de los especímenes correspondientes.
- ✓ Es necesario tomar en cuenta el presente estudio, para implementar otras investigaciones que correspondan al fin que se da dentro de la Ingeniería Civil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Castillo, A. (2009). *Tecnología del Concreto*. Lima-Perú: San Marcos.

Cruz, A. E. (2008). *Estudio de Morteros de Cemento Portland con Ceniza de Rastrojo de Maíz: Posibilidades de uso en Construcciones Rurales*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Escalera, A. (2008). En su investigación “*Estudio de morteros de cemento portland con cenizas de rastrojo de maíz*”. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Fernandez, S. (2009). En su investigación “*Evaluación de concretos elaborados con contenido de ceniza de hoja de maíz para uso estructural*”. Caracas.

Galicia, M. & Velásquez, M. (2016). En su investigación “*Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con ceniza de rastrojo de maíz elaborado con agregados de las canteras Cunyac y Vicho con respecto a un concreto patrón de calidad $F'_{C}=210 \text{ KG/CM}^2$* ”. Cuzco: Universidad Andina del Cuzco.

Galicia, M. & Velásquez, M. (2016). En su investigación “*Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con ceniza de rastrojo de maíz elaborado con agregados de las canteras Cunyac y Vicho con respecto a un concreto patrón de calidad $F'_{C}=210 \text{ KG/CM}^2$* ”. Cuzco: Universidad Andina del Cuzco.

López, M. (2017). *“La hoja del maíz, base del futuro material para la construcción”*.

Colombia

Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de Tecnología de Concreto*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Nacional.

Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima: Capítulo peruano ACI.

Yura, C. (2014). *Manual Digital - Cemento Portland Tipo IP*. Arequipa.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanos que son el pilar fundamental que me sostiene, gracias a su apoyo incondicional y Madelley que con sus consejos sabios y oportuno, yo no estaría aquí dándolo todo por ellos. ¡A ustedes les debo todo lo que soy, GRACIAS!

A mi familia y amigos/as que con su entusiasmo y cariño me dieron el valor y coraje para seguir adelante a pesar de las dificultades.

A mi asesor Ing. Rubén López, y a la Universidad San Pedro y a sus docentes que me impartieron en las aulas todos sus conocimientos y mostraron también sus valores permitiendo así una formación integral en mí y en varios de sus alumnos por eso mil gracias a ustedes mis maestros.

También quisiera hacer patente mi agradecimiento a los integrantes del Comité de Asesores, por las valiosas aportaciones que nos hicieron para mejorar la presente investigación.

Asimismo, quisiera expresar mi agradecimiento a todos quienes estuvieron vinculados de alguna manera a este proyecto; compañeros de trabajo, a los propietarios de los ambientes de trabajo, por proporcionarnos las facilidades necesarias para completar la investigación; a todos aquellos que nos acompañaron y con un granito de arena hicieron un inestimable aporte.

Y, desde luego llego al final de este proyecto gracias a Dios; al invaluable apoyo e inspiración que generaron mis padres, hermano y sobrinos; a mis amigos, a quienes siempre tengo presente, a mis maestros y a quienes siempre me han enseñado algo.

A todos, mi mayor reconocimiento y gratitud.

FLORES CESPEDES CHRISTIAN JAIR



Trujillo, 11 de mayo del 2018

INFORME N° 137 - MAY-18

Solicitante: Flores Céspedes Christian – Universidad San Pedro

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Ceniza rastrojo de maíz (1. gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	RM-136MA	12.3 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: 12.3 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa



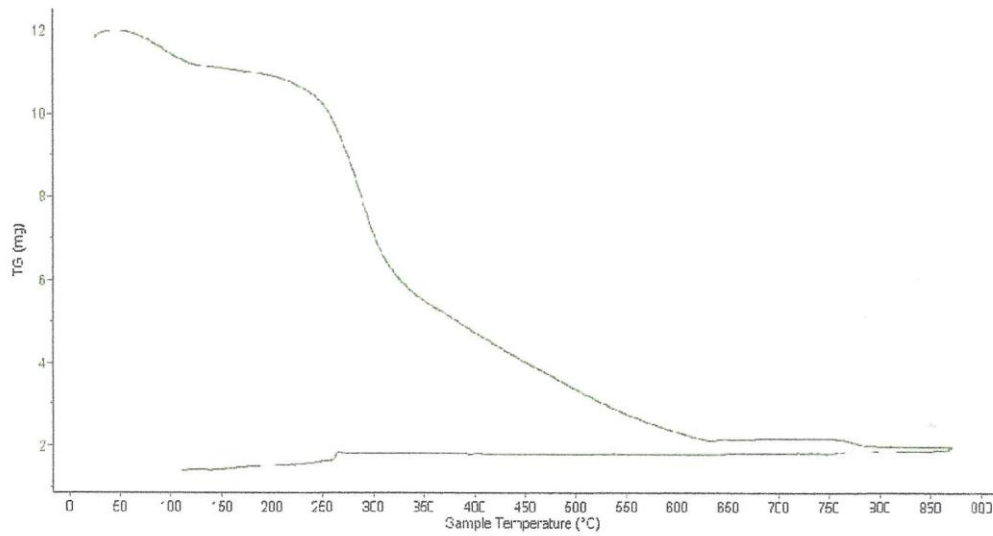


Trujillo, 11 de mayo del 2018

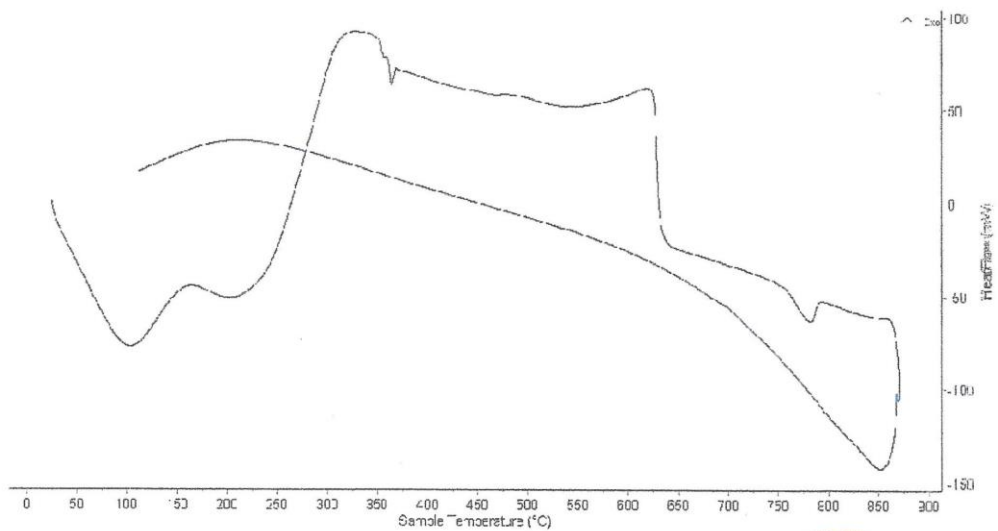
INFORME N° 137 - MAY-18

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica DSC





Trujillo, 11 de mayo del 2018

INFORME N° 137 - MAY-18

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una importante caída intensa de la masa del material, se da en el rango entre 230 y 320°C, en las otras regiones el barrido de temperatura muestra una caída de la masa muy lenta, llegando a perder en total aproximadamente 80% de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar algunos picos endotérmicos que se dan a 105, 220 y 365°C y 780°C, todas estas pueden representar cambios estructurales y de las características en el material.

Trujillo, 11 de mayo del 2018



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



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Informe N° 61-LAQ/2018

Análisis de ceniza de rastrojo de maíz por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de ceniza rastrojo de maíz a pedido del Sr. **Flores Céspedes* Christian Jair**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, como parte de su proyecto de tesis titulada:

"Resistencia del Mortero Sustituyendo en 10% y 15% del Peso del Cemento por Cenizas de Rastrojo de Maíz"

La muestra está en forma de polvo fino de color plomo.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 keV y una corriente de 15 uA. 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 3250 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 consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales:



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

FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS
Laboratorio de Arqueometría

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 dispersado 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 rastrojo de maíz. 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 formar en el proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es menor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por



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

FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS
Laboratorio de Arqueometría

compuestos de Na y/o Mg que esta técnica no puede detectar y/o 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 rastrojo de maíz en % de masa.

Óxido	Concentración %masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	4.550	4.870
SiO ₂	50.810	64.801
P ₂ O ₂	3.278	1.923
SO ₂	2.027	2.176
ClO ₂	8.165	8.235
K ₂ O	11.740	4.257
CaO	12.166	13.119
TiO ₂	0.150	0.176
Cr ₂ O ₃	0.014	0.017
MnO	0.345	0.261
Fe ₂ O ₃	1.810	0.101
Ni ₂ O ₃	0.006	0.007
CuO	0.030	0.021
ZnO	0.107	0.006
As ₂ O ₃	0.006	0.007
Rb ₃ O	0.008	0.008
SrO	0.054	0.004
Y ₂ O ₃	0.004	0.007
ZrO	0.006	0.004
Total	85.288	100.00



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

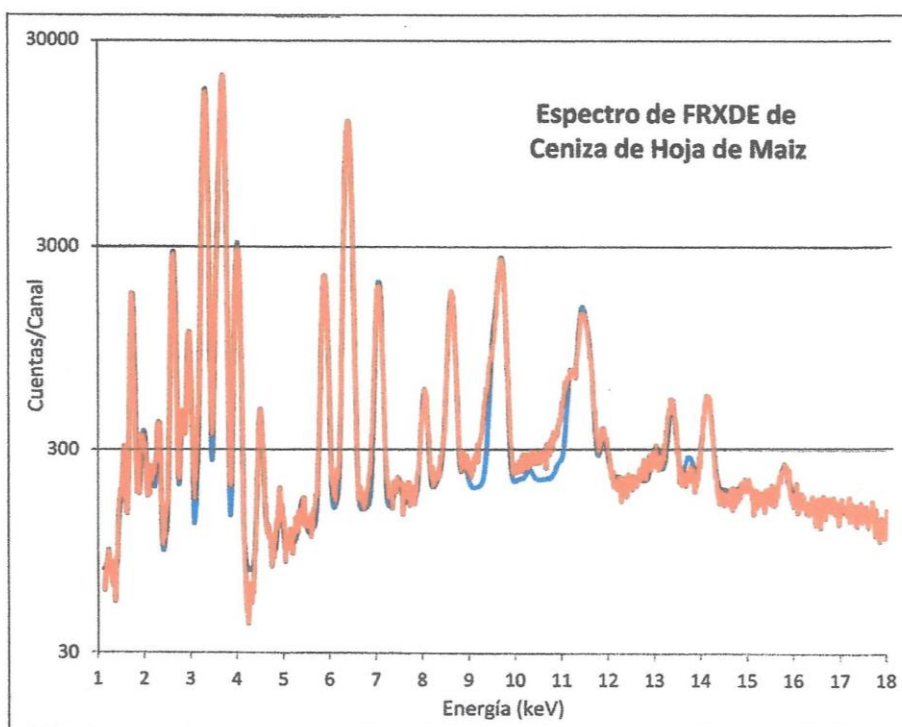


Figura 1. Espectro de FRXDE de ceniza de hoja de maíz en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría

Lima, 07 de mayo del 2018



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° 20180621-009

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : CHRISTIAN FLORES CESPEDES
DIRECCIÓN : Jr. Apurímac 338 Santa
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADO.
CANTIDAD DE MUESTRA : 04 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de Polietileno transparente cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2018-06-21
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2018-06-22
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2018-06-22
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio de Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 180621-5

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
CEMENTO	12,66
RASTROJO DE MAÍZ	11,13
CEMENTO + 15% DE RASTROJO DE MAÍZ	12,76
CEMENTO + 10% DE RASTROJO DE MAÍZ	12,69

METODOLOGÍA EMPLEADA


pH : Potenciométrico.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por 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, Junio 23 del 2018.

GVR/jms


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

LC-MP-HRIE
Rev. 04
Fecha 2015-11-30

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

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

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

SOLICITA : BACH: FLORES CESPEDES CHRISTIAN JAIR
TESIS : "RESISTENCIA DEL MORTERO SUSTITUYENDO EN UN 10% Y 15%
DEL PESO DEL CEMENTO POR CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ"
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 07/06/2018
RELACION A/C : 0.485

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
11.50	11.58	10.16	13.93
11.80			
11.60			
11.40			

OBSERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%



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



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE
MORTERO-EXPERIMENTAL 10%
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA : BACH: FLORES CESPEDES CHRISTIAN JAIR
TESIS : "RESISTENCIA DEL MORTERO SUSTITUYENDO EN UN 10% Y 15%
DEL PESO DEL CEMENTO POR CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ"
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 07/06/2018
RELACION A/C : 0.525

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
11.40	11.68	10.16	14.91
11.80			
11.60			
11.90			

OBSERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%



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



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE
MORTERO - EXPERIMENTAL 15%
(MTC E 616-NTP 334.126)

SOLICITA : BACH: FLORES CESPEDES CHRISTIAN JAIR
TESIS : "RESISTENCIA DEL MORTERO SUSTITUYENDO EN UN 10% Y 15%
DEL PESO DEL CEMENTO POR CENIZAS DE RASTROJO DE MAIZ"
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 07/06/2018
RELACION A/C : 0.518

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
11.20	11.63	10.16	14.42
11.80			
11.20			
12.30			

OBSERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Ing. Jorge Montañez Reyes



INFORME N°221/OCT18

Solicitante : Christian Jair Flores Céspedes
DNI : 70149798
Investigación : "Resistencia del mortero sustituyendo en un 10% y 15% del peso del cemento por cenizas de rastrojo de maíz"

Muestreo realizado por : Christian Jair Flores Céspedes
Fecha de recepción : 15 de Octubre del 2018

1. Determinación de Peso Específico, ASTM T 133 Y MTC E 610 – 2000

Peso Especifico Sustitucion 10%		
PESO DE MUESTRA	64	gr
LECTURA INICIAL	0	cm3
LECTURA FINAL	20.5	cm3
TEMPERATURA	25.8	°C
p h20	1	gr/cm3
a) Determinación de la densidad del cemento:		
	P =	3.12
a) Determinación del peso específico relativo del cemento:		
	P =	3.12

Peso Especifico Sustitucion 15%		
PESO CEMENTO UTILIZADO	64	gr
VOLUMEN INICIAL DEL LIQUIDO	0	cm3
VOLUMEN FINAL DEL LIQUIDO	19.7	cm3
TEMPERATURA	25.8	°C
p h20	1	gr/cm3
a) Determinación de la densidad del cemento:		
	P =	3.25
a) Determinación del peso específico relativo del cemento:		
	P =	3.25

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Trujillo, 22 de Octubre del 2018

Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509



INFORME N°79/MAY18

Solicitante : Christian Jair Flores Céspedes
DNI : 70149798
Investigación : "Resistencia del mortero sustituyendo en un 10% y 15% del peso del cemento por cenizas de rastrojo de maíz"

Muestreo realizado por : Christian Jair Flores Céspedes
Fecha de recepción : 30 de Mayo del 2018

MUESTRA

Espécimen : Cubo de concreto moldeado, - Kg/cm²
Dimensiones : 50 mm x 50mm x 50mm
Aplicación de Norma : Resistencia a la compresión
bajo norma ASTM C 39/AASHTO T 22/NTP 339.034
N° de Especímenes : 9
Edad del Especímen : 3 - n días

✓ Parámetros del Equipo:

Equipo: Compresión ELE Serie T automático, error de +/- 0.5 %

Modo	Unidades	Velocidad de Carga (KN/seg)
Mode 1 Compresión	SI	0.90

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Trujillo, 31 de Mayo del 2018


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509



INFORME N°79/MAY18

1. Resistencia a la compresión en testigos cilíndricos, ASTM C 39/ AASHTO
T 22 / NTP 339.034

✓ Parámetros de las muestras:

N° de espécimen	Código	Fecha vaciado de mortero	Fecha de rotura	Tiempo de curado	Peso después de curado(gr)
1	M 1 - Patrón	28-05-2018	31-05-2018	3	289.34
2	M 2-Patrón	28-05-2018	31-05-2018	3	287.94
3	M 3 - Patrón	28-05-2018	31-05-2018	3	288.07
4	M 1-Patrón	24-05-2018	31-05-2018	7	296.33
5	M 2- Patrón	24-05-2018	31-05-2018	7	295.45
6	M 3- Patrón	24-05-2018	31-05-2018	7	293.25
7	M 1 - Patrón	03-05-2018	31-05-2018	28	316.12
8	M 2-Patrón	03-05-2018	31-05-2018	28	315.93
9	M 3-Patrón	03-05-2018	31-05-2018	28	316.13

✓ Resultados:

N° de espécimen	Código	Dimensiones(mm)			Tiempo de curado	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
		Largo	Ancho	Altura			
1	M 1 - Patrón	49.94	51.08	50.26	3	33.1	142
2	M 2- Patrón	50.06	50.85	50.34	3	32.0	128
3	M 3-Patrón	49.77	51.37	51.03	3	32.5	126
4	M 1 - Patrón	50.62	49.95	51.24	7	56.8	226
5	M 2- Patrón	49.82	51.08	49.77	7	54.7	219
6	M 3-Patrón	51.37	50.28	52.07	7	54.0	213
7	M 1-Patrón	50.97	51.23	51.01	28	75.0	298
8	M 2- Patrón	51.08	50.93	51.41	28	73.8	289
9	M 3- Patrón	51.01	51.49	50.88	28	74.9	291

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Trujillo, 31 de Mayo del 2018

Ing. E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CP. 123609



INFORME N°242/AGO18

Solicitante : Christian Jair Flores Céspedes
DNI : 70149798
Investigación : "Resistencia del mortero sustituyendo en un 10% y 15% del peso del cemento por cenizas de rastrojo de maíz"

Muestreo realizado por : Christian Jair Flores Céspedes
Fecha de recepción : 06 de Agosto del 2018

MUESTRA

Espécimen : Cubo de concreto moldeado, - Kg/cm²
Dimensiones : 50 mm x 50mm x 50mm
Aplicación de Norma : Resistencia a la compresión
bajo norma ASTM C 39/AASHTO T 22/NTP 339.034
N° de Especímenes : 6
Edad del Espécimen : 28 - n días

✓ Parámetros del Equipo:

Equipo: Compresión ELE Serie T automático, error de +/- 0.5 %

Modo	Unidades	Velocidad de Carga (KN/seg)
Mode 1 Compresión	SI	0.90

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Trujillo, 06 de Agosto del 2018


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509



INFORME N°242/AGO18

1. Resistencia a la compresión en testigos cilíndricos, ASTM C 39/ AASHTO T 22 / NTP 339.034

✓ **Parámetros de las muestras:**

N° de espécimen	Código	Fecha vaciado de mortero	Fecha de rotura	Tiempo de curado	Peso después de curado(gr)
1	M 1 – Exp. (10%) 28días	09-07-2018	31-08-2018	28	309.61
2	M 2 – Exp. (10%) 28días	09-07-2018	31-08-2018	28	310.93
3	M 3 – Exp. (10%) 28días	09-07-2018	31-08-2018	28	306.34
4	M 1 – Exp. (15%) 28días	09-07-2018	31-08-2018	28	307.89
5	M 2 – Exp. (15%) 28días	09-07-2018	31-08-2018	28	311.72
6	M 3 – Exp. (15%) 28días	09-07-2018	31-08-2018	28	310.99

✓ **Resultados:**

N° de espécimen	Código	Dimensiones(mm)			Tiempo de curado	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
		Largo	Ancho	Altura			
1	M 1 – Exp. (10%) 28 días	52.30	50.98	51.15	28	75.8	290
2	M 2 – Exp. (10%) 28 días	52.60	51.26	51.38	28	79.2	300
3	M 3 – Exp. (10%) 28 días	53.11	51.40	51.30	28	75.3	281
4	M 1 – Exp. (15%) 28 días	52.35	51.07	50.90	28	81.3	310
5	M 2 – Exp. (15%) 28 días	53.12	51.45	51.80	28	86.0	321
6	M 3 – Exp. (15%) 28 días	52.72	51.61	50.97	28	80.9	303

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Trujillo, 06 de Agosto del 2018



INFORME N°90/JUN18

Solicitante : Christian Jair Flores Céspedes
DNI : 70149798
Investigación : "Resistencia del mortero sustituyendo en un 10% y 15% del peso del cemento por cenizas de rastrojo de maíz"

Muestreo realizado por : Christian Jair Flores Céspedes
Fecha de recepción : 15 de Junio del 2018

MUESTRA

Espécimen : Cubo de concreto moldeado, - Kg/cm²
Dimensiones : 50 mm x 50mm x 50mm
Aplicación de Norma : Resistencia a la compresión
bajo norma ASTM C 39/AASHTO T 22/NTP 339.034
N° de Especímenes : 12
Edad del Espécimen : 3 - n días

✓ Parámetros del Equipo:

Equipo: Compresión ELE Serie T automático, error de +/- 0.5 %

Modo	Unidades	Velocidad de Carga (KN/seg)
Mode 1 Compresión	SI	0.90

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Trujillo, 18 de Junio del 2018


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509



INFORME N°90/JUN18


2. Resistencia a la compresión en testigos cilíndricos, ASTM C 39/ AASHTO T 22 / NTP 339.034

✓ Parámetros de las muestras:

N° de espécimen	Código	Fecha vaciado de mortero	Fecha de rotura	Tiempo de curado	Peso después de curado (gr)
1	M1-Exp. (15%) 3días	12-06-2018	15-06-2018	3	302.14
2	M2-Exp. (15%) 3días	12-06-2018	15-06-2018	3	299.48
3	M3-Exp. (15%) 3días	12-06-2018	15-06-2018	3	300.65
4	M1-Exp. (10%) 3días	12-06-2018	15-06-2018	3	306.03
5	M2-Exp. (10%) 3días	12-06-2018	15-06-2018	3	303.35
6	M3-Exp. (10%) 3días	12-06-2018	15-06-2018	3	300.80
7	M1-Exp. (15%) 7días	08-06-2018	15-06-2018	7	302.21
8	M2-Exp. (15%) 7días	08-06-2018	15-06-2018	7	306.42
9	M3-Exp. (15%) 7días	08-06-2018	15-06-2018	7	302.12
10	M1-Exp. (10%) 7días	08-06-2018	15-06-2018	7	308.31
11	M2-Exp. (10%) 7días	08-06-2018	15-06-2018	7	307.80
12	M3-Exp. (10%) 7días	08-06-2018	15-06-2018	7	308.37

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Trujillo, 18 de Junio del 2018


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509



✓ **Resultados:**

N° de espécimen	Código	Dimensiones (mm)			Tiempo de curado	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
		Largo	Ancho	Altura			
1	M1-Exp. (15%)3 días	51.49	51.17	51.50	3	42.1	163
2	M2-Exp. (15%) 3 días	51.12	50.97	5136	3	44.7	174
3	M3-Exp. (15%) 3 días	51.15	51.01	51.30	3	41.1	160
4	M1-Exp.(10%)3 días	51.01	51.27	51.40	3	49.2	191
5	M2-Exp. (10%) 3 días	51.00	5124	5123	3	46.4	182
6	M3-Exp. (10%) 3 días	5127	50.97	51.24	3	46.6	182
7	M1-Exp. (15%) 7 días	50.79	51.72	50.83	7	59.3	230
8	M2-Exp. (15%)7 días	50.88	50.95	50.75	7	59.5	234
9	M3-Exp.(15%)7 días	50.97	50.93	5120	7	55.6	218
10	M1-Exp. (10%) 7 días	5225	52.30	51.40	7	58.0	216
11	M2-Exp. (10%) 7 días	52.16	52.26	52.93	7	58.0	217
12	M3-Exp. (10%) 7 días	52.16	51.45	5222	7	58.4	222

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Trujillo, 18 de Junio del 2018


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

ANEXO N°7

PANEL FOTOGRAFICO

MATERIALES A SUSTITUIR POR EL CEMENTO:

RASTROJO DE MAIZ



FIGURA N°7 – N°8: RASTROJO DE MAIZ (PAG. 26)

EXTRACCION DE AGREGADO:

AGREGADO FINO:



**FIGURA N°9: RECOLECCION DEL
AGREGADO FINO DE LA CANTERA
“RUBEN” (PAG. 37)**

TRATAMIENTO DE MATERIALES PARA SUSTITUCION:

RASTROJO DE MAIZ:



**FIGURA N°10 – N°11 – N°12 – N°13: RASTROJO DE MAIZ LIMPIAS Y SECADAS A CIELO ABIERTO
(PAG. 36)**



**FIGURA N°14 – N°15:
RASTROJO DE MAIZ
INICIANDO EL PRE-
QUEMADO (PAG. 37)**





FIGURA N°16: MUESTRA DE RASTROJO DE MAIZ PUESTA A CALCINAR (PAG. 37)

ELABORACION DE PROBETAS DE MORTERO:

PROBETAS DE MORTERO PATRON:

PESADO DE AGREGADO FINO



FIGURA N°17: PESADO DE AGREGADO FINO

FLUIDEZ:



**FIGURA N°18: FLUIDEZ DE MORTERO PATRON
(PAG. N° 41)**



FIGURA N°19 – N°20: ELABORACIÓN DE LA MEZCLA PATRÓN (PAG. N°42)

VACEADO, CHUCEADO Y ENRASADO:



FIGURA N°21: LLENADO DE MORTEROS PATRONES (PAG. N°43)

PROBETAS DE MORTEROS EXPERIMENTALES:

FLUIDEZ:



FIGURA N°22: FLUIDEZ DE MORTERO EXPERIMENTAL (PAG. N°42)



6

FIGURA N°23 – N24: ELABORACIÓN DE LA MEZCLA EXPERIMENTAL (PAG. N°43)

VACEADO, CHUCEADO Y ENRASADO



FIGURA N°25: LLENADO DE MORTEROS EXPERIMENTALES (PAG. N°43)

DESCENCOFRADO DE MORTEROS PATRON:



FIGURA N°26: DESENCOFRADO DE MORTEROS PATRONES

ENSAYO DE MORTEROS PATRONES:



FIGURA N°27 – N°28: MORTEROS PATRONES CAPIADOS Y ENSAYADOS (PAG. N°44)

DESCENCOFRADO DE MORTEROS EXPERIMENTALES:



FIGURA N°29: DESENCOFRADO DE MORTEROS EXPERIMENTALES

ENSAYO DE MORTEROS EXPERIMENTALES





FIGURA N°30 – N°31 – N°32 – N°33 – N°34: MORTEROS EXPERIMENTALES CAPIADOS Y ENSAYADOS (PAG. N° 47)