

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**Sustitución de 4% de cemento por la combinación de arcilla y cenizas de paja de trigo para un concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>**

**Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil**

**Autor**

Castillejo Vega, Jhon Alex

**Asesor**

López Carranza Rubén

Huaraz – Perú

2018

**PALABRAS CLAVE:**

Tema	Concreto
Especialidad	Resistencia

**KEY WORDS:**

<b>Theme</b>	Concrete
<b>Speciality</b>	Resistance

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

Área	2. Ingeniería y Tecnología
Sub-área	2.1 Ingeniería civil
Disciplina	Ingeniería civil

## TITULO

**Sustitución de 4% de cemento por la combinación de arcilla y cenizas  
de paja de trigo para un concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>**

## RESUMEN

El propósito de la investigación fue conocer el efecto de la sustitución de 4% de cemento por la combinación de arcilla y ceniza de paja de trigo, estudio que se realizó en la ciudad de Huaraz, 2017, para lo cual se utilizó paja de trigo y arcilla del distrito de Yauya, agregados de la cantera de Taclán y cemento portland tipo I, para conocer si se llega a obtener un  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y comparar la resistencia respecto al patrón.

Dentro de la metodología se determinó el rango de activación de la ceniza de paja de trigo que es de  $900^\circ\text{C}$ , siendo su composición química  $\text{SiO}_2$  65.70%,  $\text{K}_2\text{O}$  11.58%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  10.25% entre otros y de la arcilla  $\text{SiO}_2$  74.20%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  17.23,  $\text{K}_2\text{O}$  2.78% entre otros, considerándose apto para su uso. No existe problemas con el pH, puesto que la combinación usada tiene un pH de 12.16. La relación A/C es de 0.68. Con la presente investigación se determinó que a los 28 días el concreto patrón llega a alcanzar una resistencia de  $225.74\text{ kg/cm}^2$  mientras que la resistencia a la compresión de la sustitución de 4% de ceniza de paja de trigo y arcilla llega a  $225.37\text{ kg/cm}^2$  y está por debajo en un 0.18%.

## ABSTRACT

The purpose of the research was to know the effect of the substitution of 4% cement by the combination of clay and wheat straw ash, a study that was carried out in the city of Huaraz, 2017, for which wheat straw was used and clay from the district of Yauya, aggregates from the Tacllan quarry and portland cement type I, to know if a  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  is obtained and compare the resistance with respect to the control.

Within the methodology was determined the activation range of wheat straw ash that is  $900^\circ\text{C}$ , its chemical composition being  $\text{SiO}_2$  65.70%,  $\text{K}_2\text{O}$  11.58%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  10.25% among others and clay  $\text{SiO}_2$  74.20%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  17.23,  $\text{K}_2\text{O}$  2.78% among others, considering itself suitable for use. There are no problems with pH, since the combination used has a pH of 12.16. The A/C ratio is 0.68. With the present investigation it was determined that after 28 days the concrete pattern reaches a resistance of  $225.74 \text{ kg/cm}^2$  while the resistance to compression of the substitution of 4% of wheat and clay straw ash reaches  $225.37 \text{ kg/cm}^2$  and is below 0.18%.

## ÍNDICE

<b>PALABRAS CLAVE:</b> .....	<b>i</b>
<b>TITULO</b> .....	<b>ii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>v</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO</b> .....	<b>18</b>
<b>III. RESULTADOS</b> .....	<b>25</b>
<b>IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>48</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>49</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>50</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>51</b>
<b>VIII. APENDICES Y ANEXOS</b> .....	<b>53</b>

## LISTA DE TABLA

<i>Tabla N° 01: Composición granulométrica del agregado fino</i> .....	25
<i>Tabla N°02: Composición granulométrica del agregado grueso</i> .	26
<i>Tabla N°03: Contenido de humedad del agregado grueso</i> .....	27
<i>Tabla N°04: Contenido de humedad del agregado fino</i> .....	27
<i>Tabla N°05: Peso Unitario Del Agregado Fino</i> .	27
<i>Tabla N°06: Peso unitario del agregado grueso</i> .....	28
<i>Tabla N° 07: Gravedad específica y % de absorción del agregado fino</i> .....	28
<i>Tabla N°08: Gravedad específica y % de absorción del agregado grueso</i> .....	29
<i>Tabla N°09: Cantidad de materiales por probeta de concreto patrón <math>f'c=210</math> kg/cm<sup>2</sup></i> .....	29
<i>Tabla N°10: Cantidad de materiales por probeta de concreto experimental con cemento sustituido en 4% por ceniza de paja de trigo y arcilla</i> .....	30
<i>Tabla N°11: Límite líquido</i> .....	37
<i>Tabla n°12: Límite plástico</i> .....	37
<i>Tabla n°13: Constantes físicas de la muestra</i> .....	38
<i>Tabla N°14: Ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días de edad</i> .....	39
<i>Tabla N°15: Ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días de edad</i> .....	41
<i>Tabla N°16: ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días de edad</i> .....	43
<i>Tabla N°17: Resumen de resistencia a la compresión</i> .....	45
<i>Tabla N°18: Fórmulas de análisis de varianza (anova)</i> .....	47
<i>Tabla N°19: análisis de varianza (anova)</i> .....	47

## LISTA DE GRAFICOS

<i>Grafico N°01: Curva granulométrica del agregado fino.....</i>	<i>25</i>
<i>Grafico N° 02: Curva granulométrica Del agregado grueso .....</i>	<i>26</i>
<i>Grafico N° 03: Contenido de humedad.....</i>	<i>37</i>
<i>Grafico N°04: Ubicación de los límites de atterberg en el diagrama de holtz y kovacs. ....</i>	<i>38</i>
<i>Grafico N°05: Resistencia a la compresión a los 7 días.....</i>	<i>40</i>
<i>Grafico N°06: Porcentaje de resistencia respecto a la resistencia de diseño 210kg/cm2 a los 7 días.....</i>	<i>40</i>
<i>Grafico N° 07: Resistencia a la compresión a los 14 días.....</i>	<i>42</i>
<i>Grafico N° 08: Porcentaje de resistencia respecto a la resistencia de diseño 210kg/cm2 a los 14 días.....</i>	<i>42</i>
<i>Grafico N° 09: Resistencia a la compresión a los 28 días.....</i>	<i>44</i>
<i>Grafico N° 10 : Porcentaje de resistencia respecto a la resistencia de diseño 210kg/cm2 a los 28 días.....</i>	<i>44</i>
<i>Grafico N° 11: Comparación de las resistencias a la compresión a los 7,14 y 28 días. ....</i>	<i>45</i>
<i>Grafico N° 12: Evolución de las resistencias a la compresión según los días de curado del concreto patrón y experimental. ....</i>	<i>.....</i>

## I. INTRODUCCIÓN

El concreto es una mezcla de piedras, arena, agua y cemento que al solidificarse constituye uno de los materiales de construcción más resistente para hacer bases y paredes.

La importancia del concreto radica en su fácil maleabilidad, que le permite adaptarse a multitud de tipos diferentes de construcciones. Además, es resistente al fuego y muy económico, lo que lo convierte en el material más valorado en el mundo de la construcción.

El cemento es un componente fundamental del concreto, por lo cual en el presente trabajo de investigación se pretende determinar el efecto en la resistencia del concreto de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con la sustitución de 4% de cemento por la combinación de arcilla y ceniza de paja de trigo.

Se realizaron ensayos comparativos entre el concreto patrón y concreto con sustitución al 4% de cemento por la combinación de arcilla y cenizas de paja de trigo, para lo cual se realizaron 18 especímenes cilíndricos de concreto de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, conservando la relación A/C en ambos diseños para un  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ . Se utilizó un cemento portland para dicho experimento.

En los antecedentes se aprecia que Yagual, V. (2015), en su tesis para obtener el título de ingeniería civil denominada “Hormigón Liviano De Alto Desempeño Con Arcilla Expandida” realizado En La Universidad Estatal Península de Santa Elena, tuvo como objetivo general elaborar hormigón liviano con arcilla expandida y definir sus propiedades, concluyo que según la norma ASTM C330, que la arcilla expandida cumple con los requisitos de agregado ligero para mezclas de hormigón. Según la norma ASTM C1.576-13, se determinó que no existe una reacción de los álcalis del cemento con la sílice del agregado grueso (arcilla expandida) también que las densidades del hormigón liviano con arcilla expandida obtenidas están entre 1594 a

1781 kg/m<sup>3</sup> cumpliendo con la norma del ACI 318 que clasifica a los hormigones como livianos con densidades entre 300 a 1850 kg/m<sup>3</sup>. Consiguiendo una disminución del peso del hormigón hasta en un 40%, valor bastante significativo en comparación con el hormigón convencional.

Chackchouk, Samet y Mnif (2006). Muestran arcillas de Tunez de diferentes lugares, se calcinan a diferentes temperaturas: 600, 700 y 800 °C. se estudian las propiedades físicas de ambas muestras no tratadas o patrones y las calcinadas geotécnicas y químicas. La actividad puzolánica de las arcillas calcinadas se evalúa por resistencia a la compresión se realiza en hidróxido de calcio en minicilindros de arcillas calcinadas. Se encontró que el estudio geotécnico asociado con el análisis químico para ser útil para predecir la actividad puzolánica de las arcillas. Las arcillas ricas en caolinita mostraron tener la mayor resistencia y por lo tanto la mayor actividad puzolánica. La presencia de algunas arcillas minerales tales como la ilita, montmorillonita y moscovita no mejora la actividad puzolánica a pesar de su nivel relativamente alto de sílice, alumina y hierro.

Villegas M. (2012). en su tesis para obtener el título de ingeniería civil denominada “estudio de la Factibilidad Técnica del diseño de Bloques de concreto Sustituyendo el agregado fino por Aliven” realizado en la universidad nueva Esparta, tuvo como objetivo general determinar la factibilidad técnica del diseño de concreto sustituyendo el agregado fino por aliven, concluyo que definir las características físicas de los bloques de concreto con la utilización del agregado liviano que el peso aproximado de los bloques fue de 6.9kg, el porcentaje de absorción resulto favorable incluso estuvo por encima de los bloques pesado ligeros dando por entender que los bloques de aliven son excelentes tanto para paredes exteriores como interiores también los resultados obtenidos se pueden constatar que los bloques de concreto de 100% aliven tiene un peso menor de casi el 40% con los bloques tradicionales.

Hernández F. (2009), en su tesis de maestro en ciencias “Estudio del Método de Sustitución aplicado arcillas expansivas de Querétaro” realizado en la universidad autónoma de Querétaro Facultad de ingeniería, tuvo como objetivo general “determinar si el material inerte que se utiliza en el método de sustitución para suelos expansivos, cumple con las propiedades indispensables como baja permeabilidad y resistencia aceptable. Así mismo proponer y estudiar mezclas con cal y cemento y algunas otras como arcilla con cal y cemento, que puedan ser otra alternativa como material de sustitución”, concluyo que la arena limosa conocida en la región como “tapetate”, en condiciones naturales presenta permeabilidad semejante al de una arena fina y mezclado con cal y cemento lo incrementa por lo tanto este material en condiciones naturales y mezclado con cal y cemento no cumplen el objetivo de ser un material eficiente que pueda ser utilizado en sustitución de la arcilla expansiva debido a su permeabilidad, aunque sea inerte también que la resistencia de la arcilla-cal y la arcilla-cemento tuvieron grandes diferencias entre ellas como el tiempo y con los porcentajes, presentándose mayor resistencia en las mezclas de suelo cemento. La expansión en la arcilla deja de presentarse en las mezclas de cal y cemento a partir de 4% se logra eliminar por completo la expansión con las mezclas del 6% para ambos casos.

MA-TAY (2014), en su tesis para título profesional denominada “valorización de cenizas de bagazo procedentes de honduras: posibilidades de uso en matrices de cemento portland” realizado en la universidad Universitat Politècnica de Valencia, tuvo como objetivo general fundamental de esta investigación es estudiar la posible valorización de diferentes muestras de ceniza de bagazo de caña de azúcar procedente de Honduras. Para ello, se pretende realizar una caracterización físico-química, así como evaluar la reactividad puzolánica para su posible adición en morteros y hormigones, concluyo que la adición de ceniza disminuyó la trabajabilidad de los morteros, la demanda de agua de la ceniza generada por su elevada superficie específica disminuyó la trabajabilidad de los morteros con ceniza con respecto al

mortero control, para los morteros de Choluteca la disminución de la trabajabilidad fue del mismo orden de magnitud. También La influencia de la ceniza de bagazo sobre la resistencia a compresión de morteros fue significativa. Para probetas con un 25% de sustitución de cemento por ceniza curadas a 40°C durante 28 días, las probetas fueron un 15% más resistentes que las probetas control, mientras que las probetas de Choluteca presentaron un 9% más de resistencia que las del control. En el caso de probetas curadas a 20°C durante 90 días, las probetas fueron un 14% más resistente que el control y las probetas de Choluteca presentaron un 11% más de resistencia.

Villegas, M. (2012), en tesis para optar el título en maestro en tecnología de la construcción denominada “utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base cementicia destinados a la construcción de viviendas de bajo costo” realizado en la universidad nacional de ingeniería , tuvo como objetivo general es la valoración de las puzolanas naturales y cenizas de cáscara de arroz como materiales susceptibles de ser incorporados en la elaboración de elementos prefabricados (viguetas, bloquetas, techos Domozed, tejas y adoquines de concreto) y ser utilizados también en los morteros de uso en la construcción de viviendas de bajo costo, concluyo que los ensayos de energías dispersas y rayos X (EDX), nos indican que las puzolanas y cenizas de cáscara de arroz estudiado contienen mayoritariamente Sílice (Si) en un 94% y 4% en menores proporciones de Potasio Sodio, Calcio, lo que representan materiales con alto actividad puzolanica también. En el estudio se ha encontrado que las cenizas de cáscara de arroz son las que presentaron mejores propiedades mecánicas en la adición en morteros y concreto, siendo la ceniza de cáscara de arroz estudiado procedente de Tarapoto, la que tuvo mejor performance respecto a sus propiedades mecánicas, obteniéndose en reemplazo del cemento hasta un 15% similar resistencia a la mezcla de control.

Valencia E. (2013) en su tesis para optar el título de ingeniero civil denominada “Estudio Experimental Para Determinar Patrones De Correlación Entre La Resistencia A Compresión Y La Velocidad De Pulso Ultrasónico En Concreto Simple” realizado en la universidad Pontificia Universidad Católica Del Perú , tuvo como objetivo general Determinar la influencia del tamaño nominal del agregado grueso (Huso 57 y el Huso 67) en la Velocidad de Pulso Ultrasónico, y determinar la influencia de la relación Agua/Cemento (0.50, 0.70 y 0.90) en la Velocidad de Pulso ultrasónico, concluyo que El Ensayo de Ultrasonido en el concreto resulta ser una prueba sencilla y rápida de realizar, sin embargo sus resultados están influenciados por varios factores internos (propios del material) y externos (propios de las condiciones de ensayo),y Se comprueba que la influencia de la relación Agua/Cemento en la Velocidad de Pulso Ultrasónico es inversamente proporcional, es decir para una misma edad se tiene mayor Velocidad de Pulso Ultrasónico en un concreto con  $A/C = 0.5$  respecto de uno con  $A/C = 0.9$ ; lo cual confirma otra de las hipótesis de la presente investigación.

La presente investigación se fundamenta científicamente en la tecnología del concreto, en los principios básicos de la resistencia de materiales, así como en los estudios científicos que se viene realizando sobre la resistencia del concreto con la sustitución del cemento por ceniza.

La justificación de esta investigación es el aporte teórico del trabajo es que permite determinar el efecto de la sustitución de 4% de cemento por la combinación de arcilla y cenizas de paja de trigo en la resistencia del concreto, con el fin de encontrar alternativas de materiales para su aplicación en el campo de la ingeniería civil.

La importancia del concreto en la industria de la construcción, la demanda creciente dentro de la tecnología del concreto y la ausencia de nuevos materiales adecuadas dentro de nuestra provincia originan que se indague nuevos materiales que

posean cualidades que mejoren las propiedades mecánicas del concreto, también se busca que el ecosistema no esté tan afectado por esta demanda.

El propósito de la investigación es hacer uso de la arcilla natural, y las cenizas de paja de trigo lo que convierte en un material ligero. Su resistencia y dureza la hace ideal para el uso de concreto. Con lo cual se busca lograr mejorar las características de dicho concreto, Con esta alternativa que se propone en este estudio para la elaboración de concreto, se beneficiara a las zonas de bajos recursos económicos, social y ambiental.

En el planteamiento de problema se recalca que al investigar las problemáticas estructurales y medio ambientales generales existentes en nuestra localidad, la ciudad de Huaraz, ubicada en un área geográfica de condiciones geológicas adversas hace que las estructuras de las obras civiles de concreto expuestas presenten deterioro. Las obras civiles de importancia que se están realizando muchas veces presentan elementos con déficit y elevado costo.

En búsqueda de la solución más factible, se logró investigar que el concreto siendo el material de construcción más empleado, por muchos años en la ingeniería se ha preocupado de la resistencia y que tenga un bajo costo, dejando algo de lado la contaminación ambiental que causan los aditivos que se le adicionan para mejorar la resistencia del concreto. Para responder a esta problemática se hace indispensable estimular la construcción de viviendas con materiales locales, como la arcilla y la ceniza de paja de trigo, de bajo costo y tecnologías de construcción.

Partimos nuestro trabajo de investigación, buscamos innovar el concepto de autoconstrucción para las zonas pobres. La utilización de paja de trigo y la arcilla Activada, busca comprobar que estos materiales pueden sustituir parcialmente al cemento en un diseño de concreto.

Para la presente investigación, se plantea el siguiente problema:

¿Cuáles es el efecto de la sustitución de 4% de cemento por la combinación de arcilla y cenizas de paja de trigo para un concreto  $F'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>?

Según Sotil, Z. (2015), el concreto es un material homogéneo compuesto por dos elementos: pasta y agregados. La pasta es una mezcla de cemento y agua, la cual une a los agregados finos y gruesos (arena y piedra), formando así un material sólido similar a una roca (solo en apariencia más no en propiedades). Esto se debe al endurecimiento de la pasta, la cual se da mediante una reacción química entre las partículas de cemento y el agua.

El concreto está compuesto por diversos materiales como: cemento, agua, aire, agregado grueso, agregado fino y aditivos. Cada uno de ellos tiene un rol muy importante en el comportamiento del concreto en sus diferentes estados, aportando diversas características para la resistencia del mismo. De esta manera, se debe realizar ensayos con el fin de comprobar que se cumplan los requerimientos para obtener un concreto con la calidad y comportamiento adecuado según las especificaciones deseadas. Sotil, Z. (2015).

Sotil, Z. (2015), indican que el cemento es uno de los componentes más importantes para la producción del Concreto. El cemento más usado es el Portland, el cual fue creado en Inglaterra por Joseph Aspidin. En esencia, es un material aglomerante con la capacidad de unir a los demás agregados del concreto y formar la pasta. Para que ello suceda, debe ocurrir un proceso conocido como hidratación, el cual se da al entrar en contacto con el agua. El cemento posee distintos compuestos, siendo los cuatro más importantes el silicato tricálcico, silicato cálcico, aluminato tricálcico y ferroaluminato tricálcico. Además de estos compuestos principales hay otros que tienen un rol menos preponderante en el proceso de hidratación. Por otro lado, de acuerdo al Reglamento Nacional de Concreto NTE 060, derivado del ACI318.

Las calizas, esencialmente silicatos cálcicos, y las arcillas, principales aportadoras de sílice junto con sus intermedias las margas, aportadoras de alúmina y hierro, constituyen de las que pudiera llamarse materias primas principales para la fabricación del cemento portland. Valencia E. (2013).

Valencia E. (2013) afirma que cuantitativamente el componente más importante del cemento es la cal, siguiéndola a gran distancia la sílice, a está la alúmina y finalmente el óxido de hierro. Composición de la Materia Prima para la elaboración del cemento: Oxido de Calcio (CaO), Oxido de Silice (SiO<sub>2</sub>), Oxido de Aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Oxido de Fierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Oxido de Magnesio, Sodio.

Según Sotil, Z. (2015), el agua es un elemento muy importante para la producción del concreto ya que, al unirse con el cemento, como se ha explicado anteriormente, ocurre la hidratación produciéndose así la pasta. La norma técnica peruana para agua de mezclado está basada en criterios de performance. Debemos considerar que generalmente el agua potable es conveniente para preparación del concreto, si no fuera así o no hubiera en la zona agua potable se deberá cumplir con los criterios de la NTP 339.088 “Agua para morteros y hormigones de cemento Portland. Requisitos”. Además de su función como hidratante, ayuda a la mejora de la trabajabilidad de la mezcla.

La norma de concreto armado E060 del Reglamento Nacional de Edificaciones clasifica como agregado grueso al material retenido en el tamiz N°4; la grava, proveniente de la desintegración de los materiales pétreos; la piedra triturada o chancada. Asimismo, define al agregado fino como la arena proveniente de la desintegración natural de las rocas. Finalmente, de acuerdo a dicha norma, los agregados deben cumplir con los requisitos de cada ensayo establecidos en cada NTP específica. Sotil, Z. (2015).

Según Montalvo, G. (2015), los aditivos son los componentes que tienen como función principal la mejora de las propiedades del concreto. Se clasifican en: acelerantes que se encargan de acortar el tiempo de fragua del concreto, retardadores que alargan el tiempo de fragua del concreto, incorporadores de aire que son aditivos que se encargan de agregar burbujas de aire al concreto, esto generalmente se utiliza en zonas donde se presentan heladas y plastificantes que son aditivos que disminuyen el contenido de agua en el concreto y aumentan considerablemente la facilidad de colocación, consolidación y acabado del concreto fresco.

Guevara, M. (2015) menciona que el concreto posee dos estados: el estado fresco y el estado sólido. Cada uno de estos posee distintas propiedades ya que varían en comportamiento y uso.

Sotil, Z. (2015) indican que la trabajabilidad es una propiedad del concreto que se define como la facilidad de colocación, consolidación y acabado del concreto en estado fresco. Esta es una propiedad a la cual se le debe tener bastante consideración debido a que, para lograr una óptima colocación del concreto este debe ser trabajable. La medición de la trabajabilidad es llevada a cabo mediante el ensayo conocido como cono de Abrams, el cual arrojará como resultado una medida cuantitativa conocida como Slump.

Según Yagual V. (2015) el sangrado es la aparición de una lámina de agua en la superficie de la mezcla recién colocada. Es causada por dos fenómenos, el asentamiento de las partículas sólidas y en simultáneo, la subida del agua hacia la superficie.

Montalvo, G. (2015), afirma que el tiempo de fraguado es lo que demora el concreto en llegar a su estado endurecido. El fraguado puede ser medido mediante la aguja de Vicat.

La resistencia del concreto es la capacidad que tendrá el concreto de resistir a las diferentes sollicitaciones siendo las principales: Resistencia a la compresión, flexión y tracción. La propiedad sobresaliente del concreto es la resistencia a la compresión, sin embargo, la resistencia a la tracción, Comparándolo con la compresión, es de 10%; es por ello que se le sustituye arcilla y cenizas de paja de trigo al concreto, el cual aumenta características para resistir a la tracción. Trabaja en conjunto con el concreto para darle un mejor comportamiento frente a estos dos esfuerzos. Cabe resaltar que la resistencia está estrechamente ligada con la relación agua-cemento. Yagual V. (2015).

Sotil, Z. (2015) indican que la impermeabilidad viene a ser la capacidad del concreto de resistir la penetración del agua y el estancamiento o hermeticidad es la habilidad para la retención del agua.

Sotil, Z. (2015) señalan que el concreto es un material que constantemente cambia su volumen, puede dilatarse como contraerse, debido a distintos factores, tales como la temperatura, humedad y tensiones. Debido a estas variaciones se pueden producir fisuraciones y una manera de controlarlas es mediante juntas, las cuales son ranuras que se hacen en el concreto, por lo general en losas.

Montalvo, G. (2015), afirma que la durabilidad es la habilidad del concreto para resistir a distintos tipos de ambientes, ataques químicos y a la abrasión (desgaste). La durabilidad varía según el tipo de concreto y de la exposición del mismo al medio ambiente.

Según Sotil, Z. (2015), la producción del concreto pasa por distintas etapas, desde su diseño de mezcla hasta la colocación final. Estas etapas deben de seguir procedimientos normados para tener un producto terminado de buena calidad. Las etapas del concreto son:

La dosificación consiste en la medición por masa o volumen de los componentes del concreto. Este proceso se debe dar para obtener un concreto de buena calidad, generalmente la medida debe estar dada en masa, debido a que la mayoría de estos pueden ser medidos con mayor precisión en esta unidad. Sotil, Z. (2015).

Sotil, Z. (2015), indican que el proceso de mezcla del concreto culmina cuando se observe una masa de apariencia homogénea y uniforme. El tiempo de mezclado debe ser de acuerdo a lo recomendado por el fabricante, para los concretos mezclados in situ se recomienda que mínimo sea por 1 minuto más 15 segundos por cada metro cúbico adicional, pero este dato es referencial lo que lo adecuado es mezclarlo hasta llegar a tener una mezcla uniforme.

Sotil, Z. (2015), mencionan que el transporte del concreto es una etapa muy importante puesto que, durante el transporte pueden producirse ocurrencias que alteren la calidad.

Sotil, Z. (2015) indican que, en el concreto a pesar de estar en estado endurecido, sigue ocurriendo el proceso de hidratación, por lo cual debe mantener un contenido de agua para que la hidratación se complete y alcance las características para las cuales ha sido diseñado. De esta manera, el curado consiste en mantener húmedo el concreto. Existen diversas maneras de hacerlo, una de ellas, y la más simple, es vertiendo o proyectando agua sobre el concreto; por medio de yutes, los cuales son unas telas especiales capaces de mantener el agua en ellas; a través de las conocidas arroceras, más usadas en losas; y mediante productos químicos, que son usadas en elementos (verticales, columnas, vigas y placas).

Córdova & Guizado (2012), indica que la fisuración es una consecuencia directa de la baja resistencia a la tracción del concreto. También pueden darse debido a la compresión y puede estar presente en cualquier tipo de estructura desde edificaciones, hasta toda clase de obra civil en donde participe el concreto. Dichas

fisuras pueden manifestarse en años, semanas, días u horas debido a las distintas causas. Esta patología en el concreto puede afectar la apariencia de la estructura; sin embargo, también puede indicar fallas estructurales ya que, debido a ellas, agentes químicos pueden entrar en contacto con la armadura del elemento o con el mismo concreto, debilitando así la estructura y afectando la durabilidad.

Según Alujas, A. (2010), los minerales de arcillas son básicamente silicatos hidratados de aluminio, con una estructura cristalina parecida a las micas. Se forman por meteorización o alteración hidrotermal de silicatos ricos en aluminio. El principal factor de esta alteración físico-química es el agua. Las arcillas transportadas y depositadas forman estratos tabulares o lentes y sus impurezas por lo general son el cuarzo o limos.

Yagual, Z. (2010) señalan que la arcilla expandida es un árido de origen cerámico. Se obtiene a partir de arcilla pura extraída de cantera a cielo abierto. Se caracteriza por sus esferas irregulares con una superficie externa cerrada. En su interior, posee gran porosidad y presenta un color negro calcinado. Esta se expande de forma natural debido a los gases de combustión internos, a una temperatura de 1.100°C y 1.300°C, incrementando su tamaño inicial en 20% y un 40%. Su granulometría está entre 10-16 mm. Cabe indicar que la arcilla expandida no contiene materia orgánica.

Según Camejo, A. (2013) las arcillas son materiales que están compuestos por una estructura cristalina que está formada principalmente por dos grupos: grupos de sílice tetraédricos y grupos de alúmina octaédricos.

Según Boullosa, N. (2010), la paja de trigo es un subproducto fibroso altamente disponible, aunque su utilización en alimentación animal está limitada por su bajo valor nutritivo. La composición de la paja depende de la proporción de hojas/tallos, el diámetro del tallo y la altura de la planta, de modo que se presentan variaciones ligadas a la especie, el eco tipo o la climatología, las pajas más abundantes en Ancash

por la extensión de su área de cultivo y su facilidad de recolección son las de trigo y cebada. Ambas tienen una composición similar.

La primera etapa corresponde a la maduración del trigo, después de este haber conseguido su tiempo óptimo se procede a la cosecha también llamado siega de trigo. Posteriormente se procede a trillar mediante el cual se separa la paja del trigo, recoger la paja en costales y guardar para su posterior uso en diferentes actividades. Boulosa, N.(2010).

Boulosa, N.(2010), indica que pese a no haber alcanzado un reconocimiento unánime como material de construcción, la paja ha demostrado su idoneidad no sólo como elemento estructural, sino también como material termorregulador, en detrimento de materiales aislantes compuestos por polímeros de plástico que son desarrollados por firmas petro-químicas sólidamente implantadas en el sector de la construcción. Como material aislante, los fardos de paja comprimida son tecnológicamente más apropiados que las más costosas, sintéticas y potencialmente perjudiciales para la salud y el medio ambiente- sustancias derivadas de polímeros sintéticos (poliestireno, polietileno, poliuretano, aerogel), lanas minerales (fibra de vidrio, lana de roca), o minerales

La paja trigo es utilizado como forraje para el ganado y elaboración de ladrillos de adobe, y tarajeos de paredes. La paja supera a sus alternativas aislantes en adaptación al clima y regulación térmica; facilidad de instalación; durabilidad, resistencia a la compresión y a los movimientos del suelo; coste; efectos tóxicos; impacto ambiental, Una de las razones que nos lleva proponer e incentivar el uso de las plantas es que principalmente es estas especies interactúan con el medioambiente y demás especies. Ivonne, D.(2011).

Ríos, G. (2011), indica que los agregados finos o arenas es el material que resulta de la desintegración natural de las rocas, extraída de los ríos, los lagos,

depósitos volcánicos o arenas artificiales, esto es, que han sido manufacturadas. Este debe ser por lo general, químicamente inerte, libre de cualquier recubrimiento y el cual está conformado normalmente por partículas entre 4.75 y 0.075mm. La granulometría del agregado fino va de aquel diámetro que pasa la malla N° 4 y se retiene en la malla N° 200. Debe de estar libre de impurezas orgánicas que puedan reducir seriamente la resistencia del concreto.

Ríos, G. (2011), afirma que la granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determinan por el análisis granulométrico. El tamaño de partícula del árido se determina por medio de mallas con abertura cuadrada. Las siete mallas para agregado fino, tienen aberturas que varían desde la malla N° 4 hasta la N° 200. Las trece mallas para el agregado grueso tienen aberturas que varían desde 3/8” hasta 4”.

Abanto, F. (2003) define como agregado grueso al material retenido en el Tamiz NTP 4.75 mm o el Tamiz N°4, y que cumple con los límites establecidos en las Normas ITINTEC 400.037 ó ASTM C 33. El agregado grueso puede consistir de piedra partida, grava natural o triturada, agregados metálicos naturales o artificiales, concreto triturado, o una combinación de ellos. Estará conformado por partículas cuyo perfil ser preferentemente angular o semiangular, limpias, duras, compactas, resistentes, de textura preferentemente rugosa y libres de material escamoso o partículas blandas.

Según Abanto, F. (2003) de acuerdo a la Norma NTP 400.037, el tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de agregado grueso. Granulometrías muy disímiles pueden dar el mismo valor del tamaño máximo del agregado grueso. Ello debe tenerse presente en la selección del agregado, de su granulometría y las proporciones de la mezcla.

Abanto, F. (2003) denomina peso unitario o peso volumétrico del agregado, ya sea suelto o compactado, el peso que alcanza un determinado volumen unitario. Generalmente se expresa en kilos por metro cúbico del material. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y en el caso de dosificarse el concreto por volumen.

El peso específico de los agregados que se expresa también como densidad, adquiere importancia en la construcción cuando se requiere que el concreto tenga un peso límite. Además, el peso específico es un indicador de calidad en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles, caso en que es recomendable efectuar pruebas adicionales. Valencia E. (2013).

Valencia E. (2013), menciona que con respecto a la masa del agregado, el término vacíos se refiere a los espacios no ocupados entre las partículas de agregado. Puede decirse que este valor es la Diferencia entre el volumen bruto o volumen total de la masa de agregado y el Espacio realmente ocupado por las partículas.

Según Valencia E. (2013), Los agregados presentan poros internos, los cuales se conocen como abiertos cuando son accesibles al agua o humedad exterior sin requisito de presión diferenciándose de la porosidad cerrada, en el interior del agregado, sin canales de comunicación con la superficie a la que se alcanza mediante fluidos bajo presión.

Respecto a las variables consideradas en la presente investigación podemos mencionar que la variable dependiente es la resistencia a la compresión y la variable independiente que el tesista manipula la cantidad de arcilla y ceniza de paja de trigo.

A continuación, se presenta por separado los cuadros resumen de las variables dependiente e independiente considerando las definiciones: conceptual, operacional y su indicador.

**Cuadro N°01:** variable dependiente, resistencia a la compresión

<b>Variable Dependiente</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Indicador</b>
Resistencia a la compresión.	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta de concreto bajo una carga capaz de cumplir con las condiciones indicadas en la norma N.T.P.	Kg/cm <sup>2</sup>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Cuadro N°02:** Variable Independiente Sustitución de cemento por 4% de arcilla y de ceniza de paja de trigo.

<b>Variable Dependiente</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Indicador</b>
Combinación de arcilla y cenizas de paja de trigo.	Producto de la calcinación a cielo abierto del trigo y la combinación con arcilla molida.	Sustitución de un porcentaje de cemento por la combinación de arcilla y ceniza de paja de trigo a un diseño convencional de concreto.	2% de arcilla y 2% de paja de trigo.

**Fuente:** Elaboración Propia.

La hipótesis planteada indica que cuando se sustituye un 4% de cemento por la combinación de arcilla y cenizas de paja de trigo se mejoraría la resistencia a la compresión de un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

El objetivo principal es determinar el efecto de la sustitución de 4% de cemento por la combinación de arcilla (2%) y cenizas de paja de trigo (2%) en la resistencia de un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

Entre los objetivos específicos tenemos:

Determinar la temperatura de calcinación de ceniza de paja de trigo mediante el análisis térmico diferencial ATD.

Determinar fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE), de la arcilla y ceniza de paja de trigo.

Determinar el pH de la arcilla, cenizas de paja de trigo y la combinación.

Determinar el índice de plasticidad de la arcilla.

Determinar la relación A/C del concreto patrón y de la combinación con arcilla y ceniza de paja de trigo.

Analizar y comparar la resistencia de las probetas de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  del concreto con 0% y 4% de arcilla y ceniza de paja de trigo a los 7, 14 y 28 días.

## II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

El tipo de investigación según el proceso es de tipo aplicada, puesto que la investigación está orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a procurar soluciones a fin de conocer el efecto de la sustitución del cemento por la combinación de arcilla (2%) y cenizas de paja de trigo (2%).

En coherencia con el fin de la ciencia es de tipo explicativa puesto que los datos de la investigación han sido obtenidos por observación de fenómenos condicionados por el investigador. Se utiliza la experimentación.

Es un diseño experimental porque es un proceso en el cual hemos estudiado el diseño convencional del concreto ( $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ) en comparación con el nuevo diseño elaborado con la sustitución parcial de ceniza de paja de trigo y arcilla, el estudio en su mayor parte se concentró en las pruebas realizadas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad San Pedro filial Huaraz, donde el investigador participó directamente en todos los procedimientos necesarios para la realización de los ensayos, obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en sus objetivos.

Siendo su diseño de investigación el diseño de bloque completamente al azar:

Para la realización de la presente investigación se tuvo como población de estudio al conjunto de todas las probetas de diseño de concreto según el estándar de construcción establecido  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Para lo cual se tuvo como materiales a los agregados grueso y fino, cemento, arcilla, ceniza entre otros.

**Cuadro N°03:** Resumen de número de probetas sin sustitución de cemento y probetas con sustitución de cemento por arcilla y ceniza de paja de trigo al 4% vs. Los días de curado.

Días de curado	Probetas con sustitución	
	0% (patrón)	2% de arcilla y 2% de ceniza de paja de trigo
7		
14		
28		

**Fuente:** Elaboración propia

Los agregados grueso y fino se obtuvieron de la cantera del río Santa ubicado en la localidad de Taclán.

La arcilla y la paja de trigo se obtuvieron de la localidad de Maribamba, del distrito de Yauya, provincia de Carlos Fermín Fitzcarrald, región Ancash.

La muestra estuvo constituida por 36 probetas de concreto en su totalidad con un diseño de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . De los cuales 18 probetas de concreto patrón sin sustitución, 18 probetas de concreto con sustitución de 4% de cemento por la combinación de arcilla y ceniza de paja de trigo.

La ubicación del material (arcilla y ceniza de paja de trigo) se muestra en la siguiente imagen:



**Fuente:** Google earth

**Fotografía N°01:** Maribamba, lugar de donde proviene la muestra.

la localidad de Maribamba posee una altitud: 3043 m.s.n.m, latitud  $8^{\circ}59'36.01''S$  y longitud  $77^{\circ}16'18.62''O$

*Cuadro N°04: Técnica e instrumento usado.*

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Observación	Guía de observación. Fichas técnicas del laboratorio de las pruebas realizadas.

**Fuente:** Elaboración propia.

El instrumento utilizado fue una guía de observación para registrar las resistencias de las probetas patrón y experimentales y fichas de laboratorio para los diversos ensayos y de la resistencia a la compresión.

Los datos obtenidos del laboratorio respecto a las resistencias a la compresión del concreto fueron ingresados a una hoja de cálculo de Microsoft Excel donde se realizaron los cálculos matemáticos y en el Software estadístico SPSS versión 22.0 en español se realizó la prueba de hipótesis a través de la prueba estadística de la ANOVA.

## **MATERIALES Y PROCEDIMIENTO**

### **Materiales**

Se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- ✓ Cemento portland tipo I
- ✓ Arcilla
- ✓ Ceniza de paja de trigo
- ✓ Agregado fino y grueso
- ✓ Agua
- ✓ Computadora
- ✓ Equipos de laboratorio de ensayo de suelos
- ✓ Mezcladora de concreto
- ✓ Impresora
- ✓ Calculadora
- ✓ Otros

### **Procedimiento**

Se realizaron los siguientes procedimientos:

Material experimental: **paja de trigo y arcilla**

- ✓ Los dos materiales en estudio: arcilla y la paja de trigo se acopiaron de la localidad de Maribamba, distrito de Yauya, provincia de Carlos Fermín Fitzcarrald, región Ancash.

- ✓ La paja de trigo se acopió a después de 5 días de realizada la cosecha. Esta recolección tuvo un tratamiento aleatorio, se cuarteó la muestra dos veces consecutivas obteniendo un promedio de 6 sacos de un volumen aproximado de  $0.50 \text{ m}^3 \text{ c/u}$ .
- ✓ El material presentaba inicialmente algunas impurezas como barro y restos material orgánico. Se trató de eliminar al máximo posible este material para evitar la contaminación de la muestra.
- ✓ Luego se procedió a seleccionar el material que presentará homogeneidad en el color y su aspecto superficial (limpio y seco).
- ✓ Posteriormente se cuarteó la selección y se guardó en sacos de yute, para posteriormente ser trasladados a un ambiente seco cubierto.
- ✓ Se realizó un pre-quemado de la paja de trigo a cielo abierto teniendo cuidado de no contaminar la muestra.
- ✓ Posteriormente se extrajo una muestra de ceniza (20 gr) aproximadamente, que pasó por la malla N°200 para realizar el análisis térmico diferencial en el laboratorio de polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo.
- ✓ Con los resultados obtenidos se calcinó la paja de trigo pre-quemado en la mufla del laboratorio de suelos de Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo-Huaraz.
- ✓ La ceniza se enfrió por 24 horas posteriormente se almacenó en bolsas de papel impermeabilizando el contenido para evitar que el material experimental absorba agua del ambiente.
- ✓ La recolección de la arcilla se realizó de un punto con estratos uniforme en color y con la menor cantidad de material orgánico.
- ✓ Se separó la arcilla de elementos como raíces, hojas y piedras, se trituro parte de la arcilla que se compacto por el traslado, se pesó muestra de arcilla de 3 kg

posteriormente se pasó por un colador con el fin de seguir separándola de piedras y material aun impregnado en ella. Esto se realizó promedio de dos veces con el fin de no desperdiciar el material.

- ✓ Se colocó la muestra en un recipiente donde se agregó agua al material y se agitó con una vara de madera, luego se vertió nuestra mezcla en un recipiente acondicionado con una malla. Donde pasó casi en su totalidad la mezcla de arcilla y agua, mediante este proceso se hace que cambie la composición química de la arcilla por último se dejó reposar la mezcla por 48 horas bajo sombra
- ✓ Luego de 48 horas la arcilla y el agua se separaron y se procedió a extraer el agua con mucho cuidado con una jeringuilla,
- ✓ Luego la arcilla se colocó en un recipiente para su secado bajo sombra este proceso demoró 8 días aproximadamente.
- ✓ Luego de haber secado nuestra arcilla, esta fue triturada y se volvió a pasar por la malla N° 200, de esta manera se obtuvo una arcilla natural limpia y activada mecánicamente la cual fue utilizada en la elaboración del concreto de la presente investigación.

### **Agregados**

- ✓ Se acopió el agregado fino y agregado grueso de la cantera de Tacllán ubicado a 900 m al sur de Huaraz, distrito y provincia de Huaraz.
- ✓ Se recolectó a azar 4 sacos de agregado fino y agregado grueso previo cuarteo in situ, se trasladó el material al Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad San Pedro filial Huaraz.
- ✓ Se procedió a realizar los ensayos de laboratorio a los agregados, como son: granulometría, cálculo de peso unitario, gravedad específica y % de absorción del agregado grueso.
- ✓ Se realizó análisis de pH del cemento tipo I, así como de la paja de trigo y las combinaciones realizadas.

- ✓ Se realizó análisis FXRDE de la arcilla y ceniza paja de trigo en el laboratorio de Arqueometría de la Universidad Nacional de San Marcos.
- ✓ Con los datos obtenidos se procedió a calcular la cantidad de material a usar por cada molde.
- ✓ Se procedió a realizar las probetas de concreto con la ayuda de una mezcladora de concreto, mezclando la ceniza de paja de trigo en los porcentajes calculados.
- ✓ Se realizó el curado de las probetas Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad San Pedro filial Huaraz.
- ✓ Se procedió a realizar las roturas de las probetas a los 7, 14 y 28 días. Cuidando que los procedimientos sean los indicados en la norma correspondiente.
- ✓ Con la ganancia de resistencias calculadas se procedió a realizar el cuadro ANOVA.
- ✓ Se realizó la redacción de tesis con todos los datos que se obtuvo.

### III. RESULTADOS

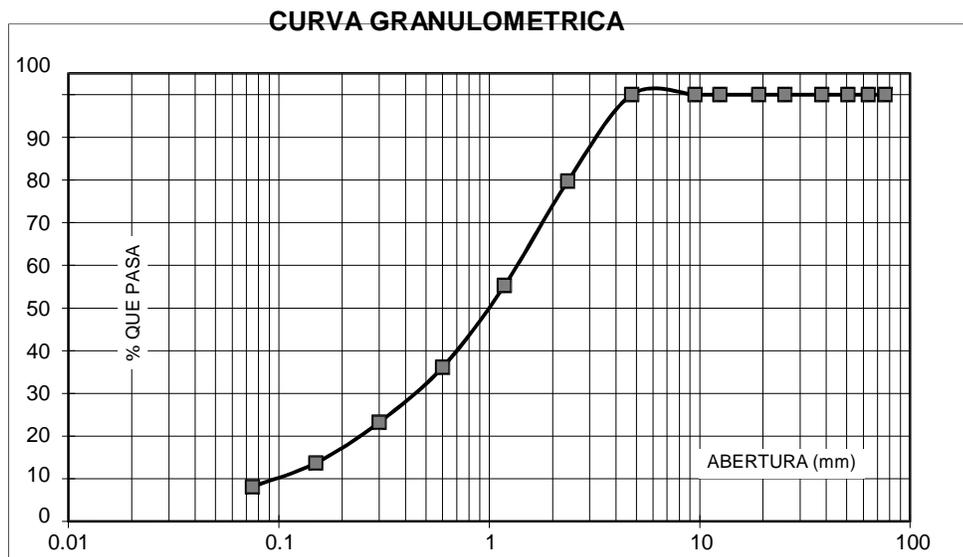
*Tabla N° 01: Composición granulométrica del agregado fino*

Abertura Pulg y #	mm	Retenidos en gr		% Retenido Acumulado	% Que pasa	Limite % Que Pasa ASTM C33	
		Parcial	Acumulado				
3/8´	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00	95	100
8	2.36	491.50	491.5	20.20	79.80	80	100
16	1.18	625.60	1117.1	46.00	54.00	50	85
30	0.60	456.50	1573.6	64.80	35.20	25	60
50	0.30	350.20	1923.8	79.20	20.80	5	30
100	0.15	132.80	2056.6	84.70	15.30	0	10
200	0.08	151.00	2207.6	90.90	9.10	0	5
		221.60	2429.2	100.00	0.00	-	-

**Módulo de finura (MF): 2.95**

**Valor asumido este entre 2.35 a 3.15**

Fuente: Elaboración Propia.



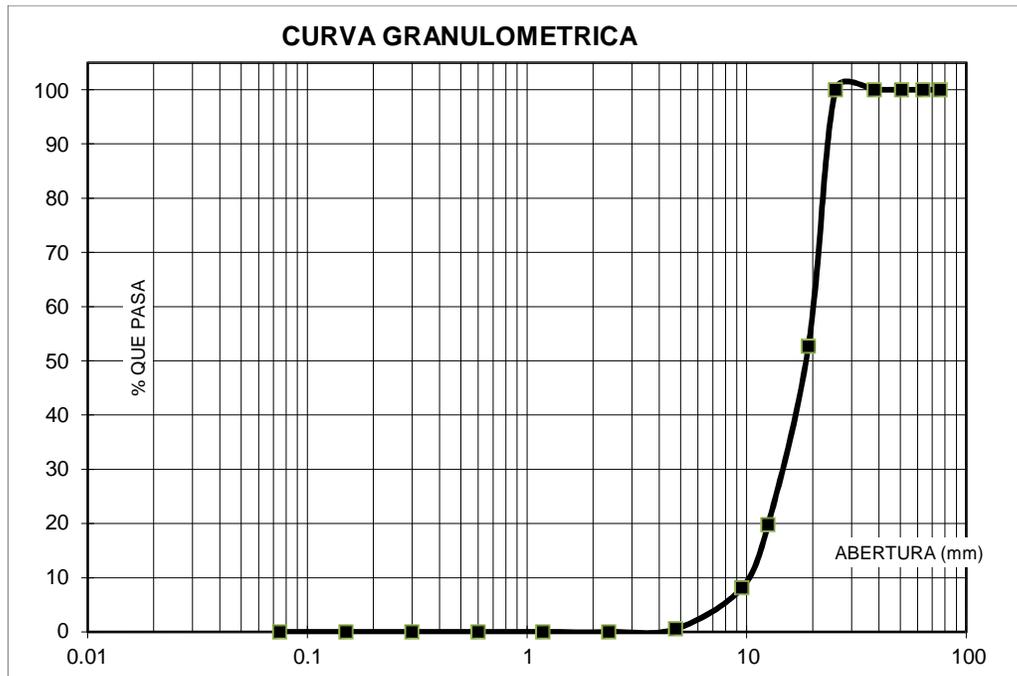
*Grafico N°01: Curva granulométrica del agregado fino*

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N°02: Composición granulométrica del agregado grueso .**

Abertura		Retenido en gr.		% Retenido	% Que	Limite % Que	
Pulg y #	mm	Parcial	Acumulado	Acumulado	pasa	Pasa ASTM C33	
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	-	-
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	-	-
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.10	6004.20	6004.20	44.50	55.50	90	100
1/2"	12.50	4567.80	10572.00	78.40	21.60	-	-
3/8"	9.52	1715.00	12287.00	91.10	8.90	20	55
N° 4	4.76	1122.80	13409.80	99.40	0.60	0	10
N° 8	2.36	81.20	13491.00	100.00	0.00	0	5
<b>Módulo de finura (MF):</b>				<b>7.42</b>			

Fuente: Elaboración Propia.



**Grafico N° 02: Curva granulométrica Del agregado grueso**

Fuente: elaboración propia.

**Tabla N°03: Contenido de humedad del agregado grueso.**

<b>N° de Tazón</b>		<b>16</b>	<b>1</b>
1	Peso de recp. + suelo húmeda.	1,536.00	1,496.00
2	Peso de recp. + suelo seco	1,506.80	1,462.80
3	peso de agua = (1) +(2)	29.20	33.20
4	peso de recipiente (gr)	161.90	170.40
5	peso de suelo seco	1,344.90	1,292.40
6	Humedad (3/5) x100 (%)	2.17	2.57
	humedad promedio	2.37	

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla N°04: Contenido de humedad del agregado fino.**

<b>N° de Tazón</b>		<b>11</b>	<b>18</b>
1	Peso de recp. + suelo húmeda.	1,040.00	1,109.00
2	Peso de recp. + suelo seco	982.60	1,048.00
3	peso de agua = (1) +(2)	57.40	61.00
4	peso de recipiente (gr)	158.40	164.50
5	peso de suelo seco	824.20	883.50
6	Humedad (3/5)x100 (%)	6.96	6.90
	humedad promedio	6.93	

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla N°05: Peso Unitario Del Agregado Fino .**

<b>Tipo de Peso Unitario</b>	<b>peso unitario suelto</b>			<b>peso unitario compactado</b>		
	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>muestra N°</b>						
peso de material + molde	7,855.00	7,860.00	7,867.00	8,301.00	8,313.00	8,326.00
peso del molde	3,426.00	3,426.00	3,426.00	3,426.00	3,426.00	3,426.00
peso del material	4,429.00	4,434.00	4,441.00	4,875.00	4,887.00	4,900.00
volumen del molde	2,776.00	2,776.00	2,776.00	2,776.00	2,776.00	2,776.00
peso unitario	1.60	1.60	1.60	1.76	1.76	1.77
promedio		1.60			1.76	

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla N°06:** *Peso unitario del agregado grueso.*

Tipo de Peso Unitario muestra N°	peso unitario suelto			peso unitario compactado		
	I	II	III	I	II	III
peso de material + molde	20,135.00	20,140.00	20,150.00	21,100.00	21,120.00	21,125.00
peso del molde	5,333.00	5,333.00	5,333.00	5,333.00	5,333.00	5,333.00
peso del material	14,802.00	14,807.00	14,817.00	15,767.00	15,787.00	15,792.00
volumen del molde	9,348.00	9,348.00	9,348.00	9,348.00	9,348.00	9,348.00
peso unitario	1.58	1.58	1.59	1.69	1.69	1.69
<b>promedio</b>		<b>1.58</b>			<b>1.69</b>	

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla N° 07:** *Gravedad específica y % de absorción del agregado fino.*

IDENTIFICACION	N°02
A Peso mat. Sat. Sup. Seca (en aire)	300.00
B Peso frasco + agua	670.70
C Peso frasco + agua + peso mat. Sup seca (aire) = (A+B)	970.70
D Peso del material. + agua en el frasco	857.30
E vol. De masa + vol. De vacios = C-D	113.40
F peso de mat. Seco en estufa (105°C)	296.60
G vol. De masa = E-(A-F)	110.00
pe bulk (base seca) = F/E	2.62
pe bulk (saturada) = A/E	2.65
pe aparente (base seca) =F/G	2.70
% de absorcion	1.15

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla N°08:** Gravedad específica y % de absorción del agregado grueso

<b>IDENTIFICACION</b>	<b>21</b>	<b>1</b>	<b>5</b>
A Peso mat. Sat. Sup. Seca (en aire)	1,077.00	836.00	872.00
B Peso mat. Sat. Sup. Seca (en agua)	670.30	525.80	545.30
C Vol. De masa / vol. De vacios = A-B	406.70	310.20	326.70
D Peso mat. Seco en estufa ( 105° C)	1,065.10	828.20	863.90
<u>E vol. de masa =C-(A-D)</u>	<u>394.80</u>	<u>302.40</u>	<u>318.60</u>
pe bulk (base seca) =D/C	2.62	2.67	2.64
<u>pe bulk (base saturada) = A/C</u>	<u>2.65</u>	<u>2.70</u>	<u>2.67</u>
pe aparente (base seca) = D/E	2.70	2.74	2.71
% de absorcion = ((A-D)/D)x100	1.12	0.94	0.94
promedio de absorcion		1.00	

**Fuente:** Elaboración Propia.

## CÁLCULO DE CANTIDAD DE MATERIALES

### Medida de molde:

Diámetro:	15.24 cm
Altura:	30.48 cm
V. del molde:	5559.999827 cm <sup>3</sup>
Más el 10 % del Vol:	6115.999809 cm <sup>3</sup>
Para 1 m <sup>3</sup> :	2334.46 kg
Para 0.006116 m <sup>3</sup> :	14.28 kg → 15 kg

**Tabla N°09:** Cantidad de materiales por probeta de concreto patrón  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>

	<b>Materiales</b>	
Cemento	299.71 kg/m <sup>3</sup>	1.76 kg
Agua efectiva	186.82 lt/m <sup>3</sup>	1.20 lt
Agregado fino húmedo	870.56 kg/m <sup>3</sup>	5.32 kg
Agregado grueso húmedo	973.37 kg/m <sup>3</sup>	5.95 kg
<b>TOTAL</b>	<b>2334.46 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>14.31 kg</b>

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla N°10:** Cantidad de materiales por probeta de concreto experimental con cemento sustituido en 4% por ceniza de paja de trigo y arcilla

<b>Materiales</b>		
Cemento	287,72 kg/m <sup>3</sup>	1.68 Kg
2% de ceniza	5,994 kg/m <sup>3</sup>	0.04 Kg
2% de arcilla	5,994 kg/m <sup>3</sup>	0.04 Kg
Agregado fino húmedo	870,56 kg/m <sup>3</sup>	5.32 Kg
Agregado grueso húmedo	973,37 kg/m <sup>3</sup>	5.95 Kg
<b>TOTAL</b>	2339.63 kg/m <sup>3</sup>	14.31 Kg

**Fuente:** elaboración propia

–Cantidad de cemento:	30.96 kg
– Ceniza:	0.72 kg
– Arcilla:	0.72 kg
–Agua efectiva:	21.60 lt
–Agregado fino húmedo:	95.76 kg
–Agregado Grueso húmedo:	107.10 kg
<b>Total:</b>	<b>256.80 kg</b>

## DISEÑO DE MEZCLA: PATRON

Solicita : Castillejo Vega Jhon Alex  
Tesis : Sustitución de 4% de cemento por la combinación de arcilla  
Y ceniza de paja de trigo para un concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>  
Cantera : Tacllan del distrito de Huaraz provincia de Huaraz  
Ceniza : Maribamba - prov. de Carlos Fermin Fitzcarrald  
Arcilla : Maribamba - prov. de Carlos Fermin Fitzcarrald  
Fecha : 12/07/2017

### ESPECIFICACIONES

La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI  
La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días

### MATERIALES

A.- Cemento:

Tipo I "Pacasmayo"  
Peso específico: 3.12

B.- Agua:

Potable, de la zona

C.- Agregado fino:

CANTERA : TACLLAN-HUARAZ-HUARAZ

-	Peso específico de masa	2.65
-	Peso unitario suelto	1600 kg/m <sup>3</sup>
-	Peso unitario compactado	1760 kg/m <sup>3</sup>
-	Contenido de humedad	6.93 %

- Absorción	1.15	%
- Módulo de fineza	2.95	

D.- Agregado grueso:

CANTERA : TACLLAN -HUARAZ-HUARAZ

Piedra, perfil angular

Tamaño Máximo Nominal	3/4"	
Peso específico de masa	2.68	
Peso unitario suelto	1580	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1690	kg/m <sup>3</sup>
Contenido de humedad	2.37%	
Absorción	1.00%	

### **SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4".

### **VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3" a 4", sin aire incorporado 3/4, el volumen unitario de agua es de 205 lt/m<sup>3</sup>.

### **RELACIÓN AGUA - CEMENTO**

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

## FACTOR DE CEMENTO

$$205 \quad 0.684 = 299.708 \text{ kg/m}^3 = 7.05 \text{ bolsas / m}^3$$

$$187 \quad 0.623 = 299.708 \text{ kg/m}^3 = 7.05 \text{ bolsas / m}^3$$

## VALORES DE DISEÑO

Cemento : 299.708 kg/m<sup>3</sup>

Agua efectiva : 186.824 lts/m<sup>3</sup>

Agregado fino : 870.563m<sup>3</sup>

Agregado grueso : 973.366 kg/m<sup>3</sup>

## PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{870.563}{299.71} : \frac{973.37}{299.71}$$

1 : 2.91 : 3.25 : 26.49 lts / bolsa

## PROPORCIONES EN VOLUMEN

1 : 2.84 : 3.41 : 26.49 lts / bolsa

## **DISEÑO DE MEZCLA: 2% de Arcilla Y 2% de Ceniza de Paja de Trigo**

Solicita : Castillejo Vega Jhon Alex  
Tesis : Sustitución de 4% de cemento por la combinación de arcilla  
y ceniza de paja de trigo para un concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>  
Cantera : Tacllán del distrito de Huaraz provincia de Huaraz  
Ceniza : Maribamba - prov. de Carlos Fermin Fitzcarrald  
Arcilla : Maribamba - prov. de Carlos Fermin Fitzcarrald  
Fecha : 12/07/2017

### **ESPECIFICACIONES**

La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI  
La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

### **MATERIALES**

- A.- Cemento:  
Tipo I "Pacasmayo"  
Peso específico: 3.12
- B.- Cemento:  
Potable, de la zona
- C.- Agregado fino:

### **CANTERA : TACLLAN-HUARAZ-HUARAZ**

- Peso específico de masa:	2.65	
- Peso unitario suelto:	1600	kg/m <sup>3</sup>
- Peso unitario compactado:	1760	kg/m <sup>3</sup>
- Contenido de humedad:	6.93	%
- Absorción:	1.15	%
- Módulo de fineza:	2.95	

D.- Agregado grueso:

**CANTERA : TACLLAN -HUARAZ-HUARAZ**

- Piedra, perfil angular		
- Tamaño Máximo Nominal	3/4"	
- Peso específico de masa	2.68	
- Peso unitario suelto	1580	kg/m <sup>3</sup>
- Peso unitario compactado	1690	kg/m <sup>3</sup>
- Contenido de humedad	2.37	%
- Absorción	1.00	%

**SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4".

**VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3" a 4", sin aire incorporado 3/4, el volumen unitario de agua es de 205 lt/m<sup>3</sup>.

**RELACIÓN AGUA - CEMENTO**

Se obtiene una relación agua - cemento del concreto patrón es 0.684

La relación agua - cemento del concreto experimental es 0.654

**VOLUMENES ABSOLUTOS**

Cemento.....	0.092
2% CENIZA DE PAJA DE TRIGO.....	0.002
2% ARCILLA.....	0.002
Agua efectiva.....	0.205
Agregado fino.....	0.318

Agregado grueso.....	0.361
Aire.....	0.020
	1.000 m <sup>3</sup>

**PESOS SECOS**

Cemento	: 287.72 kg/m <sup>3</sup>
2% CENIZA DE PAJA DE TRIGO	: 5.994kg/m <sup>3</sup>
2% ARCILLA	: 5.994kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	: 205.00lt/m <sup>3</sup>
Agregado fino	: 840.31kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	: 966.41kg/m <sup>3</sup>

**PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD**

Cemento	: 287.72 kg/m <sup>3</sup>
2% CENIZA DE PAJA DE TRIGO	: 5.994 kg/m <sup>3</sup>
2% ARCILLA	: 5.994 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	: 195.99 lt/m <sup>3</sup>
Agregado fino	: 870.56 kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	: 973.37 kg/m <sup>3</sup>

**PROPORCIONES EN VOLUMEN**

$$\frac{287.72}{287.72} : \frac{5.994}{287.72} : \frac{5.994}{287.72} : \frac{870.56}{287.72} : \frac{973.37}{287.72}$$

$$1 : 0.02 : 0.02 : 3.03 : 3.38 \quad 27.79 \text{ lts / bolsa}$$

**Tabla N°11: Límite líquido.**

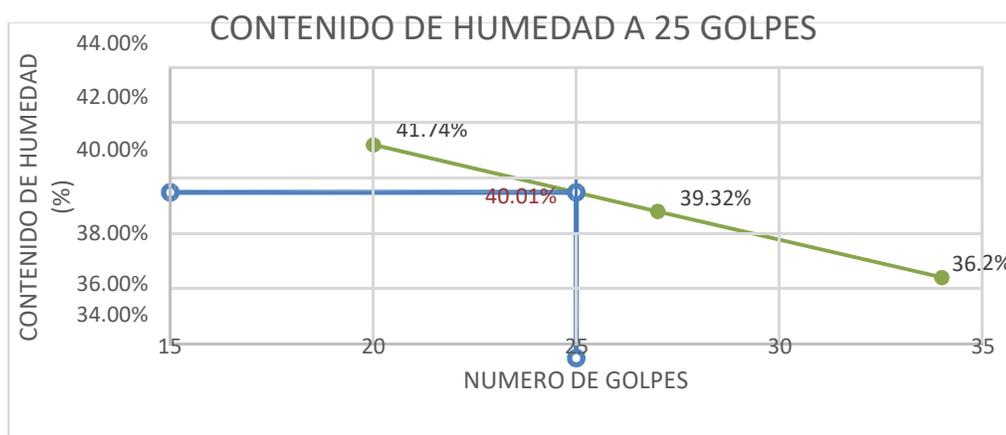
TARRO N°	11	15	20
Suelo humedo +tarro	53.75	56.95	38.61
Suelo seco+ tarro	45.64	48.54	35.25
Peso de agua	8.11	8.41	3.36
Peso del tarro	26.21	27.15	26.15
Peso del suelo seco	19.43	21.39	9.10
Humedad %	41.74%	39.32%	36.92%
N° DE GOLPES	20	27	34

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla n°12: Límite plástico.**

TARRO N°	32	8
Suelo humedo +tarro	31.73	39.53
Suelo seco+ tarro	30.93	36.91
Peso de agua	0.80	2.62
Peso del tarro	27.30	25.45
Peso del suelo seco	3.63	11.46
HUMEDAD %	22.04%	22.86%

**Fuente:** elaboración propia



**Gráfico N° 03: Contenido de humedad.**

Fuente: elaboración propia

Tabla n°13: Constantes físicas de la muestra.

Propiedad	%
Límite líquido	40.01
Límite plástico	22.45
Índice plástico	17.56

Fuente: elaboración propia

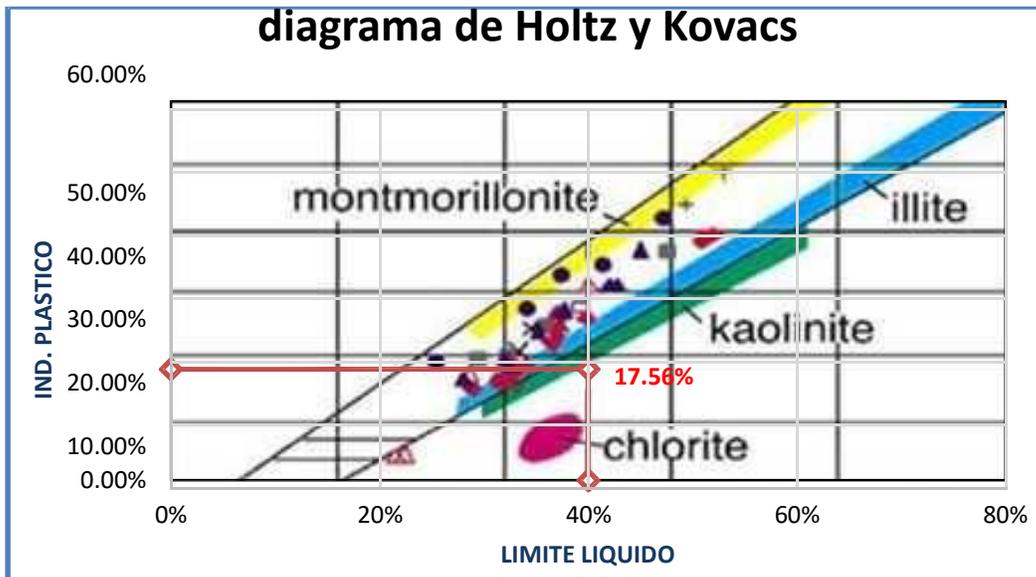


Grafico N°04: Ubicación de los límites de atterberg en el diagrama de holtz y kovacs.

Fuente: elaboración propia

## RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tabla N°14: Ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días de edad.

N° Probetas	Muestra	Ø cm	h cm	V m³	Peso kg	Densidad del H° kg/m³	Densidad Promedio kg/m³	Área cm²	Carga (P) KG	Esfuerzo de Compresión kg/cm²	F'c kg/cm <sup>2</sup>	% respecto al diseño 210 kg/cm2
1	Patrón 0%	15.20	30	0.00544	12.772	2346.18	2385.07	181.46	27980	154.20	159.54	75.97
2		15.20	30	0.00544	13.028	2393.20		181.46	28820	158.82		
3		15.10	30.5	0.00546	13.209	2418.39		179.08	28830	160.99		
4		15.20	30	0.00544	12.772	2346.18		181.46	29635	163.32		
5		15.20	30	0.00544	13.028	2393.20		181.46	28950	159.54		
6		15.10	30.5	0.00546	13.209	2418.39		179.08	28716	160.35		
7	Experimental 4%	15.20	30.4	0.00552	13.195	2391.99	2410.58	181.46	28620	157.72	151.05	71.93
8		15.20	30.5	0.00553	13.065	2360.65		181.46	27880	153.64		
9		15.10	30	0.00537	12.995	2418.86		179.08	28390	158.53		
10		15.20	30	0.00544	13.903	2553.94		181.46	26530	146.20		
11		15.20	30	0.00544	12.999	2387.88		181.46	25820	142.29		
12		15.20	29.9	0.00543	13.044	2404.16		181.46	26840	147.91		

Fuente: Elaboración propia



**Grafico N°05:** Resistencia a la compresión a los 7 días.

**Fuente:** Elaboración Propia



**Grafico N°06:** Porcentaje de resistencia respecto a la resistencia de diseño 210kg/cm2 a los 7 días

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla N°15: Ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días de edad.**

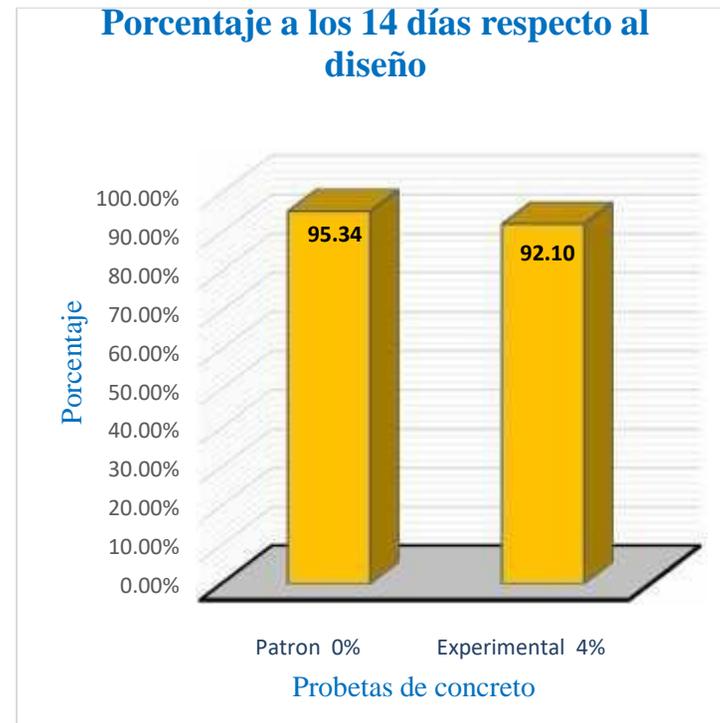
N° Probetas	Muestra	Ø cm	h cm	V m³	Peso kg	Densidad del H°	Densidad Promedio	Área cm²	Carga (P) KG	Esfuerzo de Compresión	f c kg/cm²	% respecto al diseño
						kg/m³	kg/m³			kg/cm²		210 kg/cm2
1		15.10	30	0.00537	13.042	2427.61		179.08	36452	203.55		
2		15.20	30	0.00544	12.955	2379.79		181.46	35810	197.35		
3	Patron	15.10	30.5	0.00546	13.066	2392.21	2399.87	179.08	36980	206.50	200.22	95.34
4	0%	15.10	30	0.00537	13.042	2427.61		179.08	35901	200.48		
5		15.20	30	0.00544	12.955	2379.79		181.46	34052	187.66		
6		15.10	30.5	0.00546	13.066	2392.21		179.08	36854	205.80		
7		15.20	30.4	0.00552	12.989	2354.64		181.46	34830	191.94		
8		15.20	30.5	0.00553	13.008	2350.36		181.46	35250	194.26		
9	Experimental	15.10	30	0.00537	13.025	2424.45	2376.48	179.08	34740	193.99	193.40	92.10
10	4%	15.05	30	0.00534	12.881	2413.60		177.89	33290	187.13		
11		15.10	29.9	0.00535	12.942	2417.05		179.08	32920	183.83		
12		15.10	29.9	0.00535	12.749	2381.01		179.08	32680	182.49		

**Fuente:** Elaboración Propia.



**Grafico N° 07:** Resistencia a la compresión a los 14 días.

**Fuente:** Elaboración propia



**Grafico N° 08:** Porcentaje de resistencia respecto a la resistencia de diseño 210kg/cm² a los 14 días

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla N°16:** ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días de edad.

N° Probetas	Muestra	Ø cm	h cm	V m³	Peso kg	Densidad del H° kg/m³	Densidad Promedio kg/m³	Área cm²	Carga (P) KG	Esfuerzo de Compresión kg/cm²	f c kg/cm²	% respecto al diseño 210 kg/cm2
1		15.20	30.4	0.00552	13.241	2400.33		181.46	40860	225.18		
2		15.30	30.5	0.00561	13.304	2372.52		183.85	40990	222.95		
3	Patrón	15.10	30.5	0.00546	13.254	2426.63		179.08	40220	224.59		
4	0%	15.20	30.4	0.00552	13.241	2400.33	2399.82	181.46	40850	225.12	225.74	107.50
5		15.30	30.5	0.00561	13.304	2372.52		183.85	42100	228.99		
6		15.10	30.5	0.00546	13.254	2426.63		179.08	40760	227.61		
7		15.20	30.4	0.00552	13.183	2389.81		181.46	42720	235.43		
8		15.10	30.4	0.00544	13.324	2447.47		179.08	40890	228.34		
9	Experimental	15.10	30.4	0.00544	13.047	2396.59		179.08	40784	227.74		
10	4%	15.60	30	0.00573	13.961	2434.76	2404.43	191.13	40560	212.21	225.37	107.32
11		15.20	30	0.00544	12.993	2386.77		181.46	41170	226.88		
12		15.30	29.9	0.0055	13.035	2371.19		183.85	40750	221.64		

**Fuente:** Elaboración Propia.



**Grafico N° 09:** Resistencia a la compresión a los 28 días.

**Fuente:** Elaboración propia



**Grafico N° 10 :** Porcentaje de resistencia respecto a la resistencia de diseño 210kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días

**Fuente:** Elaboración propia

## Comparación de las Resistencias a la Compresión del Concreto Patrón y Experimentales

Tabla N°17: Resumen de resistencia a la compresión.

DÍAS	RESISTENCIA PATRÓN -0%	EXPERIMENTAL AL 4%
7	159.54	151.05
14	200.22	193.40
28	225.74	225.37

Fuente: Elaboración Propia.

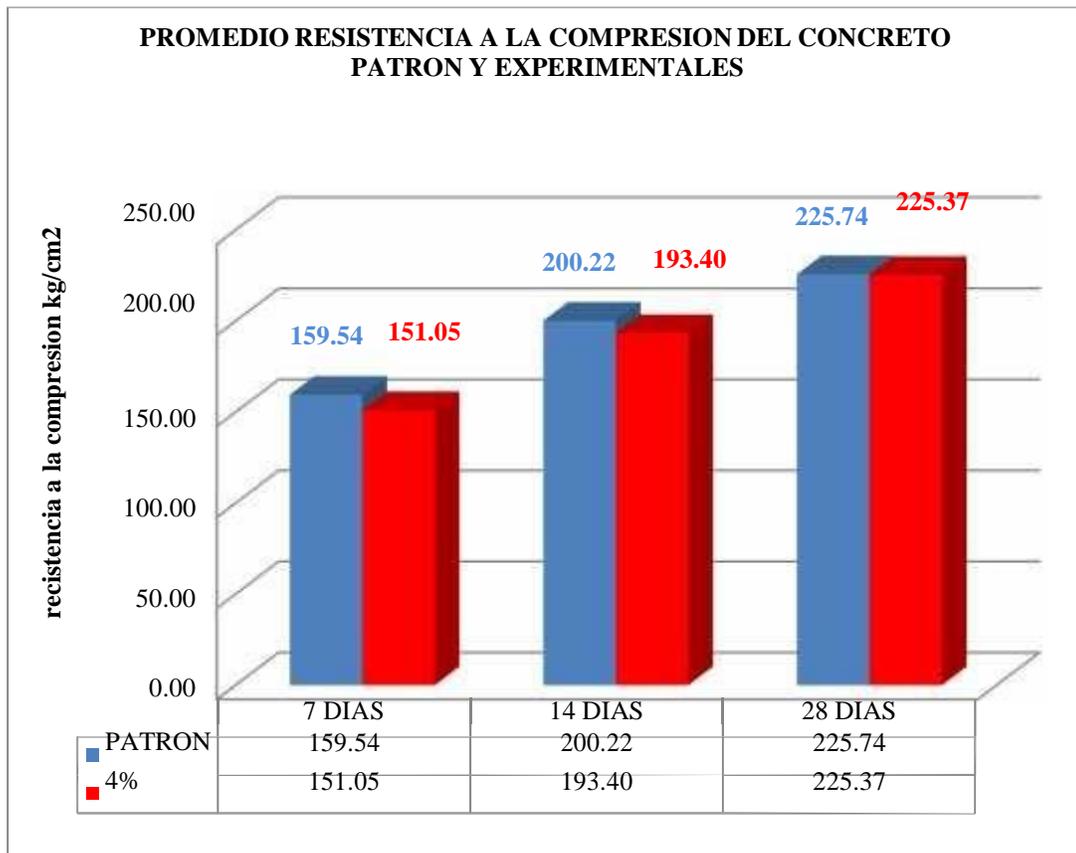
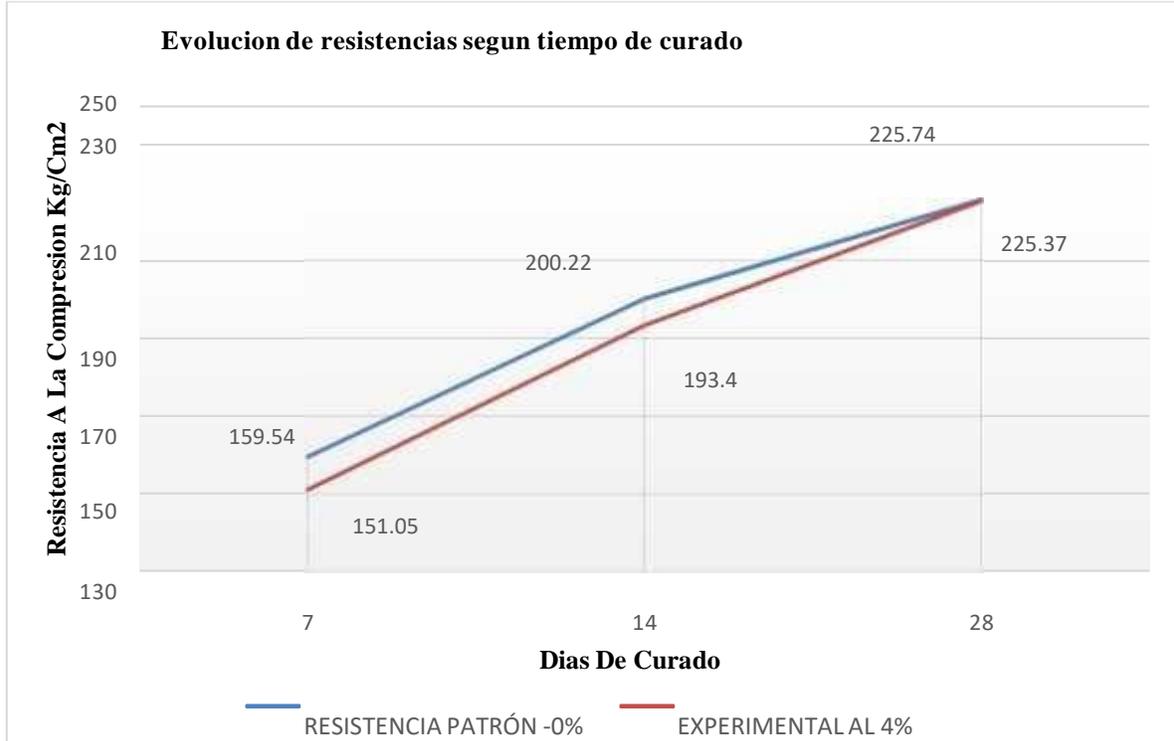


Grafico N° II: Comparación de las resistencias a la compresión a los 7,14 y 28 días.

Fuente: Elaboración Propia.



*Grafico N° 12: Evolución de las resistencias a la compresión según los días de curado del concreto patrón y experimental.*

**Fuente:** Elaboración Propia.

## DISEÑO DE BLOQUES COMPLETO AL AZAR (DBCA)

### Modelo Aditivo Lineal

$$\gamma_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

- $\gamma_{ij}$  : Valor observado en la unidad experimental
- $\mu$  : Efecto de la media general
- $\beta_j$  : Efecto del j-esimo bloque j:1,2,3
- $\tau_i$  : Efecto del i-esimo tratamiento i:1,2,3,4,5.
- $\varepsilon_{ij}$  : Efecto aleatorio del error experimental

## Análisis de Varianza

**Tabla N°18:** Fórmulas de análisis de varianza (anova).

FV	GL	SC	CM	Fcal
Bloques	(b-1)	$\Sigma x^2.j/t - (\Sigma x)^2/bt$	Scb/b-1	CMb/CMe
Tratamientos	(t-1)	$\Sigma x^2.i./b - (\Sigma x)^2/bt$	Sct/t-1	CMt/CMe
Error Experimental	(b-1)(t-1)	Sc <sub>total</sub> -Sc <sub>bloque</sub> -Sc <sub>tratamiento</sub>	Sce/(b-1)(t-1)	
Total	bt-1	$\Sigma x^2.. - (\Sigma x)^2/bt$		

**Fuente:** Elaboración propia

## Análisis De Varianza Para Determinar Las Diferencias De Las Resistencias De Los Concretos Patrón Y Experimentales F'c=210 Kg/Cm<sup>2</sup>

**Tabla N°19:** análisis de varianza (anova).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	gl	Promedio de los cuadrados	F	Prob.	Valor crítico para F
Días	4991.118	2	2225.752	51.421	0.05	5.14
Tipos de concreto	40.950	1	297.473	6.803	0.05	5.32
Error	18.397	2	43.285			
<b>Total</b>	<b>5050.461</b>	<b>3</b>				

**Fuente:** Elaboración propia.

Al ser los valores de la Probabilidad menores que 0.05 y la F calculada > F crítico, tal como se puede observar en la presente Tabla (51.421 > 5.14 y 6.803 > 5.32), indican que existen diferencias significativas entre las resistencias a la compresión del concreto patrón y las experimentales con la sustitución de 4% de cemento por la combinación de arcilla y cenizas de paja de trigo.

#### IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN

- Los especímenes del concreto patrón tienen mayores resistencias que los especímenes de los concretos experimentales con la sustitución del 4% de combinación de arcilla y ceniza de paja de trigo.
- Hernández F. (2009), utilizó arcillas expansivas y concluyó que la arena limosa conocida en la región como “tapetate”, en condiciones naturales y mezclado con cal y cemento no cumplen el objetivo de ser un material eficiente que pueda ser utilizado en sustitución de la arcilla expansiva debido a su permeabilidad, de igual forma las arcillas de Maribamba, distrito de Yauya, provincia de Carlos Fermín Fitzcarrald, región Ancash fueron utilizadas en condiciones naturales para utilizarlas en porcentajes de 2% para sustituir el cemento en combinación con otro 2% de ceniza de paja de trigo.
- En la investigación de MA-TAY (2014), donde se utilizó ceniza de bagazo de caña de azúcar el cual pudo evaluar la reactividad puzolánica, concluyó que la adición de ceniza disminuyó la trabajabilidad de los morteros, en nuestra investigación se disminuye también la trabajabilidad debido como lo demuestra la relación agua cemento A/C que disminuye de 0.684 a 0.654 cuando se utiliza la ceniza de paja de trigo
- En cuanto a los especímenes de los concretos experimentales la sustitución del 2% del cemento por arcilla y 2% de ceniza de paja de trigo a mayor tiempo la resistencia a la compresión va en aumento.
- A pesar de las diferencias en las resistencias a la compresión de los especímenes del concreto patrón frente a los especímenes de los concretos experimentales, no significa que la sustitución del 4% del cemento por ceniza de paja de trigo y arcilla, sea de baja calidad puesto que los especímenes elaborados de los concretos experimentales alcanzaron su resistencia óptima.

## V. CONCLUSIONES

- ✓ A los 28 días el concreto patrón llega a alcanzar una resistencia de 225.74 kg/cm<sup>2</sup> mientras que la resistencia a la compresión de los experimentales con 4% de sustitución de cemento están por debajo en un 0.18%.
- ✓ La composición química de la ceniza de paja de trigo reafirma que este material es puzolánico puesto que contiene SiO<sub>2</sub> en 65.70 y CaO en 4.57%, llegando a un 71.47% del 70% que debería tener para considerarse como tal, según la norma ASTM C- 618. cumpliendo con dicho parámetro.
- ✓ Respecto al pH del cemento 12.39, de la paja de trigo es 11.63, de la arcilla 6.31, el pH de la combinación del cemento más arcilla más ceniza de paja de trigo es 12.16, se puede decir que no es un parámetro que influye en la resistencia del concreto ya que su alcalinidad es similar al del cemento
- ✓ El rango de activación de la ceniza de paja de trigo considerado para este estudio es 900°C según el análisis térmico diferencial.
- ✓ La relación A/C (Agua-Cemento) para el concreto patrón y concretos experimentales son 0.684 y 0.654 respectivamente.
- ✓ Los especímenes del concreto experimental no superaron a los especímenes del concreto patrón debido a la composición química de los insumos utilizados en la sustitución.
- ✓ Los concretos experimentales tienden a incrementar su resistencia a la compresión cuanto más tiempo transcurre debido a su composición química de la sustitución.
- ✓ En el cuadro ANOVA se puede ver que existen diferencias significativas entre las resistencias a la compresión del concreto patrón y las experimentales con la sustitución de cemento en un 4% por arcilla y ceniza de paja de trigo.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Es necesario que los agregados al momento de realizar el ensayo destinado a obtener su peso específico, se encuentren en estado saturado y superficie seca ya que esta condición es ideal para obtener resultados reales y confiables.
- Se sugiere que al momento de realizar los ensayos para la obtención de pesos unitarios (suelto y compactado) y específicos; el recipiente destinado a contener la muestra para el ensayo se encuentre sobre una superficie completamente plana a lo largo del ensayo.
- A los tesisistas realizar investigaciones a fines a la presente investigación con la finalidad de profundizar estudios sobre la resistencia de los concretos con la sustitución de materiales existentes en las diferentes zonas de la región.
- En los estudios posteriores mejorar el tiempo de curado de los especímenes a más días de curado.
- A la universidad San Pedro implementar más equipos para los diferentes ensayos y pruebas en el laboratorio de la misma universidad.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abanto, F. (2003). Tecnología del Concreto. Ed. Perú: San Marcos.

Alujas, A. (2010). Empleo de Arcillas Caoliníticas de Bajo Grado Activadas Térmicamente como una Alternativa para el Reemplazo Parcial de Cemento Portland. Revista CENIC Ciencias Químicas, vol. 41, pp. 1-10.

Camejo, A. (2013). Modificación de arcillas comerciales y naturales para el diseño De nuevos sistemas catalíticos. (Tesis doctoral). Universidad de Alcalá, Alcalá de henares.

Ivonne, D.(2011). evaluación de la paja de trigo pretratada con cepas de hericium erinaceus (bull.) pers. Como acondicionador de suelo pobre en nitrógeno y fósforo para el cultivo de plántulas de tomate, lycopersicum esculentum m. (Tesis para optar Grado de Licenciado en Ciencias Biológicas). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Ma-Tay, P. (2014). valorización de cenizas de bagazo procedentes de honduras: posibilidades de uso en matrices de cemento portland. (Trabajo de Investigación CST/MIH). Universitat Politècnica De València.

Boullosa, N. (15, junio, 2010). Construcción hi-tech con materiales de antes: paja y adobe. Recuperado de <https://faircompanies.com/articles/construccion-hitech-con-materiales-de-antes-paja-y-adobe/>

Ríos, G. (2011). Empleo de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) Como Sustituto Porcentual del Agregado Fino en la Elaboración de

concreto Hidráulico. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil).  
Universidad Veracruzana, Xalapa Enríquez Veracruz.

Sotil, Z. (2015). Análisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero wirand ff3 y concreto reforzado con fibras de acero wirand® ff4 aplicado a losas industriales de pavimento rígido. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10757/581616>

Valencia E. (2013). Estudio experimental para determinar Patrones de correlación entre la resistencia a compresión y la velocidad de pulso ultrasónico en concreto simple. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil). Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima, Perú.

Villegas M. (2012). Utilización De Puzolanas Naturales En La Elaboración De Prefabricados Con Base Cementicia Destinados A La Construcción De Viviendas De Bajo Costo.(tesis para Maestro En Tecnología De La Construcción). Universidad Nacional De Ingeniería, Lima, Perú.

Yagual V. (2015). hormigón liviano de alto desempeño con Arcilla expandida. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil). Universidad Estatal Península De Santa Elena, La Libertad, Ecuador.

## VIII. APENDICES Y ANEXOS



**Fotografía N°02:** *Paja de trigo usado en el experimento.*



**Fotografía N°03:** *Recolección de agregado. Cantera Tacllán - Huaraz.*



**Fotografía N°04:** *Ensayo de peso unitario en laboratorio.*



**Fotografía N°05:** *Método de cuarteo para determinar las propiedades físicas del agregado grueso.*



**Fotografía N°06:** *Varillado de agregado fino.*



**Fotografía N°07:** *Proceso de tamizado de agregado grueso.*



**Fotografía N°08:** *Pesado de agregado fino.*



**Fotografía N°09:** *Secado de muestra en horno.*



**Fotografía N°10:** *peso específico de agregado fino*



**Fotografía N°11:** *Quemado de paja de trigo en horno mufla.*



**Fotografía N°12:** *separación del agua de la arcilla*



**Fotografía N°13:** *secado bajo sombra por 8 días.*



**Fotografía N°14:** *Arcilla usado en las pruebas.*



**Fotografía N°15:** *Elaboración de concreto en mezcladora mecánica.*



**FOTOGRAFÍA N°16:** *varillado del concreto 25 golpes por capa.*



**Fotografía N°17:** *Prueba de slump.*



**Fotografía N°18:** *Enrasado de las probetas de concreto.*



**Fotografía N°19:** *desencofrado de las probetas.*



**Fotografía N°20:** *inspección de roturas probetas de concreto .*



**Fotografía N°21:** *pesaje de probetas de concreto con balanza electrónica*