

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Resistencia de adoquines de concreto $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$,
sustituyendo el cemento en 10% por la combinación de ceniza
de bagazo de cebada y cáscara de huevo

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autora

Camones Lock, Jady Yumara

Asesor

Flores Reyes, Gumercindo

Huaraz – Perú

2018

ÍNDICE

Contenido

Titulo.....	i
Palabras Clave – Key Words – Linea de Investigacion	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....	51
III. RESULTADOS	71
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	99
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
VI. AGRADECIMIENTOS.....	112
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
VIII. ANEXOS Y APÉNDICES	115

Índice de Tablas

Tabla N° 1: Concepto de “Residuo” por la Real Academia Española	7
Tabla N° 2: Características Químicas de los Cementos Peruanos	12
Tabla N° 3: Características Físicas de los Cementos Peruanos	13
Tabla N° 4: Límites de Porcentaje que Pasa, Agregado Fino	14
Tabla N° 5: Límites Permisibles para el Agua de Mezcla y Curado.....	17
Tabla N° 6: Clasificación de la consistencia de una mezcla en función del revenimiento obtenido.....	20
Tabla N° 7: Revenimientos recomendados para distintos tipos de construcción.....	20
Tabla N° 8: Consistencia / asentamiento	22
Tabla N° 9: Circunstancias que afectan a la durabilidad	24
Tabla N° 10: Clasificación de adoquines	29
Tabla N° 11: Espesor Nominal Absorción y Resistencia a la Compresión	30
Tabla N° 12: Análisis químico de cáscara de huevo.....	39
Tabla N° 13: Concentración de carbonato de calcio en la cáscara de huevo	40
Tabla N° 14: Diseño en bloques de concreto al Azar	53
Tabla N° 15: Técnicas de recolección de información	54
Tabla N° 16: Proceso tecnológico de la cascara de huevo.....	64
Tabla N° 17: Proceso tecnológico del bagazo de cebada.....	66
Tabla N° 18: Resultados del Análisis Granulométrico del Agregado Grueso	71
Tabla N° 19: Resultados del Análisis Granulométrico del Agregado Fino	73
Tabla N° 20: Resultados del Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.....	75
Tabla N° 21: Resultados del Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso	75
Tabla N° 22: Resultados del Peso Unitario del Agregado Fino.....	76
Tabla N° 23: Resultados del Peso Unitario del Agregado Grueso.....	76
Tabla N° 24: Resultados del Contenido de Humedad del Agregado Fino.....	77
Tabla N° 25: Resultados del Contenido de Humedad del Agregado Grueso.....	77
Tabla N° 26: Resultado De Fluorescencia De Rayos X de la ceniza de Bagazo de Cebada	81
Tabla N° 27: Resultado De Fluorescencia De Rayos X de la Cascara de Huevo Pulverizada	82
Tabla N° 28: PH del Cemento, cascara de huevo, Cenizas de bagazo de cebada y su Combinación	83
Tabla N° 29: Comparación de la Relación A/C.....	84
Tabla N° 30: Ensayos de Compresión Patrón 7 días	87
Tabla N° 31: Ensayos de Compresión Patrón 14 días.....	88
Tabla N° 32: Ensayos de Compresión Patrón 21 días.....	88
Tabla N° 33: Ensayos de Compresión Patrón 28 días.....	88
Tabla N° 34: Ensayos de Compresión Experimental 7 días	89
Tabla N° 35: Ensayos de Compresión Experimental 14 días	89
Tabla N° 36: Ensayos de Compresión Experimental 21 días	89
Tabla N° 37: Ensayos de Compresión Experimental 28 días	90
Tabla N° 38: Comparación de Resultados del Concreto Patrón y Experimental.....	90
Tabla N° 39: Ensayos de Compresión de concreto patrón en kg/cm ² y %	92

Tabla N° 40: Ensayos de Compresión de concreto experimental en kg/cm ² y %	92
Tabla N° 41: Cuadro Comparativo De Adoquines Patrones y Experimentales	93
Tabla N° 42: Pesos promedio de los adoquines patrón y experimental antes de ensayar a compresión	98
Tabla N° 43: Cálculos de la Prueba ANOVA.....	99
Tabla N° 44: Comparación de la composición química del cemento entre cascara de huevo pulverizada	102
Tabla N° 45: Comparación de la Relación A/C.....	103
Tabla N° 46: Cuadro Comparativo de Resistencias de Adoquines Patrones y Experimentales	105

Índice de Figuras

Figura N° 1: Fabricación mecanizada de grandes lotes de adoquines	25
Figura N° 2: Adoquines	26
Figura N° 3: tipos de moldeado de adoquines	28
Figura N° 4: Ensayo de adoquines.....	35
Figura N° 5: Cascara de huevo	36
Figura N° 6: Partes del huevo Fuente: (Sánchez & Huanio, 2017).	37
Figura N° 7: Bagazo de cebada, obtenido en la elaboración de la cerveza.....	41
Figura N° 8: Distribución de los átomos de silicio y oxígeno en una celdilla unidas de cristobalita, un polimorfo del SiO ₂	43
Figura N° 9: Modificación del grano de cebada durante el malteo. Al: capa de aleurona; Al: capa de aleurona; E: endosperma; Em: embrión; G: ácido giberélico; M: modificación	45
Figura N° 10: Diferentes formas de grano obtenidas de cruzamientos entre un cultivar redondeado y otro alargado.....	46
Figura N° 11: Diferentes Tipos de Cerveza.....	49
Figura N° 12: Curva Granulométrica del Agregado Grueso	72
Figura N° 13: Curva Granulométrica A.G Vs Límites Permisibles.....	72
Figura N° 14: Curva Granulométrica del Agregado Fino.....	73
Figura N° 15: Curva Granulométrica del A.F Vs Límites Permisibles	74
Figura N° 16: Análisis termo gravimétrico de ceniza de bagazo de cebada.....	78
Figura N° 17: Curva calorimétrica ATD de ceniza de bagazo de cebada.....	79
Figura N° 18: Resultados de la resistencia a compresión a los 7 días	94
Figura N° 19: Resultados de la resistencia a compresión a los 14 días	94
Figura N° 20: Resultados de la resistencia a compresión a los 21 días	95
Figura N° 21: Resultados de la resistencia a compresión a los 28 días	95
Figura N° 22: Resistencia a compresión del concreto patrón Vs días	96
Figura N° 23: Resistencia a compresión del concreto experimental Vs días.....	96
Figura N° 24: Grafica comparativa de concreto patrón Vs concreto experimental	97
Figura N° 25: Grafica comparativa de concreto patrón Vs concreto experimental	97
Figura N° 26: Grafica comparativa de resistencia Vs días	98
Figura N° 27: Grafica comparativa de relación A/C	104
Figura N° 28: Grafica comparativa de resistencia Vs días	106

TITULO

**RESISTENCIA DE ADOQUINES DE CONCRETO $F'C = 320 \text{ KG/CM}^2$,
SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN 10% POR LA COMBINACIÓN DE
CENIZA DE BAGAZO DE CEBADA Y CASCARA DE HUEVO**

PALABRAS CLAVE:

Tema	Resistencia de adoquín
Especialidad	Tecnología del concreto

KEY WORDS:

Topic	Cobbled strength
Specialty	Concrete Technology

LINEA DE INVESTIGACION:

LINEA DE INVESTIGACION	AREA	SUB AREA	DICIPLINA	CAMPOS DE INVESTIGACION
Estructuras	2.00 Ingeniería y Tecnología	2.1 Ingeniería Civil	2.1.1 Ingeniería Civil 2.1.2 Ingeniería de la Construcción	- Análisis y Diseño de las Estructuras -Desempeño Estructural
Construcción y Gestión de la Construcción	2.00 Ingeniería y Tecnología	2.1 Ingeniería Civil	2.1.1 Ingeniería Civil 2.1.2 Ingeniería de la Construcción	- Materiales de la construcción. - Tecnología de la construcción y Procesos constructivos. - Formulación y gestión de proyectos Civiles. - Calidad, seguridad y salud en la construcción

Resumen

Teniendo en cuenta que las actividades cotidianas e industriales generan una gran cantidad de residuos que en muchos casos contribuyen a la degradación ambiental, esta investigación pretendió estudiar la interesante posibilidad de utilizar dichos residuos en la fabricación de adoquines de concreto, en este caso se habla del bagazo de cebada que fue recolectada de la Industria Cervecera “Sierra Andina” de Huaraz-Ancash , para luego ser activada térmicamente obteniendo ceniza y la cáscara de huevo que también se recolectó por diversas formas para luego ser triturada obteniendo cascara de huevo pulverizada, con el fin de analizar el comportamiento mecánico del adoquín de concreto patrón comparado con el adoquín de concreto experimental y por otro lado para ejercer el control y minimización de los problemas ambientales.

Teniendo en cuenta el objetivo de determinar la resistencia a compresión de los adoquines de concreto de tipo peatonal con $f'c = 320 \text{ Kg/cm}^2$, sustituyendo el cemento en 10% por la combinación de ceniza de bagazo de cebada (4%) y cascara de huevo triturada (6%), se realizó el diseño de mezcla por el método ACI, como también los ensayos respectivos del agregado fino y del agregado grueso. Se preparó las mezclas del concreto patrón (sin sustitución) es decir 12 adoquines patrones, y las mezclas del concreto sustituyendo el cemento en 10% es decir 12 adoquines experimentales, teniendo un total de 24 adoquines. Se utilizó agregado fino y grueso (confitillo) de la cantera de Tacllan ubicada en Huaraz, se usó también el Cemento Portland Tipo I.

Se realizó el ensayo a compresión a los 7, 14, 21 y 28 días de curado, analizando y comparando las resistencias obtenidas de la muestra patrón y experimental, de los cuales se concluyó que la resistencia alcanzada del adoquín experimental sustituyendo al cemento en 10% por una combinación de ceniza de bagazo de cebada y cascara de huevo pulverizada fue de 353.93 kg/cm^2 , respecto a un adoquín patrón sin sustituir que solo alcanzo 351.10 kg/cm^2 , en ambos casos superaron el diseño elaborado (320 kg/cm^2) obteniendo el concreto Patrón 9.72% más de la resistencia deseada y el concreto experimental obteniendo 10.60% más de la resistencia deseada.

Abstract

Taking into account that daily and industrial activities generate a large amount of waste that in many cases contribute to environmental degradation, this research sought to study the interesting possibility of using such waste in the Manufacture of concrete paving stones, in this case we talk about the bagasse of barley that was collected from the "Sierra Andina" brewing industry in Huaraz-Ancash, To then be activated thermally obtaining ash and the eggshell that was also collected by various forms and then be crushed obtaining egg shell, in order to analyze the mechanical behavior of the concrete paving stone pattern Compared with experimental concrete paving stone and on the other hand to exercise control and minimization of environmental problems.

Taking into account the objective of determining the compressive strength of the pedestrian-type concrete paving stones with $f'c = 320 \text{ Kg/cm}^2$, replacing the cement in 10% by the combination of barley bagasse ash (4%) and crushed egg shell (6%), the mixing design was performed by the ACI method, as well as the respective trials of fine aggregate and coarse aggregate. Mixtures of the standard concrete (without substitution) were prepared, i.e. 12 paving stones, and the mixtures of the concrete substituting the cement in 10% ie 12 experimental paving stones, having a total of 24 cobblestones. It was used fine and coarse aggregate (Confitillo) of the quarry of Tacllan located in Huaraz, it was also used Portland cement type I.

The compression test was carried out at 7, 14, 21 and 28 days of curing, analyzing and compared the resistances obtained from the sample pattern and experimental, of which it was concluded that the resistance reached from the experimental paving stone substituting the cement in 10% by A combination of barley bagasse ash and pulverized egg shell was 353.93 kg/cm^2 , with respect to a paving stone unsubstituted that only reached 351.10 kg/cm^2 , in both cases exceeded the elaborated design (320 kg/cm^2) obtaining the concrete pattern 9.72% more of the desired resistance and the experimental concrete obtaining 10.60% more of the resistance Desired.

I. INTRODUCCIÓN

De los antecedentes revisados se ha abordado algunos trabajos relevantes como:

A nivel internacional, Camacho & Guerrero (2017). En la elaboración de su tesis titulada “OBTENCIÓN DE SILICE A PARTIR DE BAGAZO DE CEBADA PARA LA APLICACIÓN EN CONCRETO CONVENCIONAL”, realizado en la Universidad de la Salle de Bogotá, Identificaron como objetivo principal la obtención de material silicio a partir del tratamiento de bagazo de cebada para su aplicación en la producción de concreto convencional. La investigación fue de tipo cuasi-experimental, es decir, que no se tuvo un control total sobre todas las variables del estudio de cada fenómeno que se observó, se obtuvieron resultados en su mayoría cuantitativos y unos pocos cualitativos. Concluyeron que a partir del tratamiento térmico del bagazo de cebada a 900 °C se obtuvo una ceniza con alto contenido de dióxido de silicio (62,07%) además de pentóxido de difósforo (12,25%), un compuesto que puede afectar la resistencia a la compresión, en la ceniza se presentaron tamaños de partículas que no superan los 40 micrómetros y que presentan una microestructura porosa, lo cual aumenta su superficie específica, brindándole propiedades puzolánicas.

Asimismo a nivel internacional, Penagos et al (2014), en la ejecución de su trabajo de investigación de Pregrado, titulado “MORTERO ALIGERADO CON FIBRA DE COSTAL Y CASCARA DE HUEVO”, realizado en la Universidad de Medellín, se consideró como objetivo principal la obtención de morteros de cemento, con sustitución parcial o total de la arena por los residuos de cascara de huevo y fibras de polipropileno, con el fin de conseguir productos viables que mejoren la gestión de residuos y para alcanzar resultados óptimos en la resistencia a las diferentes edades del concreto. La investigación fue de tipo experimental porque se realizaron pruebas a compresión para evaluar si la resistencia del concreto aumento o se mantuvo. Después de la realización total del proyecto se concluyó que la cascara de huevo produce que la mezcla se solidifique más y disminuya el agua proporcionado y por otro lado que la

fibra de polipropileno entrelaza las partículas arenosas de la mezcla permitiendo un mayor agarre de la misma, por consiguiente, al momento de fallar los morteros, la fibra de polipropileno actúa directamente a controlar las cargas ejercidas y ayuda satisfactoriamente a la resistencia.

Por otro lado a nivel internacional, Ludovico y Hideo (2012), en la preparación de su proyecto de investigación de un trabajo de Pregrado, titulado “COMPUESTO DE CÁSCARA DE HUEVO Y MORTERO DE CEMENTO PORTLAND”, preparado en la Universidad Estatal de Campinas -San Pablo de Brasil, indicaron como objetivo principal la caracterización de la cáscara de huevo, sobre el punto de vista de la distribución de tamaño de sus partículas y, además, verificar la influencia de los constituyentes de la cáscara en la resistencia a la compresión del mortero a base del cemento y arena. La investigación fue de tipo experimental porque se realizaron pruebas de laboratorio de los cuales se obtuvieron resultados concluyendo que la cáscara de huevo en su forma natural se mostró inhibitoria al fraguado del cemento y su resistencia a la compresión de los compuestos del mortero de cemento y arena, modificados por las adiciones de cáscara de huevo, fue fuertemente dependiente de los factores empleados en la fabricación de los compuestos (tipo del cemento, tipo del tratamiento y de las proporciones entre los constituyentes).

También a nivel internacional, Afolayan et al (2017). En su proyecto “INVESTIGATING THE EFFECT OF EGGSHELL ASH ON THE PROPERTIES OF SANDCRETE BLOCK”, realizado en la Academia de Defensa de Nigeria, sostuvieron como propósito investigar y presentar un estudio experimental sobre el efecto de reemplazar el cemento con ceniza de cáscara de huevo en la producción de bloque arenado. De los resultados del estudio, concluyeron que la ceniza de cáscara de huevo se puede utilizar como un acelerador, cuanto mayor sea el porcentaje del contenido, mayor será el efecto de aceleración. La resistencia a la compresión obtenida en los diferentes contenidos de ceniza de cáscara de huevo fue satisfactoria, he indicó que los mejores resultados se obtuvieron al 30% de reemplazo con un valor de resistencia a la compresión de 4.7N / mm² de la fuerza de 28 días de la del control a

los 28 días, que cumplió con el requisito estándar en el código de construcción nigeriano.

Del mismo modo a nivel nacional, Ruiz (2015). En la elaboración de su tesis titulada “RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL MORTERO CEMENTO-ARENA INCORPORANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ, AFRECHO DE CEBADA Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR”, realizado en la Universidad Privada del Norte de Cajamarca- Perú, Indicó que se realizó la comparación de la resistencia a compresión del mortero, incorporando ceniza de cáscara de arroz, afrecho de cebada y bagazo de caña de azúcar en valores de 0.5%, 1% y 1.5% con respecto al peso del cemento, realizando el ensayo a compresión correspondiente para edades de curado de 03, 07 y 14 días. Llegando a determinar que para cada tipo de ceniza incorporada, los resultados han variado notoriamente, cabe decir que se logró incrementar la resistencia con respecto al mortero cemento – arena sin la incorporación de ningún tipo de aditivo en los siguientes porcentajes, con ceniza de cáscara de arroz, incremento la resistencia incorporando 0.5%, para el caso de ceniza de afrecho de cebada, con 0.5% de incorporación y para el caso de ceniza de bagazo de caña de azúcar con 1% de incorporación, pero entre los tres porcentajes máximos mencionados la resistencia máxima total se ha logrado con la incorporación de 1% de ceniza de bagazo de caña.

La presente investigación se justifica en el aspecto técnico y social, económico, Ambiental y Tecnológico.

El concreto es indudablemente uno de los materiales de construcción más usado en el mundo, con una amplia expectativa hacia el futuro, de tal manera que en los últimos años se ha hecho notorio el progreso en la industria de la construcción, alcanzando excelentes técnicas de diseño y cálculo en el área de la ingeniería, como también avances en la tecnología del concreto, para investigar e innovar sobre sus propiedades, su comportamiento estructural y sus aplicaciones.

Por ello los materiales puzolánicos obtenidos de manera natural, que pueden ser sustituyentes del cemento en la elaboración de concretos, está hoy en día firmemente establecido como un método innovador y considerado como material de construcción, pero en nuestro país todavía no se implementa a gran escala la utilización de dichos materiales puzolánicos (naturales), motivo por el cual no se cuenta con información técnica sobre el efecto de la sustitución del cemento por materiales puzolánicos naturales en el concreto. Es así que resulta importante evaluar las propiedades del concreto con sustitución del cemento por materiales puzolánicos naturales y la presente investigación simboliza la oportunidad de realizar un estudio experimental donde se va analizar los resultados de la sustitución del cemento en 10% por la combinación de ceniza de bagazo d cebada (4%) y cascara de huevo triturada (6%) y entender el efecto que produce en el concreto, lo cual brindara un aporte a la industria de la construcción en general, como marco de referencia teórica, metodológica y operativa.

La industria de la construcción ha influenciado en el desarrollo de las naciones, tanto en sus estructuras económicas como en el bienestar de la sociedad, por ello la propuesta del presente proyecto de investigación puede mejorar la economía en la construcción, ya que se necesitarían menos aditivos o refuerzos que se adquieren a un precio alto en el mercado, como es el caso del constante incremento del precio del acero estructural y de sus derivados para el refuerzo del concreto, por eso teniendo en cuenta las exigencias actuales de la industria de la construcción, se fijó el interés de sustituir el cemento en 10% por la combinación de ceniza de bagazo d cebada (4%) y cascara de huevo triturada (6%), pues la utilización del bagazo de cebada y la cascara de huevo están a un fácil alcance por las actividades humanas y casi sin ningún costo, se puede aprovechar dichos componentes para mejorar las propiedades del concreto y reducir gastos elevados económicamente.

Las actividades industriales y actividades cotidianas de las personas generan una gran cantidad de residuos, los cuales, aún no son explotados de forma racional. Generalmente los residuos son desechados en la naturaleza sin control o simplemente

son quemados al aire libre, lo cual contribuye a la degradación ambiental. En este caso el presente estudio pretende resaltar la importancia de la reutilización de la cáscara de huevo ya que es un tipo de residuo que presenta un gran potencial para la aplicación en la construcción, sobre todo por constituirse principalmente de carbonato de calcio, así como también la utilización de la ceniza de bagazo de cebada que se caracteriza por ser rica en sílice (hasta un 65%), entonces con la reutilización de estos componentes en el concreto, se puede mejorar los problemas ambientales causados por el descarte de los residuos que contaminan el medio ambiente.

A lo largo del tiempo son muchos los progresos tecnológicos que se han desarrollado como ejemplo el cemento portland, concreto lanzado, concreto contra incendios, entre otros. Por ello el presente proyecto también contribuirá a la investigación científica aportando en los avances tecnológicos del concreto, ya que la realización del concreto diseñado cumple con las mismas especificaciones que un concreto normal y mejora ciertas propiedades, por otro lado, también resalta los beneficios económicos, ambientales y sociales, es decir es un concreto en desarrollo sostenible.

La problemática de la presente investigación se pone de manifiesto en las siguientes líneas:

A partir de la segunda mitad del ciclo XX, la ingeniería civil se ha desarrollado considerablemente. Los países pobres y en vías de desarrollo hacen grandes esfuerzos para desarrollar tecnologías que les permitan aprovechar sus vastos recursos naturales y generar sus propios materiales de construcción. Cada vez más estamos al inicio de una nueva era en tecnología del concreto, pero en nuestro país se usan siempre los materiales tradicionales y existen pocos estudios que resalten los materiales que ofrezcan tantas ventajas técnicas, económicas y medioambientales en la fabricación del concreto, y muchas veces se obvia que un concreto simple, sin refuerzo, es resistente a la compresión, pero débil en tensión, lo que limita en algunos casos su aplicabilidad como material estructural, es así que necesariamente la industria de la construcción busca mejorar las características de un concreto para ser durable y resistente a lo largo del tiempo como también combatir a los agentes perjudiciales.

Las empresas concreteras buscan materiales o aditivos innovadores que les permita reducir la cantidad de cemento sin perder las propiedades de la mezcla y hacer que su proceso productivo sea sostenible, es por ello que en este estudio se busca obtener material silicio y material con calcio a partir de un subproducto generado en la industria cervecera (bagazo de cebada) y los residuos de las actividades cotidianas (cascara de huevo), para sustituir parcialmente el cemento.

Por otro lado observándose la problemática que en nuestro entorno por tratar de economizar el cemento recurren a agregar menos de lo especificado en las normas de construcción, he ahí donde el trabajo de investigación se fundamenta porque se busca sustituir parcialmente el cemento por la ceniza de bagazo de cebada que es una materia prima que se encuentra a un bajo costo y en abundancia en nuestra provincia y la cascara de huevo que se encuentra como residuos de las actividades cotidianas que nos son aprovechados, de lo cual se espera que la combinación de ambos materiales en la sustitución del cemento, tenga una elevada resistencia a la compresión y en el mejor de los casos sea mayor a la de un adoquín convencional.

Por lo tanto, se plantea el problema de investigación de la siguiente manera:

¿Cuál será la resistencia a compresión de adoquines de concreto sustituyendo el cemento en 10% por una combinación de ceniza de bagazo de cebada (4%) y cascara de huevo triturada (6%), en la Ciudad de Huaraz, 2018?

De la bibliografía consultada se pudo revisar diversas definiciones que serán útiles para el desarrollo de la investigación, tales como:

Residuos Sólidos

Para comprender la noción de “residuos sólidos”, es necesario primero saber qué se entiende por “residuo”. Para ello, recurriremos a la definición que se encuentra en el Diccionario de la Real Academia Española, la cual se presenta en la tabla N°1.

Tabla N° 1: *Concepto de “Residuo” por la Real Academia Española*

residuo
1. m. Parte o porción que queda de un todo
2. m. Aquello que resulta de la descomposición o destrucción de algo
3. m. material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación

Fuente: Real Academia Española (2014)

Como se aprecia, los residuos conforman una parte inservible, resultante, de algún material que ha sido procesado. Otra definición importante es la de ser cualquier producto en estado sólido, líquido o gaseoso, generado por la actividad humana en procesos de extracción, transformación o utilización, y que está destinado a hacer desechado al carecer de valor para su propietario (Vértice, 2008).

De otro lado, como base para esta investigación, tomaremos como definición de “residuos sólidos” la que señala la Ley 27314, Ley General de Residuos Sólidos, con decreto legislativo N° 1278, en la que indica que es cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en último caso, su disposición final.

Clasificación

Asimismo, Rentería y Zeballos (2014), indican la siguiente clasificación de residuos sólidos según su origen:

Residuos domiciliarios

Residuos comerciales

Residuos de limpieza de espacios públicos

Residuos de los establecimientos de atención de salud

Residuos industriales

Residuos de las actividades de construcción

Residuos agropecuarios

Residuos de instalaciones o actividades especiales

Importancia de la Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios

El mundo produce unos 10.000 millones de toneladas anuales de residuos sólidos, y no se recoge ni se somete a tratamiento ni la mitad de esta cantidad. Ello genera principalmente el incremento del CO₂ y CH₄ en la atmósfera, lo que produce a su vez el aumento de la temperatura en el planeta, lo cual lleva al calentamiento global (Rentería y Zeballos, 2014).

Toda la situación descrita amerita una reflexión, pues se ha tergiversado el concepto de calidad de vida, asociándolo al consumismo y a un elevado poder adquisitivo. Sin embargo, los ciudadanos que más consumen no necesariamente disfrutan de una mayor calidad de vida. Esta actitud promueve un desarrollo insostenible. Paradójicamente, la inequívoca interpretación del concepto de desarrollo y calidad de vida ha convertido a las ciudades más grandes e industriales en colosales fábricas de desechos, lo que ha originado el aumento, en las mismas proporciones, de las consecuencias negativas a la salud, al medio ambiente y el acelerado agotamiento de los recursos naturales (Rentería y Zeballos, 2014).

Concreto

El concreto es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción (Pasquel, 1998).

De esta definición se desprende que se obtiene un producto híbrido, que conjuga en mayor o menor grado las características de los componentes, que bien proporcionados, aportan una o varias de sus propiedades individuales para constituir un material que manifiesta un comportamiento particular y original (Pasquel, 1998).

La Tecnología del Concreto

Es el campo de la Ingeniería que abarca el conjunto de conocimientos científicos orientados hacia la aplicación técnica, práctica y eficiente del concreto en la construcción. En su desarrollo y utilización intervienen varias ciencias interrelacionadas, como son la Física, la Química, las Matemáticas y la investigación experimental (Pasquel, 1998).

A diferencia de otros campos de la Ingeniería en que se puede ejercer un control bastante amplio sobre los parámetros que participan en un fenómeno, en la Tecnología del Concreto cada elemento que interviene, bien sea el cemento, el agua, los agregados, los aditivos, y las técnicas de producción, colocación, curado y mantenimiento, representan aspectos particulares a estudiar y controlar de modo que puedan trabajar eficientemente de manera conjunta en la aplicación práctica que deseamos (Pasquel, 1998).

Importancia del Concreto

Actualmente el concreto es el material de construcción de mayor uso en nuestro país. Si bien la calidad final del concreto depende en forma muy importante del conocimiento del material y de la calidad profesional del ingeniero, el concreto es, en general, desconocido en muchos de sus siete grandes aspectos: naturaleza, materiales, propiedades, selección de las proporciones, proceso de puesta en obra, control de calidad e inspección, y mantenimiento de los elementos estructurales (Rivva, 2000).

La principal limitación a las múltiples aplicaciones que se pueden dar al concreto es el desconocimiento de alguno de los aspectos ya indicados; así como de la mayor o menor importancia de los mismos de acuerdo al empleo que se pretende dar al material. Ello obliga al estudio y actualización permanentes para obtener del concreto las máximas posibilidades que como material puede ofrecer al ingeniero (Rivva, 2000).

Características del Concreto Vibrado

Son las siguientes (López y Pinedo, 2015):

- ✓ Buena resistencia a las heladas, por tener menos agua de amasado y ser más compacto.
- ✓ Desmolde inmediato, si el concreto es de granulometría adecuada, se ha amasado con el agua necesaria y se ha tenido una buena compactación.
- ✓ Resistencia al desgaste, es mayor que el concreto compactado manualmente esto debido a su menor contenido de vacíos.
- ✓ Buena resistencia a la compresión del concreto vibrado, la cual es mayor que la del concreto compactado manualmente.

Los Componentes Del Concreto

El Cemento

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir:

$$\text{Cemento Portland} = \text{Clinker Portland} + \text{Yeso}$$

El cemento Portland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad (Torre, 2004).

El cemento posee propiedades adhesivas y cohesivas, dichas características le dan la capacidad de aglutinar los agregados para formar el concreto. Los concretos hechos con cemento portland normal alcanzan sus resistencias de diseño después de 28 días, y después continúan ganando resistencia a un menor ritmo (López, 2010).

Los componentes principales del cemento incluyen (Córdova, 2018):

- ✓ Sílice (anhídrido silícico) SiO_2
- ✓ Cal (óxido cálcico) CaO
- ✓ Alúmina (óxido aluminio) Al_2O_3
- ✓ Óxido Férrico Fe_2O_3

Siendo la composición de óxidos del cemento (Córdova, 2018):

- ✓ CaO 60% al 67%
- ✓ SiO_2 17% al 25%
- ✓ Al_2O_3 3% al 8%
- ✓ Fe_2O_3 0.5% al 6%

Estos cuatro compuestos principales del Clinker suponen del 90% al 95% del total. El porcentaje restante corresponde a los llamados compuestos secundarios, los cuales pueden agruparse en (Córdova, 2018):

- ✓ Óxido de Cal libre
- ✓ Óxido de magnesio
- ✓ Óxidos de sodio y potasio.

Características Físicas y Químicas de los Cementos Peruanos

Según Pasquel (1998), se fabrican en el Perú los cementos Tipo I, Tipo II, Tipo V, Tipo IP y Tipo IPM. Se pueden observar las características físicas y químicas de los cementos de fabricación nacional suministradas por los fabricantes, con excepción del Cemento Rumi, cuyo productor no accedió a proporcionarlas.

Tabla N° 2: Características Químicas de los Cementos Peruanos

Elemento	Sol Tipo I	Atlas Tipo I	Andino Tipo I	Andino Tipo II	Andino Tipo V	Yura Tipo I	Yura Tipo IP	Yura Tipo IPM	Pacasmayo Tipo I	Pacasmayo Tipo V	Rumi Tipo I(*)
CaO	63.200	53.650	64.180	63.830	64.600	65.900	46.300	53.800	63.020	62.920	44.190
SiO ₂	19.790	26.280	21.860	22.580	22.510	22.600	43.510	33.340	19.500	20.500	21.670
Al ₂ O ₃	6.150	6.440	4.810	14.210	3.040	4.150	3.360	4.800	6.200	4.070	1.560
Fe ₂ O ₃	2.820	4.840	3.230	3.110	4.280	2.410	1.980	2.040	3.300	5.140	5.010
K ₂ O	0.960	1.070	0.650	0.540	0.560				0.700	0.680	0.720
Na ₂ O	0.280	0.370	0.150	0.120	0.130				0.260	0.220	1.690
SO ₃	2.580	2.840	2.410	2.380	2.360	1.660	1.420	2.040	2.500	1.830	1.090
MgO	3.160	2.760	0.960	0.970	0.920	1.240	1.300	1.370	2.130	2.100	1.060
Cal Libre	0.520	0.290	0.590	0.400	0.550				1.200	1.100	
P. Ignición	0.800	1.630	1.240	1.460	1.080	0.960	1.600	1.870	2.300	1.930	2.850
R. Insoluble	0.620	10.210	0.420	0.590	0.570	0.480	26.700	15.690	0.500	0.680	2.990
C ₃ S	54.180		51.330	48.730	58.640	60.000			54.850	60.440	-9.210
C ₂ S	15.870		23.950	27.980	20.300	19.700			14.520	13.180	69.080
C ₃ A	11.530		7.280	5.890	0.810	6.920			10.850	2.090	-4.340
C ₄ A F	8.570		9.820	9.450	13.010	7.330			10.030	15.630	15.250

Fuente: Pasquel, 1998.

Tabla N° 3: Características Físicas de los Cementos Peruanos

Elemento	Sol Tipo o I	Atlas Tipo IP	Andi no Tipo I	Andino Tipo II	Andi no Tipo V	Yura Tipo I	Yura Tipo IP	Yura Tipo IPM	Pac asm ayo Tipo o I	Pac asm ayo Tipo o V
Peso Específico (gr/cm³)	3.11	3.03	3.11	3.18	3.11	3.11	2.86	2.95		
Fineza malla 100(%)	0.04	0.003	0.34	0.1	0.2					
Fineza malla 200(%)	4.14	0.38	5.66	4.71	2.58					
S. especifica Blaine (cm²/gr)	3.47 7	4.472	3.3	3.4	3.4	3.597	4.086	3.848	3.4	3.3
Contenido de Aire (%)	9.99	9.82	6.5	5.35	5.22				10.5	10.1
Expansión en autoclave (%)	0.18	0.15	0.02	0.01	-0.01	0.2	0.11	0.26	0.22	0.14
Fraguado inicial Vicat	1hr 49'	1hr 59'	2hr 50'	3hr 15'	2hr 15'	2hr	2hr	2hr 10'	2hr 29'	2hr 40'
Fraguado final Vicat	3hr 29'	3hr 41'	3hr 45'	4hr 30'	3hr 45'	4hr	4hr 10'	4hr 10'	5hr 10'	5hr 20'
F^oc a 3 días (kg/cm³)	254	235	204	160	184	242	140	240	168	154
F^oc a 7 días (kg/cm³)	301	289	289	205	243	335	222	299	210	196
F^oc a 28 días (kg/cm³)	357	349	392	320	362	388	316	367	273	258
Calor de hidratación a 7 días(cal/gr)	70.6	60.5	64.93	63.89	59.02					
hidratación a 28 días(cal/gr)	84.3	78.4								

Fuente: Pasquel, 1998.

Los Agregados

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendida entre los límites fijados en la norma NTP 400.11.

Los agregados pueden ser obtenidos o producidos a partir de rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas. La presencia o ausencia de un tipo geológico determinado no es suficiente para definir a un agregado como adecuado o inadecuado. (Rivva López, 2000)

Agregado Fino

Se define como agregado fino a aquel que posee partículas muy finas, tienen que ser agregados menores de 4.75 mm (malla N° 4) pero mayores de 0.075 mm (malla N° 200) y cumplen con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037 o ASTM C33. (Rivva López, 2000)

Los agregados podrán consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistencia, libres de polvo, partículas escamosas o blandas, materia orgánica, sales otras sustancias dañinas para el concreto. (Rivva López, 2000).

El agregado estará graduado dentro de los límites indicados en la Normas NTP 400.037 o ASTM C33. Se recomienda los siguientes límites:

Tabla N° 4: *Limites de Porcentaje que Pasa, Agregado Fino*

MALLA	PORECENTAJE QUE PASA
3/8"	100
N° 4	95 a 100
N° 8	80 a 100
N° 16	50 a 85
N° 30	25 a 60
N° 50	10 a 30
N° 100	2 a 10

Fuente: Norma NTP 400.037

Se sabe también que cuanto menor es el módulo de fineza, dentro de los límites indicados, mayor es el valor lubricante del agregado fino, pudiéndose emplear menor cantidad de este y mayor cantidad de agregado grueso en la mezcla, sin que este deje de ser muy trabajable para el concreto (Rivva López, 2000).

Agregado Grueso

Son partículas de agregado mayor de 4.75mm, y el tamaño máximo que se utiliza dependerá de la calidad de agregado que se producen en la zona, y que cumple con los límites establecidos en las Normas ITINTEC 400.037 o ASTM C33. (Rivva Lopez, 2000)

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 sea preferentemente angulas o semiangular, limpias duras, compactas, resistentes, de textura preferentes angulas y libres de materiales escamosos. (Rivva Lopez, 2000)

Las partículas deberán ser químicamente estables y estarán libre de escamas, tierra polvo, limo, sales, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica y otras sustancias dañinas. (Rivva López, 2000)

Funciones de los Agregado

El Ing. Sagastegui Plasencia nos menciona las tres principales funciones del agregado en el concreto son (Córdova, 2018):

- ✓ Proporcionar un relleno adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de esta por unidad de volumen y, es decir, reduce el costo de producción de unidad cubica de concreto.
- ✓ Proporcionar una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas, de desgaste, o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.

- ✓ Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecido.

Interrelación Agregado-concreto

El Ing. Sagastegui Plasencia nos da conocer las propiedades del concreto resultante del empleo de un agregado determinado depende de (Córdova, 2018):

- ✓ La composición mineral de las partículas de agregado, la cual influyen fundamentalmente sobre la resistencia y durabilidad del concreto.
- ✓ Las características superficiales de las partículas, las cuales influye especialmente sobre la trabajabilidad, fluidez y consistencia del concreto.
- ✓ El volumen de agregado por unidad de volumen de concreto, el cual influye especialmente en los cambios de volumen debidos a los procesos de humedecimiento y secado.
- ✓ La porosidad y absorción del agregado, las cuales influyen sobre la relación agua-cemento.

El Agua

Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, en nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades (Torre, 2004).

Requisitos de Calidad

El agua que ha de ser empleada en la preparación del concreto 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.

La Norma Peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites:

Tabla N° 5: *Límites Permisibles para el Agua de Mezcla y Curado*

DESCRIPCIÓN		LIMITE PERMISIBLE	
solido en suspensión (residuo insoluble)	5000	ppm	Máximo
materia orgánica	3	ppm	Máximo
alcalinidad (NaHCO ₃)	1000	ppm	Máximo
sulfatos (ion SO ₄)	600	ppm	Máximo
Cloruros (ion Cl ⁻)	1000	ppm	Máximo
PH	5 a 8		Máximo

Fuente: norma NTP 339.088.

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales (Pasquel, 1998):

Reaccionar con el cemento para hidratarlo.

Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.

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 de concreto 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 éstas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento (Pasquel, 1998).

Como dato interesante, es una evidencia que en el Perú muy pocas "aguas potables" cumplen con las limitaciones nominales indicadas, sobre todo en lo que se refiere al contenido de sulfatos y carbonatos, sin embargo sirven para el consumo humano y consecuentemente para el concreto, por lo que no debe cometerse el error de establecer

especificaciones para agua que luego no se pueden satisfacer en la práctica (Pasquel, 1998).

Aguas no Recomendables Para el Concreto

Son las siguientes (Lopez y Pinedo, 2015):

Aguas calcáreas, tales como las provenientes de desagües de curtiembres.

Las aguas que contienen ácidos orgánicos no deben ser empleadas por que disminuyen la estabilidad del volumen del concreto.

No es recomendable emplear como agua de mezclado aquellas cuyo límite de turbidez es mayor a dos mil partes por millón.

Se debe tener cuidado con el agua de lluvia por que tiende a deslavar la cal del cemento y no deben ser empleadas en la elaboración del concreto.

Los efectos más perniciosos que pueden esperarse de aguas de mezcla con impurezas son: retardo en el endurecimiento, reducción de la resistencia, manchas en el concreto endurecido, eflorescencia, contribución a la corrosión y cambios volumétricos (Lopez y Pinedo, 2015).

El Agua para Curado

En general, los mismos requisitos que se exigen para el agua de mezcla deben ser cumplidos por las aguas para curado, y por otro lado en las obra es usual emplear la misma fuente de suministro de agua tanto para la preparación como para el curado del concreto (Pasquel, 1998).

No obstante lo mencionado, si revisamos lo ya evaluado con respecto al mecanismo de hidratación del cemento y la estructura de la pasta, podemos concluir, que el agua adicional que puede contribuir a hidratar el concreto proveniente del curado, representa una fracción solamente del agua total (alrededor de la quinta parte en volumen absoluto), por lo que las limitaciones para el caso del agua de curado pueden ser menos

exigentes que en el caso del agua de mezcla, pudiendo aceptarse reducirlas a la mitad en la mayoría de los casos (Pasquel, 1998).

Resistencia del Concreto

Kosmatka et al (2004), definen a la resistencia a la compresión (f'_c) como “la medida máxima de resistencia a carga axial de especímenes de concreto”, es decir es la propiedad del concreto de resistir cargas aplicadas. Esta medida se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2) y también en mega pascales (MPa).

No obstante, de los factores que más influye en el concreto es la relación A/C ya que entre más agua se le agrega a la mezcla menor va a ser la resistencia obtenida; esta correlación se debe a que cuando la pasta se endurece quedan poros llenos de agua y de aire que no presentan resistencia, por lo que si hay gran cantidad de poros implicaría la existencia de muchos de estos puntos disminuyendo el valor de resistencia a la compresión, mientras que si hay pocos poros la resistencia tendería a aumentar (Kosmatka et al ,2004).

A parte de la resistencia, el concreto debe cumplir con otra propiedad importante: la durabilidad. Esta propiedad Kosmatka et al (2004) la definen como: “la habilidad del concreto en resistir a la acción del ambiente, al ataque químico y a la abrasión, manteniendo sus propiedades de ingeniería”. Cada tipo de cemento va a generar un concreto con durabilidad diferente que va a depender de la exposición al ambiente a que esté sometido y de cuáles son las propiedades que quieren en ese concreto. Asimismo, la proporción de los componentes del concreto y de las prácticas realizadas en la mezcla cuando esté fresca y endurecida van a influir en la durabilidad del concreto y en su vida útil.

Consistencia de la Mezcla

La consistencia es la capacidad del concreto de fluir cuando está en estado fresco y esta característica depende de la cantidad de agua utilizada a la hora de realizar la mezcla. Para medir la consistencia de una mezcla el método más usado es la prueba de

revenimiento con el cono de Abrams. El revenimiento se refiere a la distancia vertical que el concreto se asienta una vez que se quita el cono (Vargas, 2015)

Tabla N° 6: *Clasificación de la consistencia de una mezcla en función del revenimiento obtenido*

Consistencia	Asiento en el cono de Abrams (mm)	Tolerancia (mm)
Seca (S)	0-20	0
Plástica (P)	30-50	10
Blanda (B)	60-90	10
Fluida (F)	100-150	20
Líquida (L)	> 150	0

Fuente: Kosmatka et al (2004)

Dependiendo de qué es lo que se quiere construir, la consistencia de la mezcla (y por ende su revenimiento) puede variar; por lo tanto el diseñador debe especificar cuál es el revenimiento requerido para ese tipo de mezcla. No obstante, Kosmatka et al (2004) recomiendan revenimientos para varios tipos de construcción.

Tabla N° 7: *Revenimientos recomendados para distintos tipos de construcción*

Construcción de concreto	REVESTIMIENTO mm (PULG)	
	Máximo	Mínimo
Zapata y muros de cimentación reforzado	75(3)	25(1)
zapatas, cajones y muros de subestructura sin refuerzo	75(3)	25(1)
vigas y muros reforzados	100(4)	25(1)
columnas de edificios	100(4)	25(1)
pavimentos y losas	75(3)	25(1)
concreto masivo	75(3)	25(1)

Fuente: Kosmatka et al (2004)

Propiedades del Concreto

En Estado Fresco

El Concreto en estado fresco es desde que se mezcla el concreto hasta que fragua el cemento. El Comportamiento Reológico del concreto fresco depende de (Torre, 2004):

Relación agua / cemento.

Grado de hidratación.

Tamaño de partículas.

Mezclado.

Temperatura.

La Trabajabilidad

Es la facilidad que tiene el concreto para ser mezclado, manipulado y puesto en obra, con los medios de compactación del que se disponga. La trabajabilidad depende de (Torre, 2004):

Dimensiones del elemento.

Secciones armadas.

Medios de puesta en obra.

Habrà una mayor trabajabilidad cuando (Torre, 2004):

- contenga más agua.
 - Más finos.
 - Agregados redondeados.
 - Más cemento.
 - Fluidificantes / plastificantes.
 - Adiciones.
- } Repercute en la resistencia (Baja).

Consistencia

Denominamos consistencia a la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse o adaptarse a una forma específica. La consistencia depende de (Torre, 2004):

- Agua de amasado.
- Tamaño máximo del agregado.
- Granulometría.
- Forma de los agregados influye mucho el método de compactación.

Tipos de Consistencia:

Son las siguientes (Torre, 2004):

SECA – Vibrado enérgico.

PLÁSTICA – Vibrado normal.

BLANDA – Apisonado.

FLUIDA – Barra.

Tabla N° 8: *Consistencia / asentamiento*

consistencia	asiento (cm)
seca	0-2
plástica	3-5
blanda	6-9
fluida	10-15

Fuente: Torre (2004)

Homogeneidad Y Uniformidad

Homogeneidad

Es la cualidad que tiene un concreto para que sus componentes se distribuyan regularmente en la masa (Torre, 2004).

Uniformidad

Se le llama cuando es en varias amasadas. Esta depende de (Torre, 2004):

Buen amasado.

Buen transporte.

Buena puesta en obra.

Se pierde la homogeneidad por tres causas:

Irregularidad en el mezclado.

Exceso de agua.

Cantidad y tamaño máximo de los agregados gruesos.

Esto provoca (Torre, 2004):

Segregación: separación de los áridos gruesos y finos.

Decantación: los áridos gruesos van al fondo y los finos se quedan arriba.

Compacidad

Es la relación entre el volumen real de los componentes del hormigón y el volumen aparente del hormigón. No se tiene en cuenta el aire ocluido (Torre, 2004).

En Estado Endurecido

Características Físico – Químicas

Impermeabilidad

El concreto es un sistema poroso y nunca va a ser totalmente impermeable. Se entiende por permeabilidad como la capacidad que tiene un material de dejar pasar a través de sus poros un fluido (Torre, 2004).

La permeabilidad depende de (Torre, 2004):

Finura del cemento.

Cantidad de agua.

Compacidad.

Durabilidad

Depende de los agentes agresivos, que pueden ser mecánicos, químicos o físicos. Los que más influyen negativamente son (Torre, 2004):

Sales

Calor

Agente contaminante

Humedad

El efecto producido es un deterioro:

Mecánico y Físico.

Tabla N° 9: *Circunstancias que afectan a la durabilidad*

Mecánica	Vibraciones, sobrecargas, impactos, choques.
Física	Oscilaciones térmicas, ciclos de hielo y deshielo, fuego, causas higrométricas.
Química	Contaminación atmosférica, aguas filtradas, terrenos agresivos
Biológicas	Vegetación o microorganismos

Fuente: Torre (2004)

Resistencia Térmica.

Dentro de este aspecto se encuentran las (Torre, 2004):

Bajas temperaturas – Hielo / deshielo (deterioro mecánico).

Altas temperaturas >300° C.

Características Mecánicas.

Resistencia A Compresión.

La resistencia a la compresión del concreto normalmente se la cuantifica a los 28 días de vaciado el concreto, aunque en estructuras especiales como túneles y presas, o cuando se emplean cementos especiales, pueden especificarse tiempos menores o mayores a 28 días (Torre, 2004).

Resistencia A Flexión

Generalmente su valor corresponde a 10% de la resistencia en compresión del concreto de un determinado $f'c$, esta propiedad nos sirve para diseñar estructuras que estarán cargadas y en el que es muy importante conocer esta propiedad (Torre, 2004).

Adoquines de Concreto

Los Adoquines en la Actualidad.

Actualmente los adoquines se fabrican por medio de un mecanismo vibro-compresor y en grandes lotes, además, cuentan con una amplia diversidad de usos que tienen para pavimentar incluyendo desde una simple entrada de vehículos, calles, caminos secundarios, paseos peatonales y plazas, hasta pisos de puertos en donde el tránsito peatonal es demandante. Por ello conviene resaltar las bondades de este sistema a los arquitectos, proyectistas y diseñadores en cuanto a las ventajas de tipo estructural y estético, que permiten ampliar sus posibilidades de uso (Montiel. 2017).



Figura N° 1: *Fabricación mecanizada de grandes lotes de adoquines*

Fuente: (Montiel. 2017)

En algunos países europeos así como en Brasil, se han tomado muy en serio el tema de la pavimentación con adoquines, tal es la importancia que le dan a este sistema que han optado por utilizar pavimentadoras de adoquines, reduciendo con ello los tiempos de ejecución de los trabajos incrementando el área a pavimentar (Montiel. 2017).

En nuestro país el adoquín no ha tomado tanta relevancia como lo son otros sistemas de pavimentación, la colocación de los adoquines aún se hace en forma manual, lo que lo convierte en un sistema con tiempos de ejecución más prolongados en comparación con otros, además de que la calidad de las piezas en muchas ocasiones es deficiente o por el contrario, el adoquín puede ser de excelente calidad pero el proceso constructivo o mano de obra es muy deficiente (Montiel. 2017).

Adoquín de Concreto

Los materiales compactados prefabricados, elaborados de concreto, que es un conglomerado fabricado artificialmente compuesto de agua, cemento y agregados (finos y grueso), que resiste bastante bien las cargas de compresión debido a que todas estas materias primas son sometidas a rigurosos procesos de selección y a estrictos controles de calidad realizados por los laboratorios de Materiales de Construcción (Cabezas, 2014).

En la mayoría de casos se los realiza mecánicamente lo que permite obtener un producto de gran homogeneidad; tiene un diseño tal que se ajustan bien unos con otros formando una superficie continua y dejando una pequeña junta entre ellos. Cuando se producen con color los adoquines adquieren un valor arquitectónico especial con fines estéticos, para su uso en zonas peatonales, y plazas, donde el tráfico es bastante peatonal (Cabezas, 2014).



Figura N° 2: *Adoquines*

Fuente: distribuidora norte Pacasmayo srl. - Olguín

Adoquín De Concreto Vibrado

Los Adoquines de Concreto Vibrado son elementos macizos, de espesor uniforme e iguales entre sí, con forma estética y fácil mantenimiento que al colocarlos sobre una superficie encajen unos con otros de manera que solamente queden juntas entre ellos. Estos elementos se adaptan a un manipuleo manual, especialmente diseñado para su uso en pavimentación, los materiales utilizados para la fabricación de las unidades estarán constituido por Cemento Portland tipo MS, y agregados que cumplan con los requisitos para concretos convencionales, los cuales deberán considerar una relación a/c adecuada a fin de proporcionarles características de durabilidad e impermeabilidad; el equipo necesario para fabricar las unidades lo conforma una pequeña mesa vibradora con sus respectivos moldes metálicos (Lopez y Pinedo, 2015).

La elaboración de los Adoquines de Cemento consiste en obtener una adecuada resistencia con un mínimo contenido de cemento, de modo que sea posible reducir al mínimo el costo del producto, lo peculiar de la fabricación de las unidades de concreto es que las mezclas pueden ser dosificadas para producir unidades de resistencia variable dentro del mismo tipo de la unidad (Lopez y Pinedo, 2015).

Forma y Tamaño de los Adoquines

En un adoquín se distinguen los siguientes elementos (Buzón, 2010):

- ✓ Cara superior (o superficie de desgaste). Sobre la cual circula el tránsito y que define la forma del adoquín.
- ✓ Cara inferior. Igual a la superior, sobre la que se apoya en la capa de arena.
- ✓ Caras laterales o paredes, curvas o rectas, pero verticales y sin llaves, que conforman el volumen y determinan el espesor.
- ✓ Aristas o bordes. Son donde empalman dos caras o los quiebres de la cara lateral.
- ✓ Bisel. Es un chaflán o plano inclinado en las aristas o bordes de la cara superior que se puede o no hacer en el momento de la fabricación. No debe tener más de 1

cm de ancho y no es indispensable, pero mejora la apariencia de los adoquines, facilita su manejo y contribuye al llenado de la junta.

- ✓ **Espesor.** Los adoquines se fabrican en espesores de 6 cm para tránsito peatonal y vehicular liviano; 8 cm para tránsito medio y pesado (inclusive aeropuertos) y 10 cm para tránsitos muy pesados (patios de carga puertos, etc.). Si tienen menos de 6 cm no se consideran como adoquín y se consideran como baldosas, sobre mortero.

La forma de adoquín no influye mucho en el funcionamiento del pavimento; pero, por facilidad para su producción, transporte y colocación, se prefieren adoquines pequeños, que se puedan coger con una sola mano, que no tengan más de 25 cm de longitud, para manejarlos con facilidad y para que no se partan bajo las cargas del tránsito (Buzón, 2010).

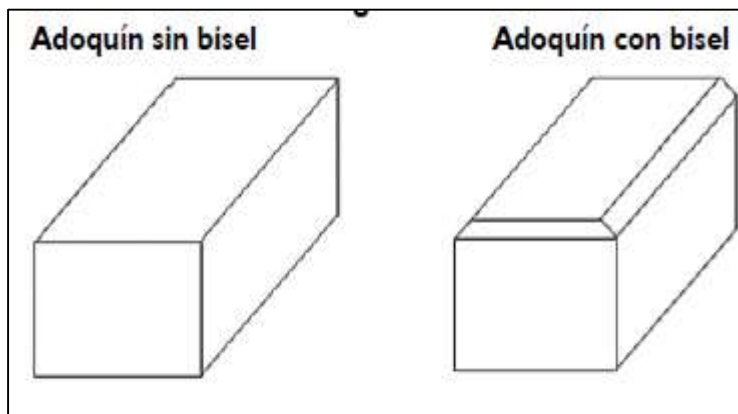


Figura N° 3: tipos de moldeado de adoquines

Fuente: (Buzón, 2010).

Tipos De Adoquines

Se definen tres tipos de adoquines (Buzón, 2010):

Tipo 1:

Son los adoquines rectangulares, los más prácticos y populares en todo el mundo por su facilidad para su fabricación y colocación, y porque permiten elaborar más detalles

en el pavimento. Tienen 20 cm de largo por 10 cm de ancho. Los hay con paredes rectas, onduladas o anguladas.

Tipo 2:

Son los adoquines que se pueden coger con una sola mano pero no se pueden colocar en patrón de espina de pescado, como los adoquines en forma de “I”. Estos se colocan en hileras trabadas y se debe tratar de que estas queden atravesadas a la dirección de circulación de los vehículos.

Tipo 3:

Son los adoquines que, por su peso y tamaño, no se pueden coger con una sola mano (pues miden unos 20 cm x 20 cm o más) y solo se pueden colocar en hileras. También se debe tratar que las hileras queden atravesadas a la dirección de circulación de los vehículos. A este tipo pertenecen los adoquines con forma de cruz, trébol, etc.

Clasificación De Adoquines

Clasificación Técnica

Según El Uso De Los Adoquines de Concreto

Tabla N° 10: *Clasificación de adoquines*

TIPO	DIMENSIONES			USO
	LARGO (CM)	ANCHO (CM)	ALTURA (CM)	
i	20	10	4	veredas, parque, bulevares, plazas, terrazas, patios, andenes, zonas peatonales tráfico vehiculares livianos
ii	20	10	6	vías internas en urbanizaciones, calles y avenidas con tráfico vehiculares mediano
iii	20	10	8	Zonas de carga, patios de puertos, plataformas de aeropuertos, y zonas donde se tiene cargas muy altas e inclusive de vehículos montados sobre cargas.

Fuente: (Barrantes y Holguín, 2015).

Características Técnicas

Tabla N° 11: *Espesor Nominal Absorción y Resistencia a la Compresión*

tipo	espesor nominal (mm)	Absorción (%)	resistencia a la compresión	
			promedio de 3 unidades Mpa (kg/cm ²)	unidad individual Mpa (kg/cm ²)
I	40	5-7	31(320)	28(290)
	60		31(320)	28(290)
	60		41(420)	37(380)
II	80	5-7	37(380)	33(340)
	100		35(360)	32(325)
III	>80	5-7	55(561)	50(510)

Fuente: (Barrantes y Holguín, 2015).

Calidad De Los Adoquines

Los adoquines de concreto forman la superficie del pavimento, por lo cual serán de buena calidad para que soporten el tránsito de personas, animales o vehículos, al menos durante 40 años; y tendrán una buena apariencia por ser la parte visible del pavimento. Para evaluar la calidad de los adoquines, de la producción de una planta o los que se van a utilizar en una obra, se siguen las recomendaciones de la Norma ICONTEC 2.017 “adoquines de hormigón “, como se explica a continuación (Buzón, 2010):

Dimensiones: el tamaño y la forma de los adoquines serán lo más uniformes posibles, para que traben unos con otros y la superficie final sea plana. Para esto, las diferencias máximas en las dimensiones con respecto a las dadas por el productor, no serán de más de 2 mm, para el largo y el ancho y de 3 mm para el espesor.

Superficie: Las superficies de los adoquines serán de un color uniforme y parejas, es decir, sin fisuras, huecos, hormigueos, descascaramientos o materiales extraños (madera, semillas, piedras grandes, etc.). El color y tipo (rugosidad) de la superficie se acordará entre el productor y el comprador porque no existe una forma práctica para medirlos.

Aristas y esquinas: Serán agudos, es decir, sin desbordamientos, abombamientos o torceduras; y no tendrán rebabas horizontales (en la cara inferior), ni verticales (en la cara superior del adoquín). Esto mismo se debe cumplir para las esquinas y para el bisel.

Aunque los adoquines se hacen a máquina, en una planta, no todos salen con el mismo tamaño, apariencia o resistencia. Esto se debe a las variaciones de los materiales (arena, agregado grueso, cemento, agua), en los moldes de las máquinas, en el manejo de estas y en el curado y transporte de los adoquines terminados (Buzón, 2010).

Procesos de Fabricación de Adoquines

El proceso de fabricación consta de las siguientes etapas: dosificado, mezclado, moldeado, fraguado y curado. A continuación se describen brevemente las diferentes etapas (Daniel Estalin Hidalgo Laguna, 2013):

Dosificado

El dosificado es el primer paso en el proceso de fabricación del adoquín. Consiste en diseñar la mezcla, es decir establecer las proporciones de cada uno de los componentes del concreto. El objetivo es que el producto final adquiriera propiedades adecuadas principalmente cumpliendo con la resistencia a la compresión. La dosificación de cemento, agua y agregados dependen de factores tales como: granulometría, propiedades físico- químicas de los agregados, tipo de cemento, relación agua - cemento, etc. Por la cantidad de variables a controlar, el proceso se toma complejo, y se lo maneja de manera experimental.

Mezclado

El objetivo de esta etapa es obtener una mezcla homogénea, misma que puede llevarse a cabo manual o mecánicamente. El método mecánico, que es el más utilizado, parte de colocar los diferentes componentes en la mezcladora, para que se combinen hasta obtener una mezcla de color uniforme.

Moldeado

La mezcla es vertida en moldes, previamente limpios, para luego ser vibro compactados. La duración, frecuencia y amplitud de la vibración al igual que la presión de compactación se determinan experimentalmente. Finalmente, se retiran los adoquines del molde evitando fracturarlos o deformarlos.

Fraguado

El fraguado es la reacción química entre el cemento y el agua mediante la cual se produce el endurecimiento del concreto. Para que el fraguado ocurra satisfactoriamente, los adoquines deben permanecer protegidos del sol y del viento, a fin de evitar que el agua contenida en estos se evapore y detenga este proceso, en cuyo caso se obtendrá una resistencia a la comprensión pobre.

Curado

El curado consiste en mantener la humedad del concreto, para lo se agrega periódicamente, consiguiéndose así que la reacción química del cemento continúe. Para esto, los adoquines se agrupan con la separación suficiente para que puedan humedecer totalmente por toda su superficie.

Usos, Ventajas y Propiedades de los Adoquines

Son los siguientes (Cabrera, 2014):

Usos:

En el campo de la construcción se lo emplea en calles, aceras, unidades residenciales, áreas peatonales, parques, senderos, centros comerciales, parqueaderos, etc. El adoquín es usado por ventajas que presenta sobre otros materiales, tales como: asfalto, pavimentos comunes, baldosas, etc.

Ventajas:

Pueden fabricarse en una variedad de formas y colores que dan un mayor resalte visual al pavimento.

Los adoquines pueden ser reutilizados después de reparaciones o modificaciones.

No intervienen procesos térmicos ni químicos para su implementación.

Pueden diseñarse para varios niveles de durabilidad y resistencia a la abrasión del tránsito y acciones de la intemperie.

Facilidad en su instalación que no requiere de mano de obra especializada.

Se adaptan a cualquier variación de las vías debido a que son elementos que no están unidos rígidamente.

Aspectos Visuales de Adoquines

Dimensiones: (Cabezas Fierro, 2014)

Los adoquines pueden tener dimensiones muy variadas según el modelo que se fabrique, pero se debe controlar que cada tipo cumpla con uniformidad en las dimensiones, porque variaciones apreciables perjudican el aspecto del pavimento y afectan la transferencia de cargas a través de las juntas.

Se recomienda que en los adoquines rectangulares la relación longitud/ancho en el plano no sea mayor de 2.0 y la relación espesor /largo no debe ser menor de 0.20 ni mayor de 0.50.

Peso:

Los adoquines tienen un peso característico en función a las dimensiones y materiales utilizados en su fabricación.

Textura: (Daniel Estalin Hidalgo Laguna, 2013)

Debido a los agregados que se emplean en la fabricación de adoquines, se obtiene acabados superficiales con diferente rugosidad, adaptándose a las necesidades específicas del usuario.

Color: (Cabezas Fierro, 2014)

El color en los adoquines debe permanecer inalterable con el tiempo y uso y se debe comprobar que el pigmento utilizado no altere las propiedades del concreto. Dependiendo del fabricante, el color puede colocarse solo en la capa superficial en el caso de adoquines bicapa, o en todo el elemento para el caso de adoquines monocapa.

Resistencia de los Adoquines

La resistencia de los adoquines necesita ser mayor para aguantar la abrasión debido al tránsito, para no partirse bajo las cargas de los tractores y camiones.

Además, el desgaste ocasionado en los adoquines por el paso de las personas o animales es igual o peor, que el de los vehículos. Por esto no se pueden usar adoquines de segunda calidad para áreas peatonales. Si estos no cumplen con los requisitos de medidas de resistencia, se utilizarán solo en lugares que no sean importante su calidad. Para evaluar la calidad de los adoquines se envían a un laboratorio para concreto, pavimentos o materiales, y se les hace los ensayos, con el cual se determina su resistencia (Buzón, 2010).

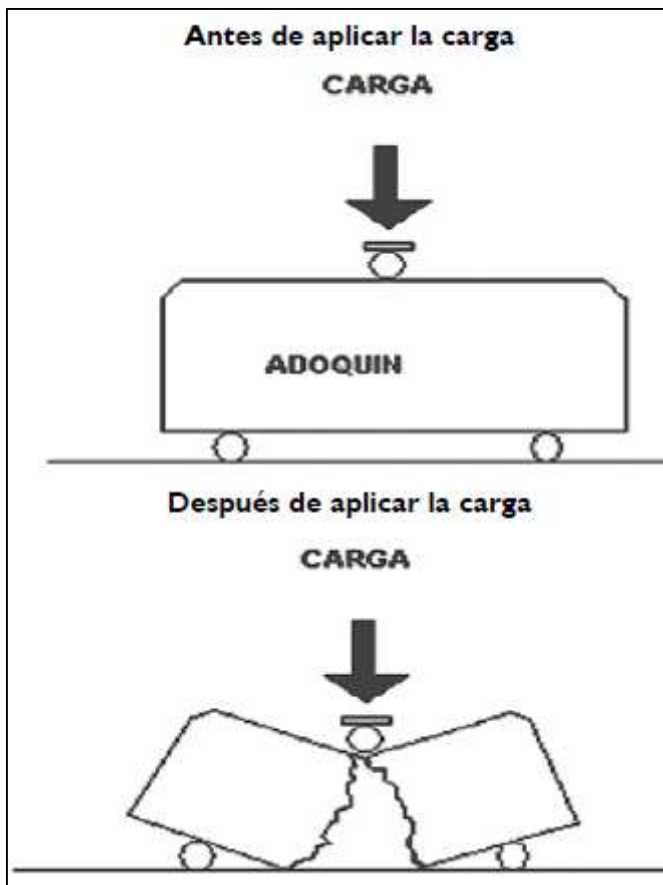


Figura N° 4: *Ensayo de adoquines*

Fuente: (Buzón, 2010).

Cascara De Huevo

La cáscara es la cubierta exterior del huevo que mantiene su integridad física y actúa como barrera bacteriológica. Está constituida, por una matriz cálcica con un entramado orgánico, en el que el calcio es el elemento más abundante y de mayor importancia. También se encuentran en su composición otros minerales como sodio, magnesio, Zinc, manganeso, hierro, cobre, aluminio y boro, en menores concentraciones, el cascarón está compuesto en un 94% de carbonato de calcio (en forma de cristales de calcita), además de otros compuestos en menor cantidad como carbonato de magnesio, fosfato de calcio, sodio potásico y otros componentes orgánicos (Sánchez & Huanio, 2017).

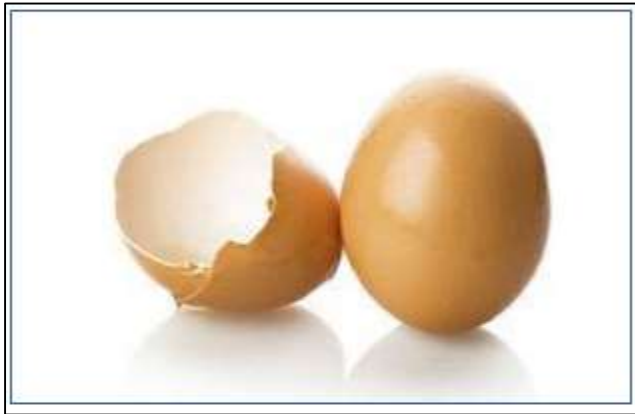


Figura N° 5: *Cáscara de huevo*

Fuente: (Sánchez & Huanio, 2017).

Estructura del Huevo

Son los siguientes (Sánchez & Huanio, 2017):

Cáscara

Contiene carbonato de calcio. Su color (blanco o moreno) depende del plumaje de la gallina ponedora. Los huevos de mayor tamaño tienen cáscaras más frágiles. La cáscara posee internamente 2 membranas exterior e interior, que a su vez rodean la clara del huevo. Estas membranas sirven de barreras protectoras contra la penetración de bacterias. Entre estas membranas se forman celdas o cámaras de aire. Las pequeñas celdas de aire que se suelen encontrar en las membranas de la cáscara, y en la parte más ancha del huevo, son causadas por la contracción del contenido cuando baja la temperatura del huevo después de que lo pone la gallina. Por lo tanto esas cámaras de aire aumentan de tamaño con el tiempo, por lo que se considera que cuando los huevos pierden frescura la cámara de aire va aumentando.

Chalaza

Son dos ligamentos que mantienen la yema de huevo en medio de la clara. Si son prominentes y espesos indican que el huevo es fresco y de alta calidad.

Clara (O Albúmina):

Es espesa y transparente, soluble y coagulable.

Yema:

Su color depende de la alimentación de la gallina. Contiene proteínas, vitaminas y agua. Su estructura está basada en un sistema de aros concéntricos, aunque cuando se cocinan se fusionan en uno solo. Está envuelta por una membrana incolora llamada membrana vitelina.

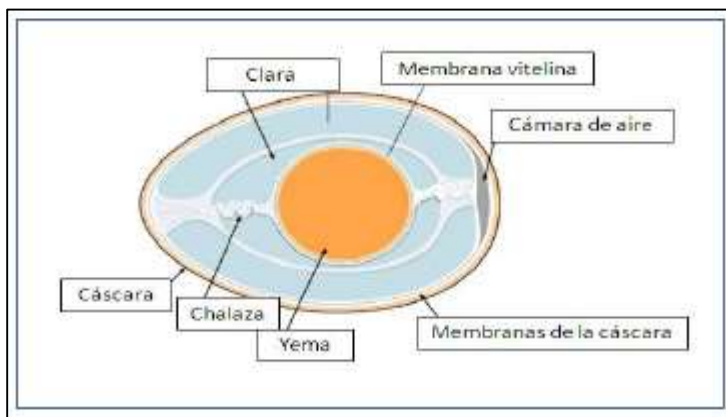


Figura N° 6: Partes del huevo

Fuente: (Sánchez & Huanio, 2017).

Determinación de la Calidad de la Cáscara de Huevo

La calidad de la cáscara se juzga con base en la textura, color, forma, solidez y limpieza. Debe ser liso, limpio, libre de grietas, de color, forma y tamaño uniformes. El primer paso en el proceso de control de calidad es la segregación de los huevos que presenten defectos evidentes para luego realizar pruebas más específicas. Debido a que existe una fuerte correlación entre el grosor del cascarón y su ruptura, se han desarrollado varios métodos para su cálculo, entre ellos los métodos directos, como la medición del cascarón mediante la utilización de un micrómetro. El cascarón del huevo debe poseer alrededor de 0.3 mm de espesor, y con la cutícula y membranas se incrementa a valores cercanos a 0.4mm. Además, se ha observado que los huevos sin

cutícula o con daños en ésta, no son tan resistentes a la pérdida de agua o ingreso de microorganismos (Sánchez & Huanio, 2017).

Función

La superficie de la cáscara se encuentra recubierta por una cutícula orgánica formada principalmente por proteínas (90%) y pequeñas cantidades de lípidos y carbohidratos. La principal función de esta película de mucina consiste en cerrar los poros, formando una barrera física contra la penetración de microorganismos. También evita la pérdida de agua y da un aspecto brillante al huevo (Sánchez & Huanio, 2017).

La cáscara constituye la cubierta protectora del huevo, que la defiende de la acción de los agentes externos y el medio a través del cual pueden realizarse intercambios gaseosos y líquidos con el ambiente que le rodea, siendo una estructura mineralizada altamente especializada, permeable, posee un alto contenido de agua, funciona como lubricante en la postura, su forma es hereditaria y es la primera barrera de defensa del huevo (Sánchez & Huanio, 2017).

Características Químicas de la Cáscara de Huevo

La cáscara de huevo de gallina está compuesta de: agua 1,6%, minerales 95,1 %, de los cuales 93,6% corresponden a carbonato de calcio en forma de calcita. Al respecto se toma como referencia la composición de la cascara de gallina (Sánchez & Huanio, 2017).

Tabla N° 12: *Análisis químico de cáscara de huevo*

Ensayos	Análisis	Unidad de medida mg/l
pH	12.1	PPM
Arsénico	<3.0	PPM
Antimonio	<0.10	PPM
Metales pesados	<20	PPM
Mercurio	0.025	PPM
Selenio	0.0055	PPM
Plata	8.29	PPM
Sulfuro	0.034	%
Aluminio	<20	PPM
Bario	30.9	PPM
Cadmio	<5	PPM
Calcio	655000	PPM
Cromo	<10	PPM
Cobalto	<5	PPM
Cobre	<2.5	PPM
Hierro	10	PPM
Magnesio	5440	PPM
Manganeso	<1.5	PPM
Níquel	<4	PPM
Fosforo	1470	PPM
Potasio	<500	PPM
Sodio	610	PPM
Vanadio	<5	PPM
Zinc	3.04	PPM

Fuente: (Sánchez & Huanio, 2017).

Valor Agregado de la Cáscara de Huevo

El cascarón de huevo se ha empleado como harina para alimento de animales por su fuente de calcio. Es una excelente fuente de calcio y proteína, ya que contiene las membranas testáceas. Asimismo, presenta una alta calidad, comparable con la concha de ostra o la piedra caliza. Se ha empleado también el polvo de cascarón como aditivo para pasta de dientes debido a sus características abrasivas, que pueden brindar limpieza sin dañar el esmalte (Sánchez & Huanio, 2017).

Calcio

Entre los componentes que tiene la cáscara de huevo debe citarse el Calcio en forma de carbonato que, al ser extraído, reconcentrado, bioactivado e ionizado cumple múltiples funciones fisiológicas y metabólicas importantes en todos los organismos vivos. El calcio que se deposita sobre la cáscara se obtiene de la sangre, no existe un almacenamiento de calcio en la glándula de la cáscara antes de la calcificación (Sánchez & Huanio, 2017).

Concentración de Carbonato de Calcio en la Cascara de Huevo

La cáscara de huevo químicamente está compuesta de 1,6% de agua, 95,1 % de minerales, de los cuales 93,6% corresponden a carbonato de calcio CaCO_3 en forma de calcita, 0,8% de carbonato de magnesio MgCO_3 y 0,73% de fosfato tricálcico $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, y finalmente 3,3% de materia orgánica (Sánchez & Huanio, 2017).

Tabla N° 13: *Concentración de carbonato de calcio en la cáscara de huevo*

Composición	%
Agua	1.6%
Minerales	95.1%
Calcita	93.6%
Carbonato de manganecio	0.8%
Fosfato tricalcico	0.7%
Materia orgánica	3.3%

Fuente: (Sánchez & Huanio, 2017).

El Bagazo de Cebada

Nombre científico de la Cebada: *Hordeum distichon* L. / *Hordeum hexastichon* L. La cebada ha sido cultivada por el hombre desde el año 2800 a.C. es originaria de Asia, donde era utilizada como alimento para las bestias y los hombres. Debido a su adaptabilidad a diferentes terrenos, su producción se ha extendido por diferentes países del mundo, en la actualidad la cebada se utiliza en países desarrollados en 75 a 80 por ciento para alimentación animal, con un 20 y 25 por ciento para la elaboración de malta, de alto consumo en la fabricación de cerveza (Camacho y guerrero, 2017).



Figura N° 7: Bagazo de cebada, obtenido en la elaboración de la cerveza

Fuente: <https://techpress.es/aprovechamiento-los-coproductos-la-cerveza/#>

Morfología Del Grano de Cebada

El grano de cebada tiene una forma alargada, y se encuentra sujeto a la espiga por la parte del germen, consta principalmente de dos partes un germen y un albumen (tejido que envuelve el embrión de la semilla), rodeados por numerosas envolturas: la cascarilla, pericarpio, epicarpio y testa (Camacho y guerrero, 2017).

La cascarilla

Es la capa que se encuentra superficialmente, se encarga de proteger el grano y puede

representar el 10% del peso del mismo, se caracteriza por ser rica en sílice (hasta un 65%), además contiene (Camacho y guerrero, 2017):

Hemicelulosas: polisacáridos constituyentes de las paredes celulares de las plantas.

Proteínas: moléculas complejas imprescindibles para la estructura y función de las células.

Resinas: secreción orgánica de las plantas y taninos: sustancias químicas naturales presentes en los compuestos vegetales.

Pericarpio - Epicarpio

El pericarpio o parte exterior de la semilla y epicarpio o formadora del pericarpio se encargan de impedir el paso de compuestos solubles en agua, como las sales mientras que la testa impide la difusión de azúcares, aminoácidos y otras moléculas solubilizables en agua (Camacho y guerrero, 2017).

En la industria cervecera se requiere que las sustancias presentes en la cebada se solubilizan en el agua para la obtención de la malta generando un buen rendimiento del extracto, así teniendo en cuenta las funciones de las capas anteriormente mencionadas, lo más conveniente para esta industria es un bajo porcentaje de cascara, por lo general las buenas cebadas cerveceras solo contienen de un 7% a 9% de las mismas, por lo que la cascarilla se convierte en un subproducto del proceso (Arias, 1991).

Cuando la cebada es utilizada para el proceso de producción de cerveza, el grano no pierde sus propiedades y su composición no cambia de manera considerable, pero pasa de ser un insumo a ser un residuo, al cual se le denomina bagazo de cebada. Como se mencionó anteriormente la cascarilla de la cebada es rica en sílice, químicamente: dióxido de silicio (SiO_2). Estructuralmente, es una red tridimensional que se genera cuando todos los átomos de oxígeno de cada tetraedro son compartidos con tetraedros adyacentes. Por consiguiente, el material es eléctricamente neutro y todos los átomos tienen estructuras electrónicas estables. En estas circunstancias, la relación entre los

átomos del Si y O es 1:2, tal como está indicado por la fórmula química (Camacho y guerrero, 2017).

Si todos los tetraedros se colocan de una forma regular y ordenada, se forma una estructura cristalina. Existen tres formas cristalinas polimórficas primarias de la sílice: cuarzo, cristobalita y trimidita (Camacho y guerrero, 2017).

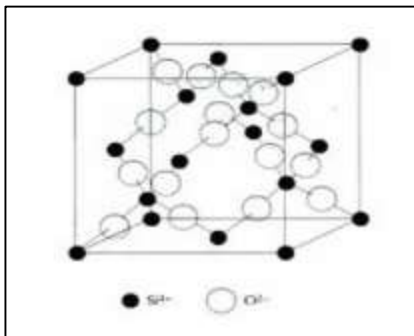


Figura N° 8: Distribución de los átomos de silicio y oxígeno en una celdilla unidas de cristobalita, un polimorfo del SiO₂

Fuente: (Camacho y guerrero, 2017)

Calidad de la Cebada

Definir la calidad de la cebada cervecera ha sido motivo de constantes debates. Para aunar criterios, los malteros y cerveceros europeos comenzaron a reunirse en congresos internacionales a fines del siglo pasado con el fin de uniformizar los métodos de análisis de cebada, malta y cerveza. Finalmente se constituyó la Convención Europea de Cervecería, o

EBC (European Brewery Convention), con el fin de coordinar el trabajo científico de los países miembros, en los campos técnicos de maltería y cervecería. Uno de los medios para esto consistió en la realización de Congresos cada dos años, realizándose el primero en 1947 en Scheveningen. Se crearon comités permanentes del EBC, como el Comité de Análisis quien fija las normas de análisis para los países miembros. Muchos países productores de cebada cervecera que no son miembros siguen estas

normas, como el Uruguay, Brasil y Argentina. En Estados Unidos, las normas fueron fijadas por el ASBC (American Society of Brewery Chemists), (Arias, 1991).

Caracteres Subjetivos

Tradicionalmente, los malteros se basaron en métodos subjetivos para la adquisición de cebada, expresando la apreciación de diversos caracteres en escalas de puntos que ayudaban a dar una nota final a cada lote. Entre los caracteres observados figuran: color, brillo, olor, forma del grano, finura de las cascaras, harinosidad, dureza, etc. (Arias, 1991).

Color y Brillo de la Cebada

Lo primero que se considera en una muestra de cebada para comercializar o para mejoramiento es el aspecto general, especialmente el color, que debe ser amarillo pajizo con un cierto brillo. Esto indica buenas condiciones sanitarias de maduración y cosecha. La influencia de factores climáticos adversos como el exceso de lluvias al final de la maduración provoca una decoloración más o menos intensa y la aparición de coloración negra en la base del grano que indica presencia de hongos que perjudican la germinación y la calidad del malteado (Arias, 1991).

El brillo es un buen índice de las condiciones de maduración, cosecha y adecuado manejo del almacenamiento. El mejor brillo se obtiene en los años más secos (Arias, 1991).

Olor

El olor debe ser el propio de este cereal, definido y sano. En Alemania se menciona un "olor de humedad", en aquellos lotes con porcentajes elevados de la misma. En Brasil, donde es necesario secar más del 50% de la cosecha, se separan los lotes que tienen olor de secado para hacer test de germinación mediante tetrazolium a fin de determinar si no se perjudicó el poder germinativo. El olor de moho junto a la decoloración es indicio de que el lote ha sufrido condiciones adversas durante la cosecha o el almacenamiento y puede motivar su rechazo (Arias, 1991).

Porcentaje de Cascaras

El porcentaje de las cascarras (glumelas) y la forma del grano de la cebada tiene una gran influencia en el rendimiento en extracto de la malta obtenida. Las cascarras pueden representar del 7 al 13% de la sustancia seca de la cebada, lo que va a reflejarse directamente en el rendimiento en extracto, ya que se solubiliza muy poca materia seca en el mosto y la casi totalidad se separa después del braseado, ayudando al filtrado del mismo. Las sustancias que se solubilizan en el mosto son perjudiciales al gusto o a la estabilidad de la cerveza. Por eso un bajo porcentaje de cascarras beneficia la calidad. Las buenas cebadas cerveceras tienen solamente de 7 a 9% de glumelas (Arias, 1991).

Durante la maduración las glumelas se adhieren al grano que al perder humedad y secarse disminuye su volumen. Cuando las cascarras de la cebada son finas y elásticas acompañan esta disminución de volumen formando una serie de arrugas transversales. Esto permite hacer una evaluación visual de la finura de las glumelas que está muy directamente relacionada con el porcentaje de cascarras en la sustancia seca total. La mayor o menor expresión de estas arrugas depende de las condiciones de maduración y es variable en diferentes localidades o años (Arias, 1991).

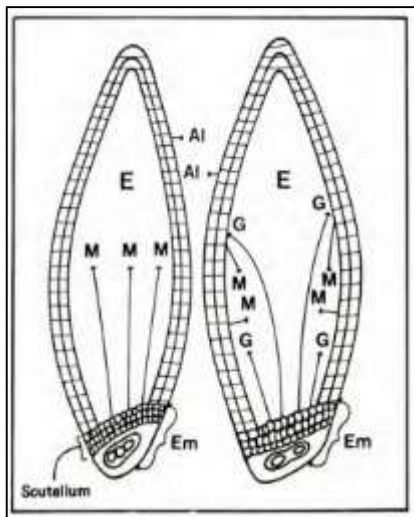


Figura N° 9: *Modificación del grano de cebada durante el malteo. Al: capa de aleurona; Al: capa de aleurona; E: endosperma; Em: embrión; G: ácido giberélico; M: modificación*

Fuente: (Arias, 1991)

Forma del Grano

La forma del grano también tiene una importancia relevante sobre la calidad industrial. En primer lugar porque, debido a la relación entre la superficie y el volumen, cuanto más redondeado sea el grano de cebada y más cerrado el surco central, mayor será el porcentaje de almidón y menor el de cascaras. En segundo lugar, porque durante el malteo, la transformación del grano se produce a partir del scutellum. Por este motivo un grano alargado tendrá siempre tendrá una disolución desuniforme (Arias, 1991).

Cuanto más redondeados sean los granos, más uniforme va a ser la distribución de las enzimas y la transformación, mejorando no solamente el extracto, sino también la mayoría de las características relacionadas con la disolución (Arias, 1991).

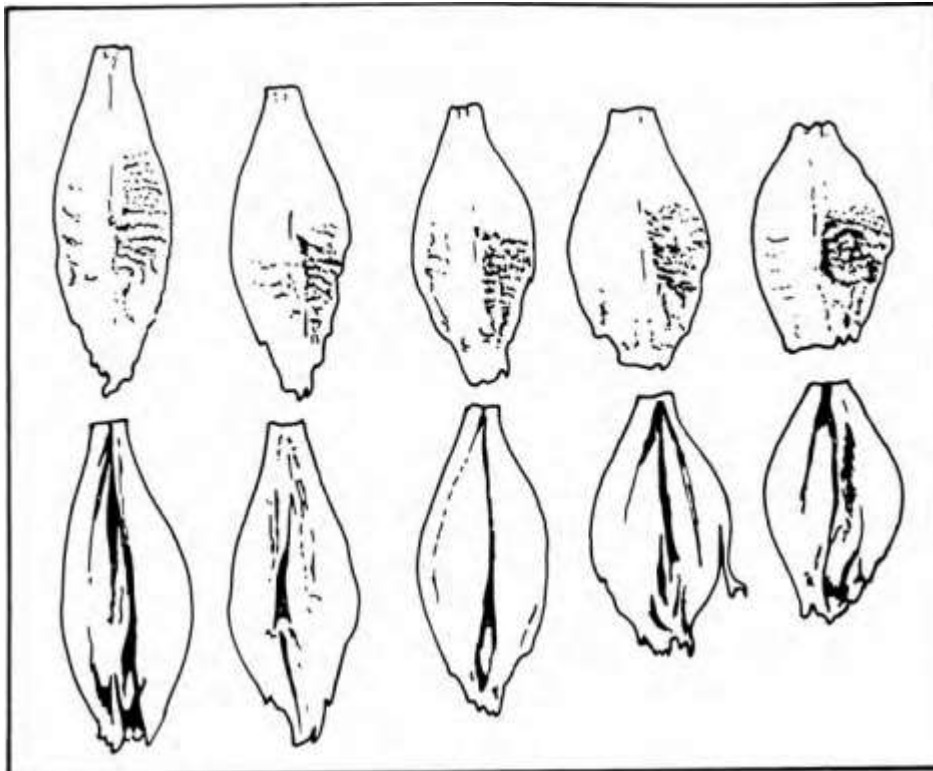


Figura N° 10: Diferentes formas de grano obtenidas de cruzamientos entre un cultivar redondeado y otro alargado

Fuente: (Arias, 1991)

Cerveza

La cerveza es la bebida resultante de la fermentación alcohólica mediante levaduras cerveceras seleccionadas, de un mosto procedente de malta de cebada en agua potable, sola o mezclada con otros productos (adjuntos) adicionados con lúpulo y sometidos a un proceso de cocción. La cerveza se produce involucrando los siguientes ingredientes (Camacho y guerrero, 2017):

Agua: elemento esencial en la elaboración de la cerveza, por lo que ha de ser pura, y potable. Contiene sales que influyen en su calidad. Los minerales de mayor interés en la bebida son: calcio, sulfatos y cloruros.

Cebada malteada: Aporta el sabor y aroma de la cerveza. Proviene de la cebada, la cual es sometida al proceso maltero, que consiste en hacer germinar los granos de cebada transformándolos en fuente de enzimas, almidón, azúcares, proteínas, vitaminas y minerales.

Levadura: microorganismo unicelular, que produce alcohol y gas carbónico a partir de azúcares. Elemento básico para la fermentación en la fabricación de la cerveza. Al finalizar el proceso es retirado y separado por filtración.

Lúpulo: aporta la sensación de amargo y los aromas y sabores florales, cítricos y herbales de la cerveza.

Proceso Cervecerero:

La malta o cebada malteada es una materia prima fundamental para la elaboración de la cerveza, influyendo notablemente en la mayoría de sus características como son el cuerpo, sabor y aroma. En el proceso de maltaje el grano de cebada se induce para que germine haciéndolo apto para el proceso cervecerero. Dicha transformación se desarrolla mediante los siguientes pasos (Camacho y guerrero, 2017):

Recepción, almacenamiento y limpieza de cebada: En esta etapa, la cebada es sometida a un proceso de limpieza física mediante equipos tipo zaranda, se realizan controles visuales, físicos y químicos para determinar que reúne las condiciones de calidad para el proceso, inspeccionando características, siendo las más usuales: calibre, humedad, peso de 1000 granos, contenido de proteínas y potencial de germinación

Remojo: la cebada es sometida en tanques a inmersiones en agua, seguida de etapas de escurrido y succión de gas carbónico con el objeto de aportarle la humedad necesaria para su germinación. Se considera que la humedad teórica que debe adquirir el grano para que el proceso sea el mejor es mayor a un 45%. Durante las inmersiones se burbujea aire y durante la succión de gas carbónico se realiza una inyección de aire refrigerado para promover la respiración del grano.

Germinación: Este proceso consiste en someter el grano en condiciones que promuevan de manera controlada su respiración (bajas temperaturas y flujo de aire). La germinación se caracteriza por el desarrollo de la radícula y la formación de 3 a 5 raicillas.

Tostación: En esta etapa se somete el grano germinado al contacto con aire caliente para ajustar su contenido de humedad, desarrollar el color, aroma y sabor de la malta.

Almacenamiento de malta: Previo al almacenamiento en silos, a la malta tostada se le retira el germen y es sometida nuevamente a limpieza en máquinas tipo zaranda. Antes de su despacho hacia las cervecerías la malta debe someterse a un “periodo de reposo” en los silos por lo menos durante tres semanas, con el objeto de estabilizar sus características.

Elaboración del mosto: El proceso se inicia con la molienda de la malta de cebada, etapa necesaria para liberar el almidón del interior del grano. El almidón aportado por la malta es transformado en azúcar fermentable gracias a varios cambios de temperatura. Posteriormente, el mosto dulce que contiene azúcar fermentable, proteínas, aminoácidos, vitaminas y minerales es separado de la cascara (de malta). El

mosto es hervido, y durante este proceso el lúpulo se añade para darle el amargo y el aroma.

Fermentación y maduración: Cuando el mosto se fermenta, la levadura transforma los azúcares del mosto en alcohol y gas carbónico, contribuyendo al aroma y sabor de la cerveza. Al final de este proceso se obtiene la “cerveza verde”, llamada así porque aún no ha alcanzado su punto ideal de maduración para su consumo; para lograrlo, se requiere mantener la cerveza en tanques con temperaturas bajo cero grados. Por efecto del tiempo y del frío, el sabor y el aroma se refinan y se obtiene un producto más estable.

Filtración: Finalmente, es necesario estabilizar y otorgar esa apariencia limpia y clara a la cerveza. A través del proceso de filtración, se separan las levaduras y otros sólidos. Durante este proceso, se ajustan las cantidades de gas carbónico (CO₂). Luego de este procedimiento aparece por fin la cerveza brillante que todos conocemos.

Envasado: La cerveza se envasa en botellas de vidrio, latas de aluminio y barriles de acero inoxidable. Por ser un producto natural, a la cerveza no se le adicionan preservantes y para garantizar su estabilidad microbiológica se pasteuriza. Finalmente, todos los envases se rotulan según la marca.



Figura N° 11: *Diferentes Tipos de Cerveza*

Fuente: https://www.google.com.pe/search?q=cerveza-++bagazo+de+cerveza&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjV2Zm17KrdAhVqp1kKHVkmDFsQ_AUICigB&biw=1366&bih=631#imgrc=2P6Khi75sK7NLM:

Conceptualización y Operacionalización de Variables

Variable Dependiente: Resistencia a la Compresión de Adoquines

Definición conceptual: Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.

Definición operacional: La resistencia a la compresión de un adoquín se calcula dividiendo la carga máxima del ensayo por el área transversal del elemento ensayado.

Indicador: Kg/cm²

Variable Independiente: Sustitución del cemento por una combinación de ceniza de bagazo de cebada y cascara de huevo triturada.

Definición operacional:

Cenizas de bagazo de cebada: Subproducto de la industria cervecera resultante del proceso de prensado y filtración del grano de cereal, que al ser calcinado posee características puzolánicas similares al cemento, ya que contiene sílice o aluminosilíce.

Cascara de Huevo: Es una matriz de proteína alineada con cristales minerales, está compuesta en un 96-98% de carbonato cálcico (del mineral calcita en las aves), mientras que el 2-4% restante es una matriz orgánica que se localiza dentro y entre los cristales de carbonato cálcico.

Indicador: porcentajes: 4% de ceniza de bagazo de cebada y 6% de cascara de huevo triturada.

En la presente tesis se formuló la siguiente hipótesis, La sustitución del cemento por una combinación de 4% de ceniza de bagazo de cebada y 6% de cascara de huevo triturada (pulverizada), obedecerá a la resistencia diseñada, es decir a una resistencia con $f'c = 320\text{kg/cm}^2$, y en el mejor de los casos se espera que la resistencia sea superior a un concreto convencional, Huaraz, 2018.

- ❖ El objetivo general de la presente investigación es: Determinar la resistencia a compresión $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$ de adoquines de concreto sustituyendo el cemento en 10% por una combinación de ceniza de bagazo de cebada (4%) y cascara de huevo (6%), en la ciudad de Huaraz, 2018.

Y como objetivos específicos:

- Realizar los estudios de calidad de los agregados mediante los ensayos del laboratorio de materiales.
- Caracterizar el bagazo de cebada mediante el Análisis Térmico Diferencial (DTA) a 750°C , para obtener la ceniza.
- Determinar la composición de óxidos por el Método de Fluorescencia de Rayos X, de la ceniza de bagazo de cebada y de la cascara de huevo triturada.
- Determinar el PH de la ceniza de bagazo de cebada, de la cascara de huevo triturada y de ambos componentes mezclados con el cemento.
- Determinar la Relación Agua-Cemento del adoquín patrón y experimental
- Realizar un análisis comparativo de la resistencia a compresión de los adoquines de concreto con cemento sustituido en 0% y 10% por una combinación de ceniza de bagazo de cebada (4%) y cascara de huevo (6%), a los 7, 14, 21 y 28 días de curado.

II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Tipo de Investigación

Investigación Aplicada, Porque la presente investigación está referida al estudio y la indagación científica que busca resolver problemas prácticos, para tal fin se pretende conocer la resistencia de un adoquín de concreto, con la sustitución del cemento en 10% por una combinación de ceniza de bagazo de cebada (4%) y cascara de huevo triturada (6%).

También es una investigación descriptiva, porque se enfoca en descubrir nuevos significados describiendo lo que existe, determinando la frecuencia con la que algo ocurre, y categorizando información.

Investigación Exploratoria, porque la presente investigación ayuda a determinar el mejor diseño de investigación, el mejor método de colección de data y la selección de sujetos.

Es una Investigación explicativa porque los datos de la investigación son obtenidos por observación de fenómenos condicionados por el investigador.

























Diseño de Investigación

Es un diseño experimental del tipo en bloque completo al azar, porque se analizará el diseño del concreto de un adoquín convencional comparado con el diseño elaborado de un adoquín de concreto con la sustitución del cemento en 10% por una combinación de ceniza de bagazo de cebada (4%) y cascara de huevo (6%). El estudio en su mayor parte se centrará en los ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayos de Materiales.

Bloque Completo Al Azar:

El diseño experimental de Bloque Completo al Azar, mantiene la siguiente configuración:

Tabla N° 14: *Diseño en bloques de concreto al Azar*

EDADES DE ENSAYO (DÍAS)	“RESISTENCIA DE ADOQUINES DE CONCRETO $f'c = 320 \text{ KG/CM}^2$, SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN 10% POR LA COMBINACIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE CEBADA Y CASCARA DE HUEVO”					
	0%			(10%)		
7						
14						
21						
28						

Fuente: Elaboración Propia

La población será un conjunto de adoquines de concreto (patrón y experimental), con diseño capaz cumplir con las condiciones de resistencia según indican las normas técnicas peruanas.

La muestra se ha considerado la misma cantidad que la población, es decir 24 adoquines con $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$ de dimensiones $10 \times 20 \times 6 \text{ cm}^3$ (tipo peatonal) de ello, 12 adoquines serán patrón y 12 adoquines serán experimentales con la sustitución del cemento en 10% por una combinación de ceniza de bagazo de cebada (4%) y cascara de huevo triturada (6%). Para la elaboración de las unidades de estudio (adoquines) se utilizaron las siguientes referencias:

Cascara de huevo: triturada (pulverizada).

Ceniza de bagazo de cebada.

Agregados naturales de la cantera de “Tacllan”- Huaraz.

Cemento portland Tipo I de la marca “Sol”.

Agua.

Las técnicas e instrumentos de investigación se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 15: *Técnicas de recolección de información*

TECNICA	INSTRUMENTO
Observación	- Guía de observación Resumen. - Fichas técnicas del laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales.

Fuente: elaboración propia

Se utilizará como instrumento una guía de observación resumen, que permitirá elaborar métodos de organización y clasificación de la información de los diversos ensayos y estudios realizados, como también el apoyo de las fichas técnicas proporcionadas por el laboratorio.

Los datos recogidos, mediante la investigación experimental, se procesaran apoyados en hojas de cálculo Excel.

Para el análisis se aplicará los métodos estadísticos tanto descriptivos como inferenciales, en la presentación, descripción, análisis e interpretación de los datos obtenidos de la observación por cada indicador ensayado. Los datos serán analizados con una tabla, gráfico, media, varianza, porcentajes y con una prueba de hipótesis ANOVA.

Para realizar el análisis de los datos se tendrá presente:

Ensayos de los Agregados en el Laboratorio

Para lograr obtener las características de calidad de los agregados, se deben hacer ensayos establecidos en la NTP/ASTM.

Ubicación de la Cantera

Con la finalidad de seleccionar los agregados que van a ser utilizados en la presente investigación, se visitó la cantera de “Tacllan”, que se encuentra ubicada en la

provincia de Huaraz, departamento de Ancash, la cual produce material a través de explotación y trituramiento de áridos procedente de las riberas del Río Santa, así como también agregado fino con diferentes módulos de finura.

Además se debe tener en cuenta que para obtener concretos de buena calidad es necesario utilizar agregados de buena calidad, por ello se escogió los materiales provenientes de la cantera “Tacllan” pues son considerados uno de los mejores, por tanto, sus propiedades físicas como mecánicas serán sobresaliente en la elaboración de los adoquines de concreto de la presente investigación.

Granulometría de los Agregados (ASTM C136 / NTP 400.012)

Análisis Granulométrico:

El ensayo de granulometría del agregado se realizó teniendo en cuenta la NTP 400.012 AGREGADOS. Análisis Granulométrico del Agregado Fino y Grueso.

Materiales:

Balanza electrónica

Tamices serie gruesa: 3/8”- N°4

Tamices serie fina: N°4 - N°8 - N°16 - N°30 - N°50 - N°100 - N° 200

Recipientes

Agua limpia

Muestra de agregado grueso

Muestra de agregado fino

Horno eléctrico

Procedimiento:

Se separó el material por la malla N°4, y el agregado fino fue el que paso este tamiz.

Se tomó una muestra de agregado grueso (confitillo) y una muestra de agregado fino, lo cual antes de someterse al tamizado fue lavada y secada por un periodo de 24 horas a una temperatura de 105 +/- 5°C.

Una vez obtenido el material seco y libre de impurezas, Se seleccionó la serie de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material a ensayar. Se encajó los tamices en orden decreciente, por tamaño de abertura, tanto como para el agregado fino y el agregado grueso (confitillo), en forma particular según las mallas que precisan dichos agregados.

Seguidamente se colocó la muestra en la malla superior del juego de tamices, se procede al tamizado y se comienza el proceso con ligeros golpes y girando el conjunto imprimiéndoles diferentes movimientos de vaivén, hasta obtener peso constante en cada tamiz. No se permite en ningún caso, presionar las partículas con la mano para que éstas pasen a través del tamiz.

Luego de realizar el tamizado por un período suficiente, de tal forma que después de terminado, no pase más del 1% de la cantidad en peso retenida en cada tamiz, se debe sostener individualmente cada tamiz, con su tapa y un fondo de base y con la mano en una posición ligeramente inclinada se debe hacer un movimiento hacia arriba contra la palma de la otra mano y si en el transcurso de un minuto, no pasa más del 1% en peso del material retenido sobre el tamiz, la operación del tamizado se dará por concluida.

Cada cantidad retenida de agregado se pesa, incluyendo lo que queda en la base; además se deberá pesar el total del material antes de comenzar la operación y compararla con la suma de los retenidos en las mallas, esta diferencia no deberá exceder el 0.3% del peso seco original de la muestra.

Módulo de Fineza (ASTM C136 / NTP 400.012)

Agregado Fino

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados Retenidos } (N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

Agregado Grueso

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados Retenidos (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

Peso Unitario (ASTM C29 / NTP 400.017)

Este ensayo nos permite conocer el peso unitario del agregado en su condición compactada o suelta y calcular los huecos entre las partículas en una masa de agregados.

Método de Ensayo:

Equipos:

Balanza, con precisión de 0.1%.

Varilla compactadora de acero, circular, recta, con extremo redondeado.

Regla metálica

Recipiente cilíndrico y de metal para agregado grueso.

Recipiente cilíndrico y de metal para agregado fino

Preparación de la Muestra: La muestra deberá estar completamente mezclada y seca a temperatura ambiente.

Procedimiento:

El procedimiento de peso unitario suelto o compactado para el agregado grueso y agregado fino, es el mismo, en donde:

Peso Unitario Suelto: (P.U.S.)

$$P.U.S = \frac{\text{Peso del material Suelto}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Se elige un molde de dimensiones adecuadas tanto para el agregado fino como para el agregado grueso, de acuerdo al TMN del agregado.

Se determina su peso y sus dimensiones de tal manera que se pueda conocer su volumen de dichos moldes.

El recipiente se llenó con una pala o cuchara, que descarga el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2”) hasta que rebose el recipiente.

El agregado sobrante se niveló con una regla hasta quedar al ras.

Se pesó el recipiente de medida, luego se pesó el recipiente más su contenido, y se registraron los pesos respectivos.

Después de haber realizado nuestros ensayos por tres veces consecutivas tanto para el agregado grueso y el agregado fino, promediando los tres valores obtenidos de dichos agregados se obtuvo un P.U.S para el agregado grueso (confitillo) y para el agregado fino.

Peso Unitario Compactado: (P.U.C)

$$P. U. C = \frac{\textit{Peso del material compactado}}{\textit{Volumen del recipiente}}$$

Se llenaron los moldes correspondientes, con el agregado fino y agregado grueso en 3 capas cada una de ellas.

Se colocó el material en tres capas de igual volumen, de tal manera que colmen el molde; cada capa recibió un total de 25 golpes con el apisonador sin que este choque a la base del molde y al apisonar las capas superiores, se tuvo que aplicar la fuerza necesaria para que la varilla atravesase solamente la respectiva capa.

Finalmente se enrasa el molde lleno de agregados con la regla metálica y se pesa el molde más agregado, para luego determinar el peso del recipiente lleno y peso del recipiente solo.

Después de haber realizado nuestros ensayos por tres veces consecutivas tanto para el agregado grueso y el agregado fino, promediando los tres valores obtenidos de dichos

agregados se obtuvo un P.U.C para el agregado grueso (confitillo) y para el agregado fino.

Contenido de Humedad (ASTM C566 / NTP 339.185)

El ensayo de contenido de humedad del agregado fino se realizó teniendo en cuenta la NTP 339.185 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

Equipo:

Balanza, con precisión de 0.1 gr.

Recipiente adecuado para colocar las muestras de Ensayo.

Horno a 105 +/- 5°C

Agregado fino

Para el contenido de humedad del agregado fino se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$\text{Contenido de humedad de agregado fino} = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} * 100$$

Descripción del Proceso:

Tomamos una muestra de 951 gr aproximadamente de agregado fino natural.

Se colocó la muestra húmeda a ensayar en un recipiente previamente tarado, y se determinó el peso del recipiente más la muestra húmeda usando una balanza, del cual se registró el valor obtenido.

Seguidamente se llevó al horno el recipiente con la muestra húmeda por 24 horas a 105 +/- 5°C.

Pasado este tiempo se removió el recipiente del horno, y luego del enfriado, se pesó el recipiente con la muestra seca y se registró este valor para determinar la cantidad de agua evaporada.

Finalmente se obtuvo un Contenido de Humedad en el Agregado Fino.

Agregado Grueso

Para el contenido de humedad del agregado grueso se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$\text{Contenido de humedad de agregado grueso} \\ = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} * 100$$

Descripción del Proceso:

Tomamos una muestra de 2000 gr aproximadamente de agregado grueso (confitillo).

Se colocó la muestra húmeda a ensayar en un recipiente previamente tarado, y se determinó el peso del recipiente más la muestra húmeda usando una balanza, del cual se registró el valor obtenido.

Seguidamente se llevó al horno el recipiente con la muestra húmeda por 24 horas a 105 +/- 5°C.

Pasado este tiempo se removió el recipiente del horno, y luego del enfriado, se pesó el recipiente con la muestra seca y se registró este valor para determinar la cantidad de agua evaporada.

Finalmente se obtuvo un Contenido de Humedad en el Agregado grueso (confitillo).

Peso Específico y Absorción (NTP 400.022)

El ensayo de peso específico y absorción de los agregados se realizó teniendo en cuenta la NTP 400.022 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado.

Agregado Fino (ASTM C128 / NTP 400.022):

Método de Ensayo:

Equipo:

Balanza, con precisión de 0.1 gr.

Picnómetro

Bandejas

Molde Cónico metálico, (cono de absorción).

Varilla de metal, con un extremo redondeado para apisonado

Estufa, capaz de mantener una temperatura de 110°C +/- 5°C

Agua

Descripción del Proceso:

Se pesó una muestra de aproximadamente 1 kg.

A continuación este material se sumergió en el agua por un periodo de 24 horas para lograr su saturación.

Una vez saturado, se decantó cuidadosamente el agua y comenzó el proceso de desecado, poniendo el material fino en un recipiente metálico y exponiéndola a una corriente de aire tibio para que seque superficialmente al medio ambiente y removiéndola frecuentemente para que el secado sea uniforme, hasta que las partículas del agregado no se adhieran entre sí.

Luego se colocó el agregado fino en forma suelta en el molde cónico, se golpeó la superficie suavemente 25 veces con la varilla de metal y se levantó el molde verticalmente. Si el agregado fino mantiene su forma significa que existe humedad libre y debe continuar secando, se debe repetir la operación hasta que el cono de arena se derrumbe al retirar el molde lo que indica que el agregado fino ya alcanzó una condición de superficie seca.

Seguidamente se Introdujo de inmediato 300 gr de la muestra superficialmente seco (SSS) en el picnómetro previamente tarado, luego se llenó de agua hasta alcanzar casi la marca de 500 cm³ que nos permita agitar el picnómetro sin rociar el agua a una temperatura de 20°C.

Después de manera manual se hizo rodar, se invirtió y agitó el frasco para eliminar todas las burbujas de aire cerca de 15 a 20 minutos que son normalmente requeridos para eliminar las burbujas de aire, después de lo cual se colocó en un baño a temperatura constante de 23 °C +/- 2°C.

Continuando con el proceso se llenó el picnómetro con agua, hasta el total de su capacidad y se determinó el peso total del frasco, espécimen y agua.

Finalmente se removió el agregado fino del frasco a una tara para ser secado al horno por 24 horas a una temperatura de 110 ± 5 °C y se enfrió a temperatura ambiente en un recipiente y luego se registró su peso.

Agregado Grueso (ASTM C127 / NTP 400.021):

Equipo:

Balanza, con precisión de 0.5 gr.

Cesta de malla de alambre, con abertura no mayor de 3mm.

Depósito adecuado para sumergir la cesta de alambre en agua.

Estufa, capaz de mantener una temperatura de 110°C +/- 5°C

Agua

Bandejas

Descripción del Proceso:

Se lavó el agregado para eliminar el polvo o material adherido a sus superficies.

Se secó la muestra a peso constante y se ventiló en un lugar fresco a temperatura ambiente de 1 a 3 horas, Inmediatamente se sumergió el agregado en agua a una temperatura ambiente por un período de 24 h.

Luego se removió la muestra del agua y se hizo rodar sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie

de las partículas aún parezca húmeda. Se secó separadamente en fragmentos más grandes. Se debe tener cuidado en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie. Y así se determinó el peso saturado y el seco superficialmente. Seguidamente para obtener su estado saturado superficialmente seco, se tomó tres muestras de 1119.8 gr, 1175.0gr, 1106.2gr, del peso superficialmente seco, después se colocó de inmediato las muestras saturadas con superficie seca en la cesta de alambre sumergido en agua y que pende de una balanza de precisión adecuada, y se determinó su peso en agua a temperatura de 20°C a 25°C. Hay que tener cuidado de remover todo el aire atrapado antes del pesado sacudiendo el recipiente mientras se sumerge. Con esto se halló el volumen de agua desplazada.

A continuación este mismo material se secó la muestra en un horno por 24 horas a una temperatura de 100°C a 110°C, se dejó enfriar hasta temperatura ambiente y se registró su peso.

Caracterización De Los Materiales De Sustitución Al Cemento

Cáscara de Huevo

Preparación de la Muestra

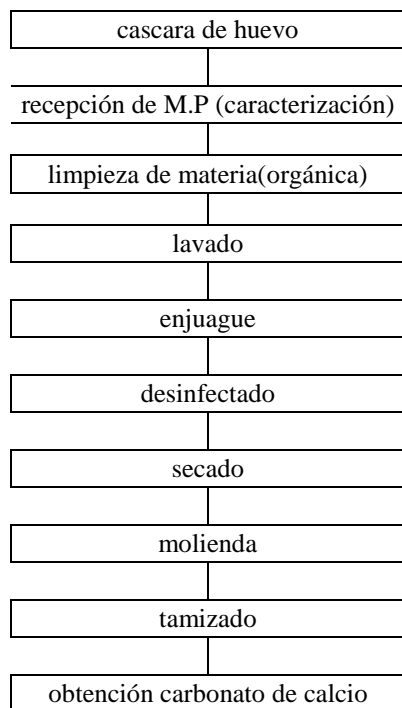
La cascara de huevo debe incluirse a la mezcla del concreto de manera triturada (pulverizada), siguiendo un proceso que se va a detallar a continuación.

Materiales

- Cascaras de huevo
- Agua
- Guantes para el lavado de la cascara de huevo
- Tinajas o recipientes adecuados para el lavado
- Costal y bolsas

Resumen del Procesamiento de la Cascara de Huevo

Tabla N° 16: *Proceso tecnológico de la cascara de huevo*



Fuente: Elaboración Propia

Procedimientos

Recepción de Materia Prima

Primeramente se realizó la recolección de un gran número de cantidad de cascara de huevo, en diversos lugares como restaurant, juguerias, etc. y del consumo doméstico en las viviendas.

Limpieza de Materia Orgánica (M.O)

A medida que se iba obteniendo las cascara de huevo, se separaban con ayuda de un guante los desechos con el cual habían sido mezclados, seguidamente, se extrajo la materia orgánica (cutículas) con mucho cuidado, esto es para que la cascara quede libre de proteínas y posteriormente obtener solo carbonato de calcio.

Lavado

Después se depositaban en un recipiente o una tina grande con contenido de agua para lavarlos por inmersión, con abundante agua, para eliminar la suciedad y contaminantes físicos.

Desinfección

Se desinfecto la cascara de huevo con HClO (ácido hipocloroso), se agregó 6ml de HClO en 6 lt. de H₂O por un tiempo de 2 minutos para evitar la proliferación de microorganismo y eliminar residuos orgánicos.

Secado

Una vez limpios de todas las impurezas, se procedió a desmenuzar las cascara de huevo en pedazos pequeño, para ser expuesto al sol y alcanzar su secado superficial.

Molienda

Luego del secado se procedió con el trituramiento, esto se realizó con un molino convencional, en esta etapa trituramos la cascara de huevo obteniendo el CaCO₃.

Tamizado

Se pasó por la malla N°200, para obtener el material fino en la sustitución del cemento, consiste en hacer pasar una mezcla de partículas de diferentes tamaños por un tamiz. Las de menor tamaño pasan por los poros del tamiz atravesándolo, los cuales serán utilizados en la preparación de adoquines de concreto.

Almacenamiento

Se utilizó la cantidad necesaria, según el diseño de mezcla y la dosificación requerida, representada en kg. Una vez triturados (pulverizados) se iban almacenando en una bolsa plástica para posteriormente incorporarlo en la mezcla del concreto.

Ceniza de Bagazo de Cebada

Preparación de la Muestra

El bagazo de cebada debe incluirse a la mezcla del concreto de forma calcinada (ceniza), siguiendo un proceso que se va a detallar a continuación.

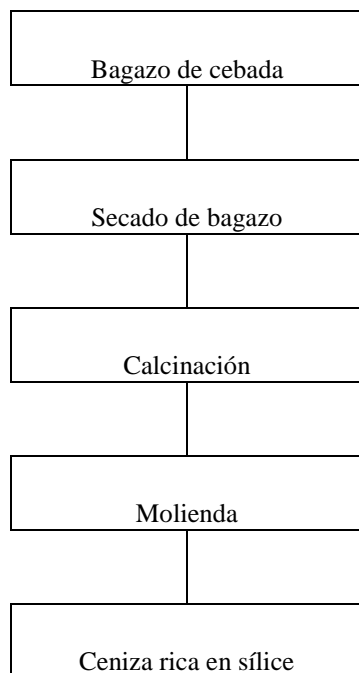
Materiales

- Bagazo de cebada
- Guantes
- Tinajas o recipientes
- Costal y bolsas

Resumen del Procesamiento del Bagazo de Cebada

Son los siguientes pasos que se expone en la siguiente tabla:

Tabla N° 17: *Proceso tecnológico del bagazo de cebada*



Fuente: Elaboración Propia

Procedimientos

Recepción de Materia Prima

Se realizó la adquisición del residuo de bagazo de cebada del proceso cervecero proveniente de la empresa de fabricación artesanal de cerveza “Sierra Andina”- Huaraz Áncash.

Desinfección

Se determinó que el tratamiento del material con ácido clorhídrico era innecesario pues la materia orgánica se puede remover mediante el tratamiento térmico.

Secado

Las muestras de bagazo de cebada fueron secadas al aire libre, expuesto al sol, para extraer el exceso de humedad que el material posee debido a su antiguo proceso de vida, y que finalmente se encuentre apto para el proceso de calcinación.

Calcinación

Para la calcinación del bagazo de cebada y obtener una ceniza rica en sílice, utilizar un horno de lecho fluidizado burbujeante, con capacidad de llegar hasta al menos 1000°C, dada la experimentación se obtiene a partir del bagazo de cebada sílice a los 900°C.

Molienda de Ceniza

Luego del secado se procedió con el trituramiento, esto se realizó con un molino convencional, en esta etapa trituramos la ceniza de bagazo de cebada, obtenida en la calcinación.

Tamizado

Se pasó por la malla N°200, para obtener el material fino en la sustitución del cemento, consiste en hacer pasar una mezcla de partículas de diferentes tamaños por un tamiz. Las de menor tamaño pasan por los poros del tamiz atravesándolo, los cuales serán utilizados en la preparación de adoquines de concreto.

Almacenamiento

Se utilizó la cantidad necesaria, según el diseño de mezcla y la dosificación requerida, representada en kg. Una vez triturados (pulverizados) se iban almacenando en una bolsa plástica para posteriormente incorporarlo en la mezcla del concreto.

Elaboración de los Especímenes

Comprende las siguientes etapas:

Mesa Vibradora

Para la fabricación de los adoquines esta se realiza con el apoyo de una mesa vibradora de 0.6 m. x 0.8 m. con un motor de 1/2 HP y 1740 r.p.m, motor monofásico de 220V y 60 Hertz, al cual se le acoplo un brazo acoplado que nos permite acomodar y compactar la mezcla del Adoquín de Concreto, con una carga promedio de 200 kg.

Mezclado

Para mezclar el material utilizando mezcladora (tipo trompo o de tolva) se debe iniciar mezclando previamente en seco el cemento y los agregados en el tambor, hasta obtener una mezcla de color uniforme; luego se agrega agua y se continua la mezcla húmeda durante 3 a 6 minutos. Si los agregados son muy absorbentes, incorporar a los agregados la mitad o los 2/3 partes de agua necesaria para la mezcla de los agregados y el resto del agua, continuando la operación de 2 a 3 minutos. Considerar que para el concreto experimental se debe sustituir el cemento en 6% por cascara de huevo triturada y debidamente procesada y 4% de ceniza de bagazo de cebada debidamente también procesada.

Consistencia

El molde (cono de habrams) se coloca sobre una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóvil, pisando las aletas. Seguidamente se vierte una capa de concreto, hasta un tercio del volumen. Se apisona una varilla, aplicando 25 golpes, distribuidos uniformemente.

La tercera capa se deberá llenar en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación. Lleno y enrasado el molde, se levanta lenta y cuidadosamente en

dirección vertical. El concreto moldeado fresco se asentara, la diferencia entre la altura del molde y la altura de la mezcla fresca se denomina Slump.

Molde Metálico

Se elaboró un molde metálico permite fabricar los adoquines de 20x10x6 cm. (largo, ancho, altura), el molde metálicos está compuesto por dos divisiones que permiten tener un avance más rápido en la fabricación de los adoquines, además presentan en sus lados unas aristas verticales de 3 mm las cuales trabajan como juntas espaciadoras en la colocación del adoquín, la caja del molde tiene en la base, dimensiones ligeramente mayores que en la parte superior la cual facilita el desmoldaje. Para fines de investigación este molde se diseñó para dos unidades. Después de cada jornada esto molde debe limpiarse, lavarse y protegerlo con una película de petróleo.

Moldeado

Obtenida la mezcla se procede a vaciarla dentro del molde metálico de 20x10x6 cm. (largo, ancho, altura) colocado sobre la mesa vibradora; el método de llenado se debe realizar en dos capas; para tener una mejor compactación, con la ayuda de un badilejo se puede acomodar la mezcla. El vibrado se mantiene hasta que aparezca una película de agua en la superficie entre 3 a 4 min en nuestra meza, luego se retira el molde de la mesa y se lleva al área de desmolde y fraguado, con la ayuda de un mazo de madera se golpea los lados del molde y se desmolda el bloque en forma vertical.

Fraguado

Una vez fabricados los adoquines, éstos deben permanecer en un lugar que les garantice protección del sol y de los vientos, con la finalidad de que puedan fraguar sin secarse. El periodo de fraguado debe ser de 4 a 8 horas, pero se recomienda dejar los bloques de un día para otro. Si los bloques se dejarán expuestos al sol o a vientos fuertes se ocasionaría una pérdida rápida del agua de la mezcla, o sea un secado prematuro, que reducirá la resistencia final de los bloques y provocará fisuramiento del concreto.

Curado

El curado de los adoquines se sumergen en un cilindro que consiste en mantener los bloques húmedos para permitir que continúe la reacción química del cemento, con el fin de obtener una buena calidad y resistencia especificada.

Ensayo de Resistencia a Compresión de las Muestras

La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección del adoquín. El parámetro obtenido es una propiedad principalmente física y es frecuentemente usado en el diseño de estructuras, se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²).

Equipo

La máquina de ensayo deberá tener capacidad conveniente, debe ser operada por energía (no manual) y debe permitir una velocidad de carga sobre la probeta de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s, de forma continua sin intermitencia ni detenimiento.

La máquina de ensayo será equipada con dos bloques de acero con caras resistentes, las caras de los bloques serán paralelas durante el ensayo.

Especímenes para Ensayo:

- Especímenes curados y moldeados, de una muestra de adoquín de concreto.

Procedimiento de Ensayo:

- Los adoquines deben ser ensayadas, luego de ser retiradas de la condición de curado, es decir, se ensayarán en condiciones húmedas superficialmente secas.
- Calcular el área de la sección del adoquín.
- Antes de colocar el adoquín entre los cabezales de la máquina de ensayo, se limpiarán las caras de contacto de los bloques de acero, superior e inferior.
- Se alinearán los ejes del adoquín a ensayar con el centro de empuje de la máquina a manera de evitar excentricidades.

- Verificar que el indicador de carga de la máquina esté en cero, de no ser así se deberá ajustar.
- Luego aplicar la carga de manera continua y uniforme, hasta el momento de la falla.
- La carga se debió aplicar a una velocidad correspondiente a una tasa de aplicación de carga comprendida en el rango de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s (35 ± 7 psi/s).
- Por último registrar el tipo de falla y la carga máxima soportada antes de fracturarse.
- Calcular la Resistencia a Compresión, dividiendo la carga máxima entre el área promedio de la sección.

III. RESULTADOS

Resultados de las Características de los Agregados
Granulometría

Agregado Grueso

Tabla N° 18: Resultados del Análisis Granulométrico del Agregado Grueso

AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)				
PESO INICIAL :		1425	gr	
Malla (pulg)	Peso (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Que pasa
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				100.00
N° 4	1378	96.70	96.70	3.30
N° 8	47	3.30	100.00	0.00

Fuente: Laboratorio de MS y EM

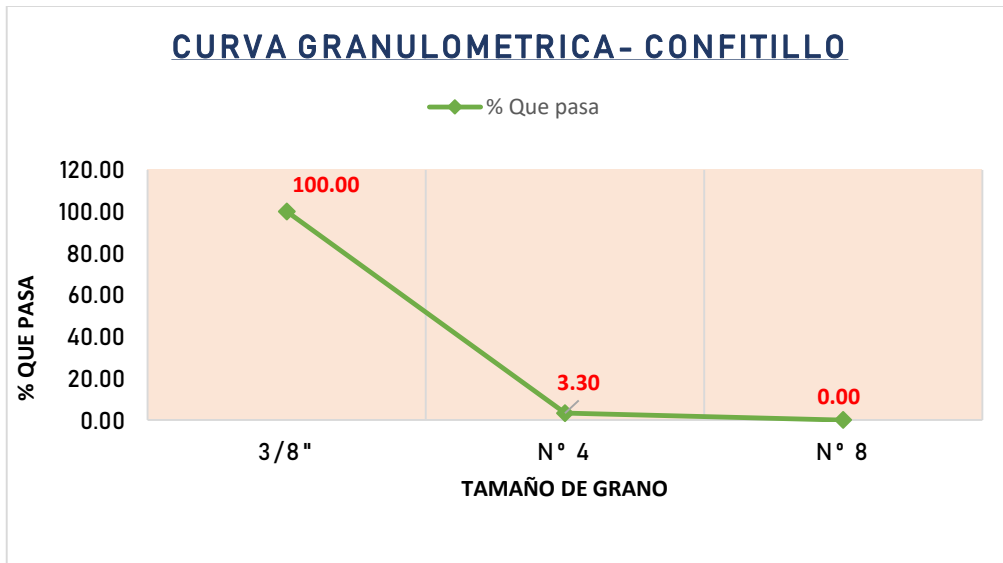


Figura N° 12: Curva Granulométrica del Agregado Grueso

Fuente: Laboratorio de MS y EM

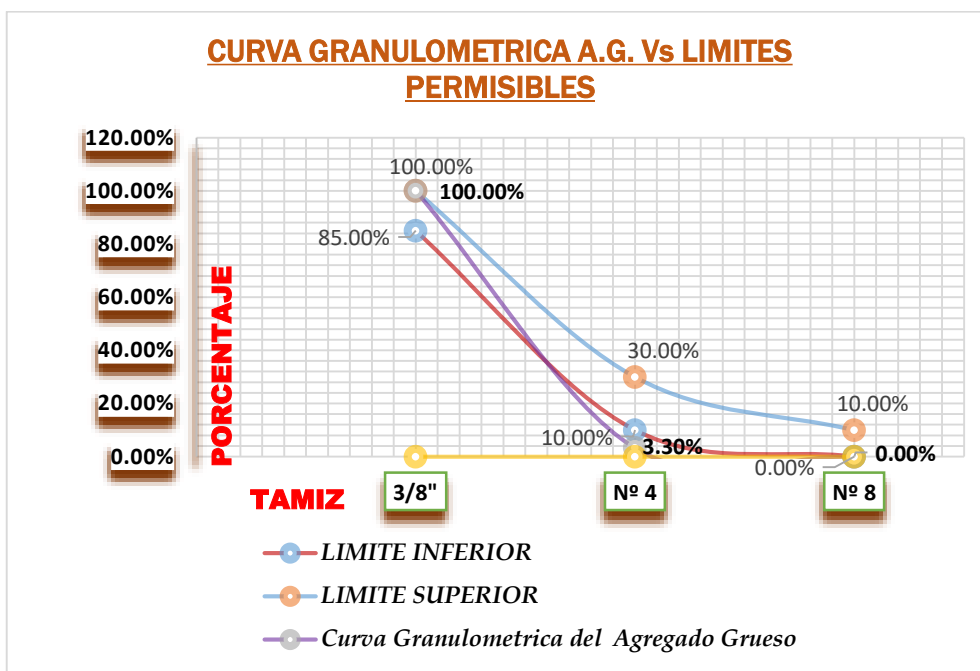


Figura N° 13: Curva Granulométrica A.G Vs Límites Permisibles

Fuente: Laboratorio de MS y EM

Agregado Fino

Tabla N° 19: Resultados del Análisis Granulométrico del Agregado Fino

AGREGADO FINO (ARENA)				
PESO INICIAL :		1802		gr
Malla	Peso (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Que pasa
N° 4	-	-	-	100.00
N° 8	359.5	19.95	19.95	80.05
N° 16	468	25.97	45.92	54.08
N° 30	450	24.97	70.89	29.11
N° 50	315	17.48	88.37	11.63
N° 100	118.5	6.58	94.95	5.05
N° 200	52	2.89	97.84	2.16
PASA N° 200	39	2.16	100.00	0.00

Fuente: Laboratorio de MS y EM

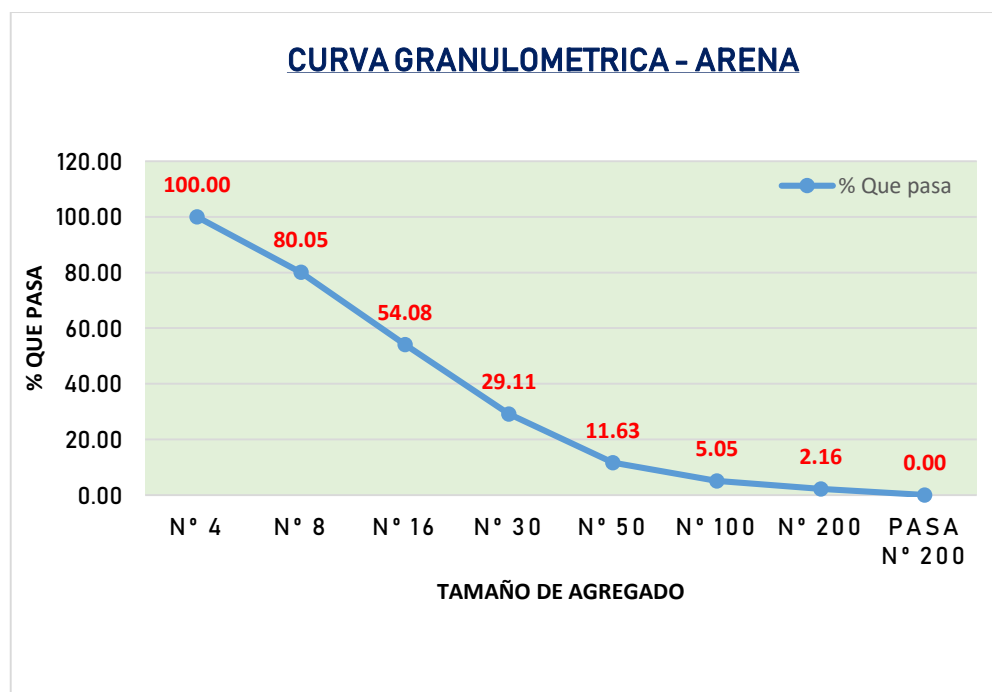


Figura N° 14: Curva Granulométrica del Agregado Fino

Fuente: Laboratorio de MS y EM

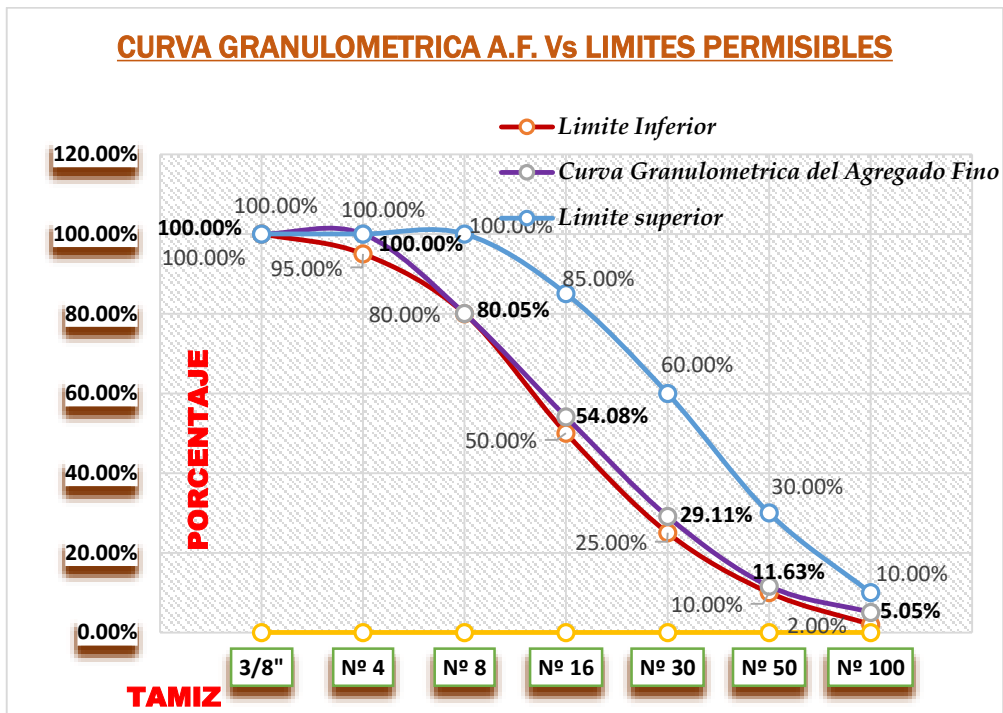


Figura N° 15: Curva Granulométrica del A.F Vs Límites Permisibles

Fuente: Laboratorio de MS y EM

Módulo de Fineza

✓ Agregado Grueso

MF = 5.967

✓ Agregado Fino

MF = 3.201

Peso Específico y Absorción

Agregado Fino

Tabla N° 20: Resultados del Peso Específico y Absorción del Agregado Fino

AGREGADO FINO (ARENA)		
IDENTIFICACION :		19
A	PESO MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECA (EN AIRE)	300.00
B	PESO FRASCO + H2O	670.30
C	PESO FRASCO + H2O + PESO MATERIAL	970.30
D	PESO DEL MATERIAL + H2O EN EL FRASCO	857.60
E	VOLUMEN DE MASA + VOLUMEN DE VACIO = C - D	112.70
F	PESO DE MATERIAL SECO EN ESTUFA (105° C)	295.10
G	VOLUMEN DE MASA = E -(A - F)	107.80
	PESO ESPECIFICO BULK (BASE SECA) = F/ E	2.62
	PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA) = A/ E	2.66
	PESO ESPECIFICO APARENTE (BASE SECA) = F/G	2.74
	% DE ABSORCION =((A- F)/F) X 100	1.66

Fuente: Laboratorio de MS y EM

Agregado Grueso

Tabla N° 21: Resultados del Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso

AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)				
IDENTIFICACION:		N°21	N°46	N°38
A	PESO MATERIAL SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA (EN AIRE)	1119.8	1175.0	1106.2
B	PESO MATERIAL SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA (EN AGUA)	702.6	741.7	694.7
C	VOLUMEN DE MASAS / VOLUMEN DE VACIOS = A - B	417.2	433.3	411.5
D	PESO MATERIAL SECO EN ESTUFA (105° C)	1110.9	1167.9	1099.5
E	VOLUMEN DE MASA = C - (A - D)	408.3	426.2	404.8
	PESO ESPECIFICO BULK(BASE SECA) = D/C	2.66	2.70	2.67

PESO ESPECIFICO BULK(BASE SATURADA) = A/C	2.68	2.71	2.69
PESO ESPECIFICO PARENTE (BASE SECA) = D/E	2.72	2.74	2.72
% DE ABSORCION =((A- D)/D) X 100	0.8	0.6	0.6
PROMEDIO	0.673		

Fuente: Laboratorio de MS y EM

Peso Unitario Suelto Compactado

Agregado Fino

Tabla N° 22: Resultados del Peso Unitario del Agregado Fino

AGREGADO FINO (ARENA)						
TIPO DE PESO UNITARIO:	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTADO		
MUESTRA N°	1	2	3	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE	7.020	7.030	7.025	7.590	7.575	7.565
PESO DEL MOLDE	3.420	3.420	3.420	3.420	3.420	3.420
PESO DEL MATERIAL	3.600	3.610	3.605	4.170	4.155	4.145
VOLUMEN DEL MOLDE	2.776	2.776	2.776	2.776	2.776	2.776
PESO UNITARIO	1.297	1.300	1.299	1.502	1.497	1.493
PESO UNITARIO PROMEDIO	1.30			1.50		

Fuente: Laboratorio de MS y EM

Agregado Grueso

Tabla N° 23: Resultados del Peso Unitario del Agregado Grueso

AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)						
TIPO DE PESO UNITARIO:	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTADO		
MUESTRA N°	1	2	3	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE	27.365	27.370	27.380	28.835	28.840	28.850
PESO DEL MOLDE	7.471	7.471	7.471	7.471	7.471	7.471
PESO DEL MATERIAL	19.894	19.899	19.909	21.364	21.369	21.379

VOLUMEN DEL MOLDE	13.724	13.724	13.724	13.724	13.724	13.724
PESO UNITARIO	1.450	1.450	1.451	1.557	1.557	1.558
PESO UNITARIO PROMEDIO	1.45		1.557			

Fuente: Laboratorio de MS y EM

Contenido De Humedad

Agregado Fino

Tabla N° 24: Resultados del Contenido de Humedad del Agregado Fino

AGREGADO FINO (ARENA)		
N°	DESCRIPCION	
Recipiente :		N° 39
1	Peso recipiente + Suelo húmedo	951.00
2	Peso recipiente + Suelo seco	907.00
3	Peso del Agua (1) - (2)	44.00
4	Peso Recipiente (gr)	170.00
5	Peso suelo Seco (2) - (4)	737.00
6	Humedad (3/5) x 100 (%)	5.97
HUMEDAD PROMEDIO		5.97

Fuente: Laboratorio de MS y EM

Agregado Grueso

Tabla N° 25: Resultados del Contenido de Humedad del Agregado Grueso

AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)		
N°	DESCRIPCION	
Recipiente :		N° 3
1	Peso recipiente + Suelo húmedo	1380.00
2	Peso recipiente + Suelo seco	1377.00

3	Peso del Agua (1) - (2)	3.00
4	Peso Recipiente (gr)	169.00
5	Peso suelo Seco (2) - (4)	1208.00
6	Humedad (3/5) x 100 (%)	0.25
HUMEDAD PROMEDIO		0.25

Fuente: Laboratorio de MS y EM

Resultados de Análisis Térmico Diferencial

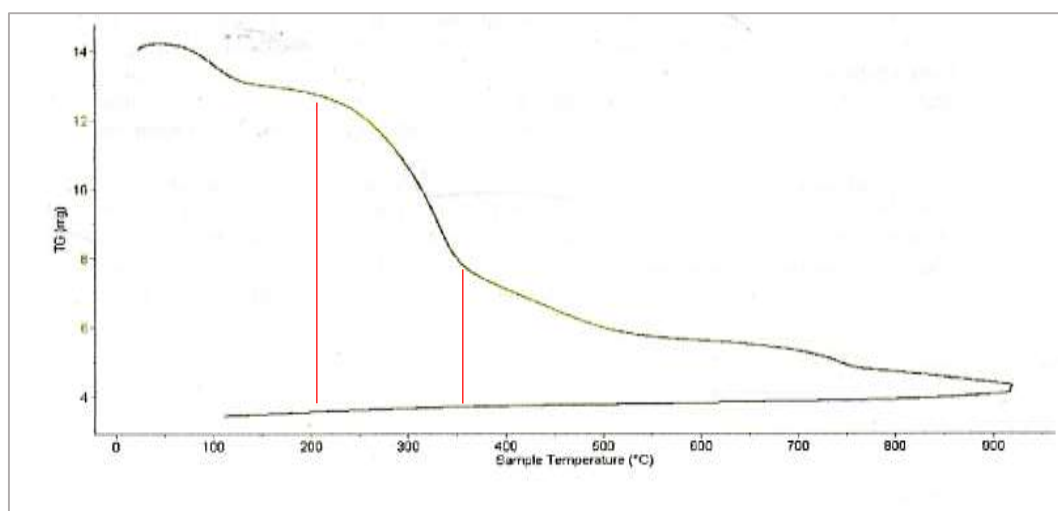


Figura N° 16: Análisis termo gravimétrico de ceniza de bagazo de cebada

Fuente: Laboratorio de polímeros de la UNT

Según el análisis Termo gravimétrico se puede apreciar un importante descenso de la masa que constituye pérdida de masa en la muestra, evidenciándose una mayor velocidad de pérdida en el rango de 210 a 350 °C y se aprecia que en las otras regiones se presenta un ritmo de pérdida más lenta de la masa hasta 900 °C aproximadamente. El material llega perder aproximadamente 60% cuando alcanza la máxima temperatura de ensayo.

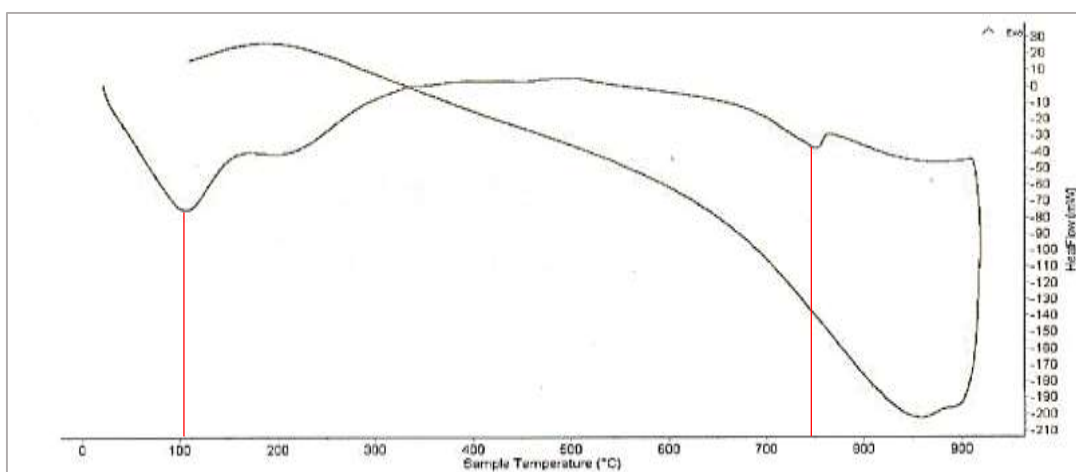


Figura N° 17: Curva calorimétrica ATD de ceniza de bagazo de cebada

Fuente: Laboratorio de polímeros de la UNT

De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra algunos picos endotérmicos a baja temperatura, la primera se manifiesta aproximadamente a 100 °C. Posteriormente a mayor temperatura se presenta una absorción de calor en torno a 750°C. Estas absorciones térmicas podrían significar algún cambio estructural y cambio en las características del material. El equipo utilizado fue: Analizador térmico simultáneo TG, DTA, DSC cap. Max. 1600°C SetSys Evolución.

Determinación de la humedad del bagazo de cebada

Debido a que el bagazo de cebada es un residuo que procede de la fabricación de cerveza, se adquiere con un alto porcentaje de humedad. Para determinarla, se pesó el material residual en su presentación inicial y se realizó un secado a temperatura ambiente, hasta lograr que su superficie quede seca, posteriormente se pesó este material seco para observar que diferencia existe entre las dos fases y así determinar su humedad, con este procedimiento se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\text{Peso húmedo (Kg)}=17$$

$$\text{Peso seco (Kg)}=4,94$$

$$\text{Porcentaje de } h(\%) = \frac{17\text{Kg} - 4,94\text{Kg}}{17\text{Kg}}$$

$$\text{Porcentaje de humedad (\%)}=70,9\%$$

Determinación del porcentaje de reducción del bagazo de cebada

Para la obtención de la ceniza rica en sílice, se utiliza una gran cantidad de bagazo de cebada, lo que indica que su reducción a la hora de la calcinación es elevada, es por ello que se realiza la determinación del porcentaje en el que se reduce el monto inicial de esta, a partir del peso del bagazo de cebada seco y el peso de la ceniza obtenida después de la calcinación, obteniendo el siguiente resultado.

$$\text{Peso seco bagazo de cebada (Kg)}=5.00$$

$$\text{Peso ceniza obtenida (Kg)}=0,850$$

$$\text{Porcentaje de reducción (\%)}= \frac{(5.00\text{Kg}-0,850\text{Kg})}{5.00\text{Kg}} * 100$$

$$\text{Porcentaje de reducción (\%)}=83.00\%$$

Este resultado quiere decir que solamente se obtiene un 17% de ceniza rica en sílice con relación al bagazo de cebada necesitado, es de vital importancia ya que significa que en caso de que se lleve a un proceso industrial, el rendimiento del proceso no va a ser el mejor, ya que se necesitara mucho material inicial y energía para obtener poco producto.

Resultados de Caracterización Química

Características químicas de la Ceniza de Bagazo de Cebada

El análisis de la composición química de la Ceniza de Bagazo de Cebada se realizó en el laboratorio de Arqueometría de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima, donde los resultados son:

Tabla N° 26: Resultado De Fluorescencia De Rayos X de la ceniza de Bagazo de Cebada

ELEMENTOS	CONCENTRACION % MASA	METODO UTILIZADO
Al	1.962	
Si	4.627	
P	3.741	
S	0.210	
Cl	0.004	
K	1.298	
Ca	2.117	
Ti	0.016	
Cr	0.002	
Mn	0.076	
Fe	0.390	Fluorescencia de Rayos -X dispersiva en energía
Ni	0.003	
Cu	0.006	
Zn	0.094	
Sr	0.009	
Sub - Total	14.555	
Otros	85.445	
Total	100.000	

Fuente: Laboratorio de Arqueometría de la UNMSM

De los Resultados de FRX se desprende que:

La ceniza de bagazo de cebada contiene el Si en un 4.627%, Ca en un 2.117% y P en un 3.741% como elementos más predominantes, sin embargo estos valores obtenidos son muy bajos a los esperados y por otro lado se observa que no se obtuvieron óxidos de los elementos mencionados.

De lo dicho anteriormente se justifica los resultados, debido a que la ceniza de bagazo de cebada fue calcinada a temperatura de 950 °C por un tiempo de permanencia en el horno de 2 horas en promedio, sin embargo el análisis calorimétrico indica que la muestra se calcine en torno a 750 °C para obtener cambios estructurales del material, pero debido a que se excedió la temperatura a 950°C (manipulación del encargado del laboratorio) originó que la muestra pierda sus propiedades químicas y no se produzca la oxidación, en este caso la obtención del óxido de Silicio como planteaba la propuesta, dificultando de esta manera la nueva obtención del material y su secado correspondiente (2 meses) para un nuevo análisis, motivo por el cual se continuó con el proceso.

Características Químicas de la Cáscara de Huevo Pulverizada

El análisis de la composición química de la Cáscara de Huevo Pulverizada se realizó en el laboratorio de Arqueometría de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima, donde los resultados son:

Tabla N° 27: Resultado De Fluorescencia De Rayos X de la Cascara de Huevo Pulverizada

OXIDO	CONCENTRACION % MASA	NORMALIZADO AL 100%	METODO UTILIZADO
Al₂O₃	6.950	10.163	
SiO₂	0.107	0.157	
SO₂	0.501	0.733	
ClO₂	0.109	0.160	
K₂O	0.066	0.097	
CaO	60.196	88.028	
TiO	0.012	0.017	
Cr₂O₃	0.004	0.006	Fluorescencia de Rayos -X dispersiva en energía
Fe₂O₃	0.033	0.048	
Ni₂O₃	0.001	0.002	
ZnO	0.006	0.009	
SrO	0.178	0.260	

ZrO2	0.008	0.011
CdO	0.211	0.308
Total	68.382	100.000

Fuente: Laboratorio de Arqueometría de la UNMSM

De los Resultados de FRX se desprende que:

La Cáscara de Huevo Pulverizada nos muestra el CaO en un 88.028%, Al₂O₃ en un 10.163% y SiO₂ en un 0.157% como elementos más predominantes, estos valores obtenidos son muy satisfactorios a los esperados ya que se produjo la oxidación de los elementos, en especial la obtención del CaO tal y como fue propuesto.

Así mismo, se resalta dentro de los resultados el alto contenido de CaO, lo cual indica que el procedimiento para su obtención fue el adecuado y sin duda este material aporta positivamente a los resultados de la resistencia a compresión, ya que es un material puzolanico por tener similar composición química a la de un cemento convencional.

Resultados del Análisis de pH

Tabla N° 28: PH del Cemento, cascara de huevo, Cenizas de bagazo de cebada y su Combinación

MUESTRA	PH	CALIFICACION
Cemento Tipo I	12.15	extremadamente alcalina
Ceniza de Bagazo de Cebada	5.02	acida
Cascara de Huevo Pulverizada	8.76	fuertemente alcalina
6% Cascara de Huevo Pulverizado + 4% ceniza de bagazo de cebada + 90% cemento	11.95	extremadamente alcalina

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas – UNASAM

Se observan valores alcalinos que permitirán la reacción con el cemento para poder alcanzar las resistencias óptimas deseables, ya que se encuentran dentro de los límites permisibles de pH que van de 12.5 a 8, lo es que óptimo para el concreto según la ASTM C 4262, con la excepción de la ceniza de bagazo de cebada que alcanzó 5.02 de pH y es calificada como acida, pero al combinar el cemento + ceniza de bagazo de

cebada + cáscara de huevo pulverizada se obtiene un Ph de 11.95 el cual es calificado como extremadamente alcalino y se encuentra dentro de los parámetros para su utilización en el concreto y posteriormente la elaboración de adoquines.

Resultados de Relación Agua / Cemento

Tabla N° 29: Comparación de la Relación A/C

Requerimiento de Agua de Adoquines		
MUESTRA	% DE SUSTITUCION	RELACION A/C
Concreto - Patrón	0%	0.522
Concreto - Experimental	10%	0.523

Fuente: Elaboración Propia

Concreto Patrón:

$F'c = 320 \text{ kg/cm}^2$ (Resistencia a Compresión)

Según Enrique Rivva López en su libro: “Diseño de Mezclas”, la relación A/C se obtiene interpolando los valores propuestos, para el $f'c$ diseñado, los cuales se detallan a continuación:

$F'c$		A/C		
350	-----	0.48		
320	-----	X	=	0.522
300	-----	0.55		

Concreto Experimental:

$F'c = 320 \text{ kg/cm}^2$ (Resistencia a Compresión)

El ACI 211 proporciona un método basado en encontrar una relación agua – cemento + puzolana (a/c+p) equivalente a la relación agua – cemento tradicional, mediante la utilización de la siguiente ecuación:

$$\frac{a}{c+p} = \frac{\gamma_c * \frac{a}{c}}{\gamma_c * (1 - Fv) + \gamma_p * Fv}$$

En donde:

(a/c+p) : Relación agua – (cemento + material puzolánico)

(a/c) : Relación agua cemento del patrón

γ_c : Peso específico del cemento

γ_p : Peso específico del material puzolánico

Fv : Porcentaje de ceniza en volumen expresado como factor decimal

El porcentaje de material puzolánico a utilizar en la elaboración del concreto debe expresarse como factor decimal y puede estar referido al peso o al volumen del cemento total a utilizarse, el ACI 211 proporciona las siguientes ecuaciones que permiten obtener una equivalencia entre ambas.

$$Fw = \frac{1}{1 + \frac{\gamma_c}{\gamma_p} * \frac{1}{Fv} - 1} \dots \text{Porcentaje de ceniza en peso expresado como factor decimal}$$

$$Fv = \frac{1}{1 + \frac{\gamma_p}{\gamma_c} * \frac{1}{Fw} - 1} \dots \text{Porcentaje de ceniza en volumen expresado como factor decimal}$$

De esta manera se procede a calcular una nueva relación agua - cemento + material puzolánico, recordando que la relación agua – cemento tradicional fue 0.522 y el peso específico del material puzolánico es 3.06 gr/cm³.

El valor del porcentaje al peso expresado como factor decimal del material puzolánico utilizado con relación al cemento es de Fw = 0.10, es decir 10%, ha sido el valor impuesto para el presente trabajo, para de esta manera experimentar los efectos del material puzolánico (combinación de cascara de huevo pulverizada en 6% y ceniza de bagazo de cebada en 4%) en la sustitución del cemento para la fabricación de concreto.

Para poder ingresar a la ecuación que nos permite calcular la nueva relación agua – cemento + puzolana, primeramente debemos transformar el porcentaje al peso a su correspondiente porcentaje en volumen, así:

$$Fv = \frac{1}{1 + \frac{\gamma p}{\gamma c} * \frac{1}{Fw} - 1}$$

$$Fv = \frac{1}{1 + \frac{3.06}{3.15} * \frac{1}{0.10} - 1}$$

$$Fv = 0.102$$

Un 0.10 de material puzolánico al peso corresponde a 0.102 de material puzolánico al volumen con lo cual podemos ingresar a la ecuación (a/c+p), así:

$$\frac{a}{c + p} = \frac{\gamma c * \frac{a}{c}}{\gamma c * (1 - Fv) + \gamma p * Fv}$$

$$\frac{a}{c + p} = \frac{3.15 * 0.52}{3.15 * (1 - 0.102) + 3.06 * 0.102}$$

$$\frac{a}{c + p} = \mathbf{0.523}$$

Una vez determinada la nueva relación agua – cemento + puzolana se procede a determinar una nueva cantidad de cemento de la siguiente manera:

$$a = 207.00 \text{ kg/m}^3$$

$$c + p = \frac{207.00}{0.523}$$

$$c + p = 395.79 \text{ kg/m}^3$$

Ahora bien, la proporción en peso del material puzolánico con respecto al peso del cemento nos permite calcular los porcentajes en peso de ambos, así:

Si: $F_w = 0.10 = 10\%$

Entonces $P = 395.79 * 0.10$

$P = 39.579 \text{ kg/m}^3$

$C = 395.79 - 39.579$

$C = 356.211 \text{ kg/m}^3$

Se puede apreciar de los resultados que la relación agua cemento del adoquín patrón y adoquín experimental son casi iguales, con excepción de algunos decimales que lo diferencian, lo cual se notar en el diseño de mezcla del concreto experimental, por otro lado se ve que ninguna muestra posee un incremento de porosidad, ya que tienen la misma relación a/c, lo cual es recomendada para un $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$ y siendo así ambas muestras obtienen valores similares respecto a la resistencia a la compresión del concreto.

Resultados de los Ensayos a Compresión del Concreto

Ensayos de Compresión de Adoquín Patrón

Tabla N° 30: *Ensayos de Compresión Patrón 7 días*

ADOQUINES	% de sustitución	V m^3	Peso kg	Área cm^2	Carga (P) kg	Esfuerzo de compresión kg/cm^2	$f'c$ kg/cm^2	%
1 - 7 DIAS(P1)		0.0012	2.60	200	65120	325.60		
2 - 7 DIAS(P2)	0%	0.0012	2.63	200	64950	324.75	324.87	101.52
3 - 7 DIAS(P3)		0.0012	2.62	200	64850	324.25		%

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

Tabla N° 31: Ensayos de Compresión Patrón 14 días

ADOQUINES	% de sustitución	V m ³	Peso kg	Área cm ²	Carga (P) kg	Esfuerzo de compresión kg/cm ²	f'c kg/cm ²	%
1 - 14 DIAS(P4)		0.0012	2.61	200	68690	343.45		
2 - 14 DIAS(P5)	0%	0.0012	2.63	200	67940	339.70	341.03	106.57
3 - 14 DIAS(P6)		0.0012	2.62	200	67990	339.95		%

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

Tabla N° 32: Ensayos de Compresión Patrón 21 días

ADOQUINES	% de sustitución	V m ³	Peso kg	Área cm ²	Carga (P) kg	Esfuerzo de de compresión kg/cm ²	f'c kg/cm ²	%
1 - 21 DIAS(P7)		0.0012	2.63	200	69870	349.35		
2 - 21 DIAS(P8)	0%	0.0012	2.63	200	69460	347.30	347.90	108.72
3 - 21 DIAS(P9)		0.0012	2.62	200	69410	347.05		%

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

Tabla N° 33: Ensayos de Compresión Patrón 28 días

ADOQUINES	% de sustitución	V m ³	Peso kg	Área cm ²	Carga (P) kg	Esfuerzo de compresión kg/cm ²	f'c kg/cm ²	%
1 - 28 DIAS(P10)		0.0012	2.61	200	69850	349.25		
2 - 28 DIAS(P11)	0%	0.0012	2.63	200	70830	354.15	351.10	109.72
3 - 28 DIAS(P12)		0.0012	2.62	200	69980	349.90		%

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

Ensayos De Compresión de Adoquín Experimental

Tabla N° 34: *Ensayos de Compresión Experimental 7 días*

Adoquines	% de sustitución	V m ³	Peso kg	Área cm ²	Carga (P) kg	Esfuerzo de compresión kg/cm ²	f'c kg/cm ²	%
1 - 7 DIAS(E1)		0.0012	2.62	200	66000	330.00		
2 - 7 DIAS(E2)	10%	0.0012	2.62	200	66100	330.50	329.92	103.10
3 - 7 DIAS(E3)		0.0012	2.60	200	65850	329.25		%

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

Tabla N° 35: *Ensayos de Compresión Experimental 14 días*

Adoquines	% de sustitución	V m ³	Peso kg	Área cm ²	Carga (P) kg	Esfuerzo de compresión kg/cm ²	f'c kg/cm ²	%
1 - 14 DIAS(E4)		0.0012	2.62	200	67450	337.25		
2 - 14 DIAS(E5)	10%	0.0012	2.64	200	67990	339.95	339.08	105.96
3 - 14 DIAS(E6)		0.0012	2.61	200	68010	340.05		%

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

Tabla N° 36: *Ensayos de Compresión Experimental 21 días*

ADOQUINES	% de sustitución	V m ³	Peso kg	Área cm ²	Carga (P) kg	Esfuerzo de compresión kg/cm ²	f'c kg/cm ²	%
1 - 21 DIAS(E7)		0.0012	2.64	200	70080	350.40		
2 - 21 DIAS(E8)	10%	0.0012	2.62	200	70050	350.25	349.32	109.16
3 - 21 DIAS(E9)		0.0012	2.60	200	69460	347.30		%

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

Tabla N° 37: Ensayos de Compresión Experimental 28 días

ADOQUINES	% de sustitución	V m ³	Peso kg	Área cm ²	Carga (P) kg	Esfuerzo de compresión kg/cm ²	f'c kg/cm ²	%
1 - 28 DIAS(E10)		0.0012	2.64	200	70100	350.50		
2 - 28 DIAS(E11)	10%	0.0012	2.62	200	71100	355.50	353.93	110.60
3 - 28 DIAS(E12)		0.0012	2.61	200	71160	355.80		%

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

Resultados Finales de los Ensayos de Compresión

Tabla N° 38: Comparación de Resultados del Concreto Patrón y Experimental

DÍAS	RESISTENCIAS - kg /cm ²	
	PATRON (0%)	EXPERIMENTAL (10%)
7	324.87	329.92
14	341.03	339.08
21	347.90	349.32
28	351.10	353.93

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

De los resultados finales obtenidos de los ensayos a compresión de la muestra patrón y experimental, se deduce lo siguiente:

Que para el caso del concreto experimental, los valores obtenidos superan al f'c diseñado (320 kg/cm²) esto se debe a que la cascara de huevo pulverizada a través de su análisis químico observamos que contiene 88.028 % de óxido de calcio, mientras que el requerimiento de óxido de calcio para el cemento es de 67%, por ello la disponibilidad de Calcio extra en el concreto provoca una mayor formación de bisilicatos cálcicos, que son los responsables de la resistencia del concreto, lo cual hace que la resistencia aumente, como se puede ver en el presente trabajo las resistencias obtenidas son muy satisfactorias, inclusive llegan a superar el 70% de resistencia a los 7 días de curado.

Por tanto la cascara de huevo pulverizada gracias a su estructura molecular y propiedades químicas influye de forma directa en la dureza del cemento, ya que hace que los poros se reduzcan formando monolitos impermeables, con el tiempo el hidróxido remanente forma otra matriz de Carbonato de Calcio que aumenta la resistencia del concreto, por ello se concluye que la cascara de huevo tiene la funcionalidad de trabajar como aditivo acelerante por su alto contenido de carbonato de calcio (CaCO_3), pues produce que la mezcla se solidifique más, acelerando la reacción química del cemento y el agua, de este modo acelera la tasa de fraguado y la ganancia temprana en la resistencia del concreto.

Por otro lado respecto a ambas muestras de concreto, se tiene en cuenta las medidas de las muestras y para el presente trabajo se realizó adoquines peatonales de $20 \times 10 \times 6$ cm, entonces teniendo en cuenta su aspecto estético, favorece a su endurecimiento y fraguado a menor tiempo comparado con una muestra de cilindro de concreto, que por tener un mayor volumen y diferente medida mantiene una configuración más larga respecto al tiempo para la adquisición del fraguado y la resistencia se obtiene a mayor tiempo, por tal motivo en el presente trabajo los resultados de resistencia a compresión fueron sobresalientes en ambas muestras y como anteriormente se explicó las propiedades de la cascara de huevo como sustituto del cemento contribuyeron a que se obtenga un concreto sobresaliente y óptimo para su utilización.

Así mismo debido a que el diseño de mezcla tuvo una consistencia de 0-2", la mezcla fue seca lo cual al momento de fabricar los adoquines se realizó con ayuda de una mesa vibratoria, siendo así se redujo los contenidos de poros abierto y contenido de aire dando como resultado un concreto resistente al f'_c diseñado (320 kg/cm^2) tal y como lo muestran los resultados, inclusive llegando a obtener mayor resistencia de lo requerido.

Ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm²) obtenidas según adoquines patrones

Tabla N° 39: *Ensayos de Compresión de concreto patrón en kg/cm² y %*

CONCRETO PATRON		
DIAS	F´C kg/cm²	%
7	324.87	101.52%
14	341.03	106.57%
21	347.90	108.72%
28	351.10	109.72%

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

De los resultados obtenidos del Ensayo a la Compresión, se visualiza que se alcanzó una resistencia promedio de 101.00% en los primeros 7 días. Así mismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 14 días alcanzaron una resistencia promedio de 106.00%, como también a los 21 días se obtuvo una resistencia promedio de 108.00% y por último a los 28 días se obtuvo una resistencia promedio de 351.10 Kg/cm². De ello se desprende que la resistencia a la compresión del concreto patrón es de forma favorable con un 9.72% superando la resistencia deseada, por lo que refleja un correcto uso del diseño de mezcla por el método ACI.

Ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm²) obtenidas según adoquines experimentales

Tabla N° 40: *Ensayos de Compresión de concreto experimental en kg/cm² y %*

CONCRETO EXPERIMENTAL		
DIAS	F´C kg/ cm²	%
7	329.92	103.10%
14	339.08	105.96%
21	349.32	109.16%
28	353.93	110.60%

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

Según apreciamos los resultados obtenidos, podemos concluir que con el material sustituido las resistencias son simultáneamente superiores en comparación con el concreto patrón, excepto los resultados a los 14 días que el concreto patrón supera al concreto experimental obteniendo 341.03 kg/cm² mientras que el concreto experimental obtiene 339.08 kg/cm², lo que cual indica que requiere un mayor fraguado.

También se puede apreciar que, a los 21 y 28 días el material sustituido logra superar simultáneamente al adoquín patrón, con una resistencia promedio de 109% y 110 % respectivamente, superando al diseño deseado en 9.16% y 10.60%.

Tabla N° 41: Cuadro Comparativo De Adoquines Patrones y Experimentales

RESISTENCIAS EN %		
DÍAS	PATRON (0%)	EXPERIMENTAL (10%)
7	101.52 %	103.10 %
14	106.57 %	105.96 %
21	108.72 %	109.16 %
28	109.72 %	110.60 %

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

Se observa que el resultado del ensayo de resistencia a compresión del adoquín experimental siempre estuvo por encima en comparación con los resultados del ensayo a compresión del adoquín patrón, pero aun así cabe mencionar que los resultados en ambas muestras mantienen una corta diferencia de valores, es decir las resistencias crecen casi paralelamente a través del tiempo, en el cual el concreto experimental logra imponerse con pequeños rangos de diferencia.

Por otro lado, el desarrollo de las resistencias del adoquín patrón y experimental, se muestran a continuación en los siguientes gráficos:

Ensayos de compresión (kg/cm²) de adoquín patrón y experimental con 10% de sustitución.

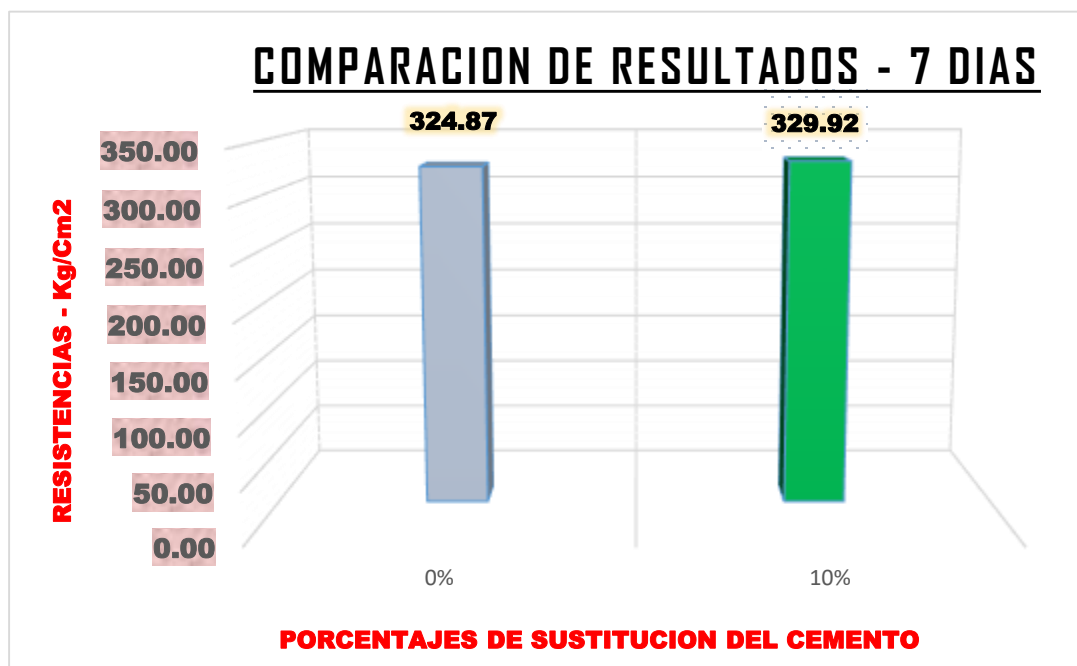


Figura N° 18: Resultados de la resistencia a compresión a los 7 días

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

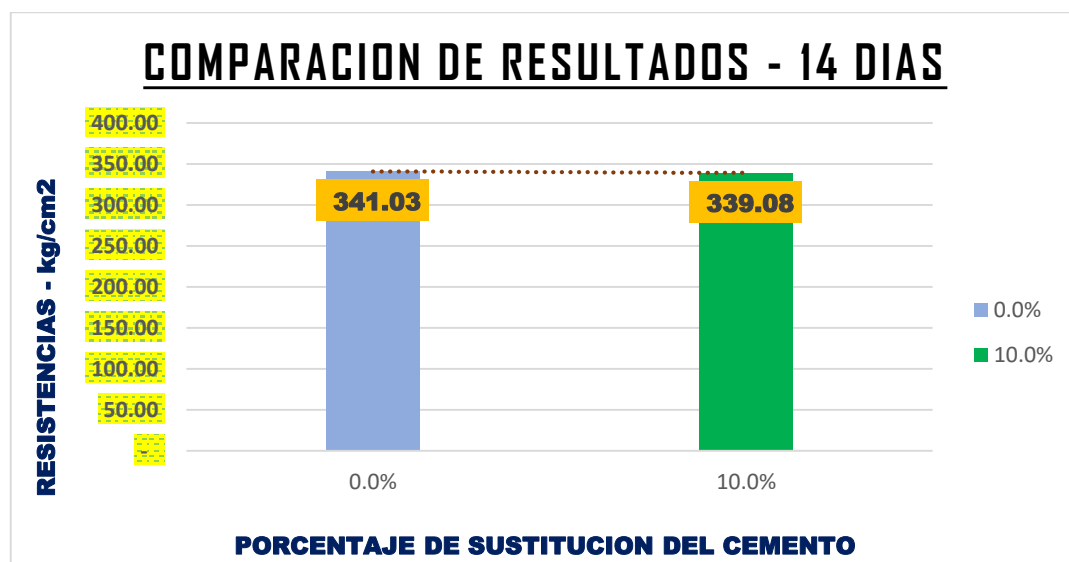


Figura N° 19: Resultados de la resistencia a compresión a los 14 días

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

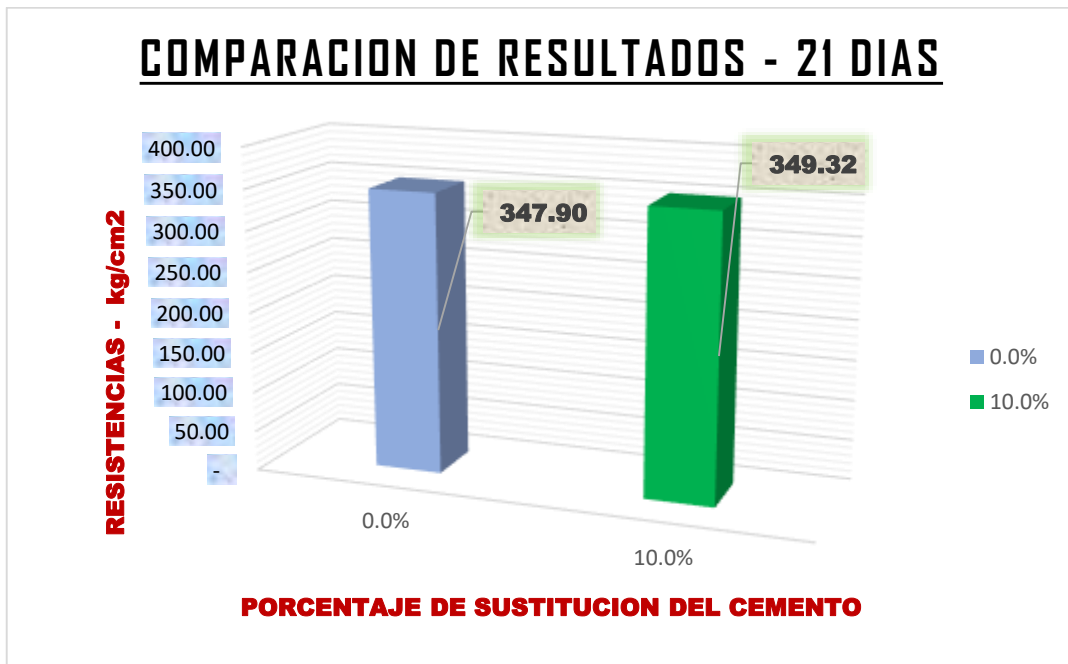


Figura N° 20: Resultados de la resistencia a compresión a los 21 días

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

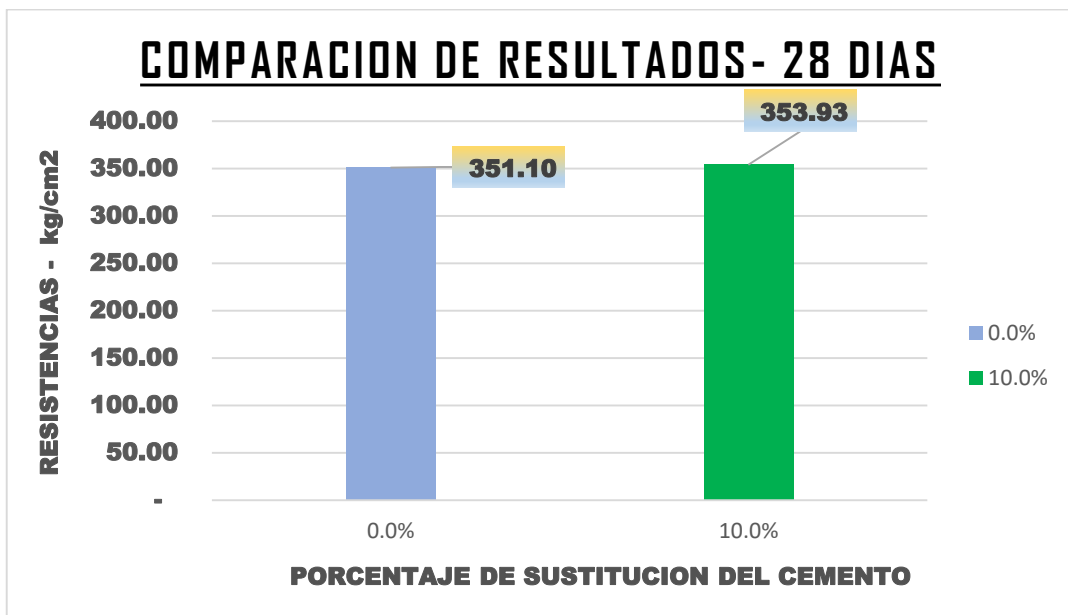


Figura N° 21: Resultados de la resistencia a compresión a los 28 días

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

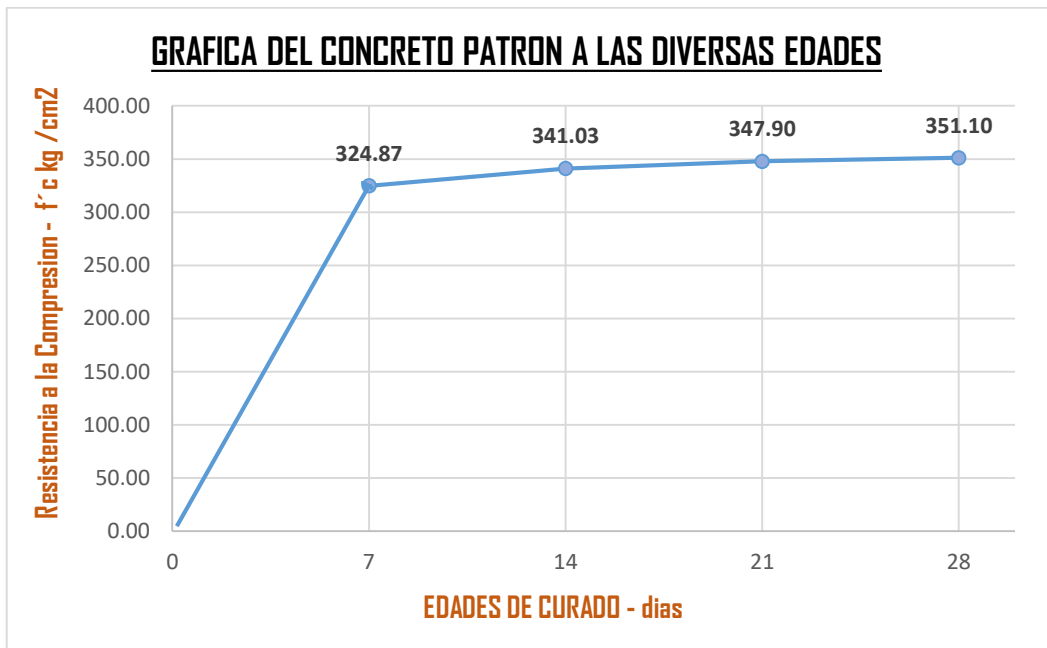


Figura N° 22: Resistencia a compresión del concreto patrón Vs días

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

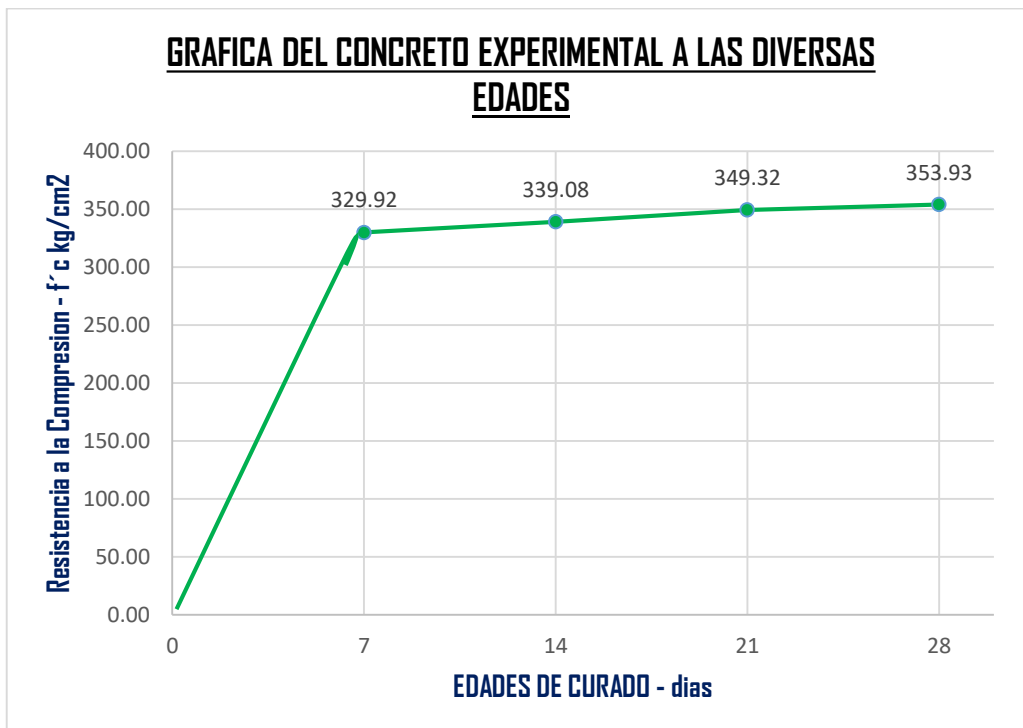


Figura N° 23: Resistencia a compresión del concreto experimental Vs días

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

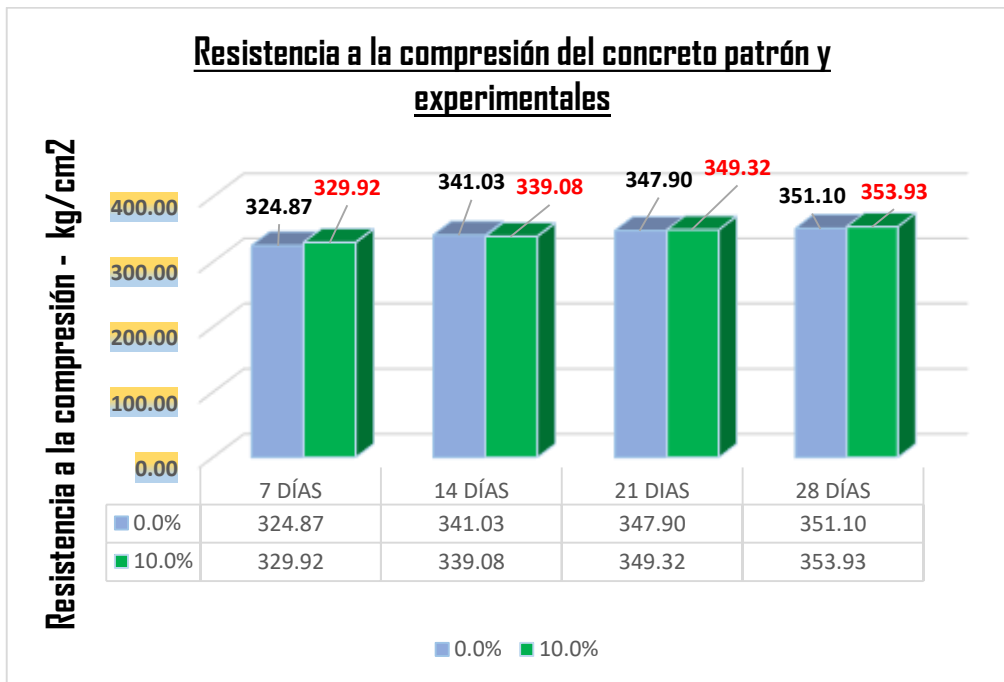


Figura N° 24: Grafica comparativa de concreto patrón Vs concreto experimental

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

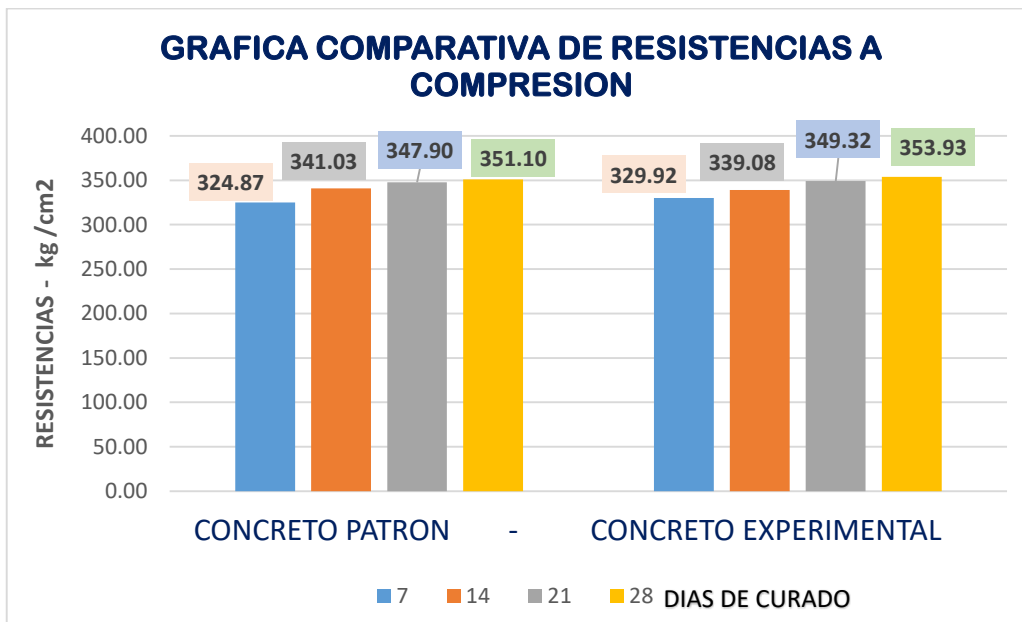


Figura N° 25: Grafica comparativa de concreto patrón Vs concreto experimental

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

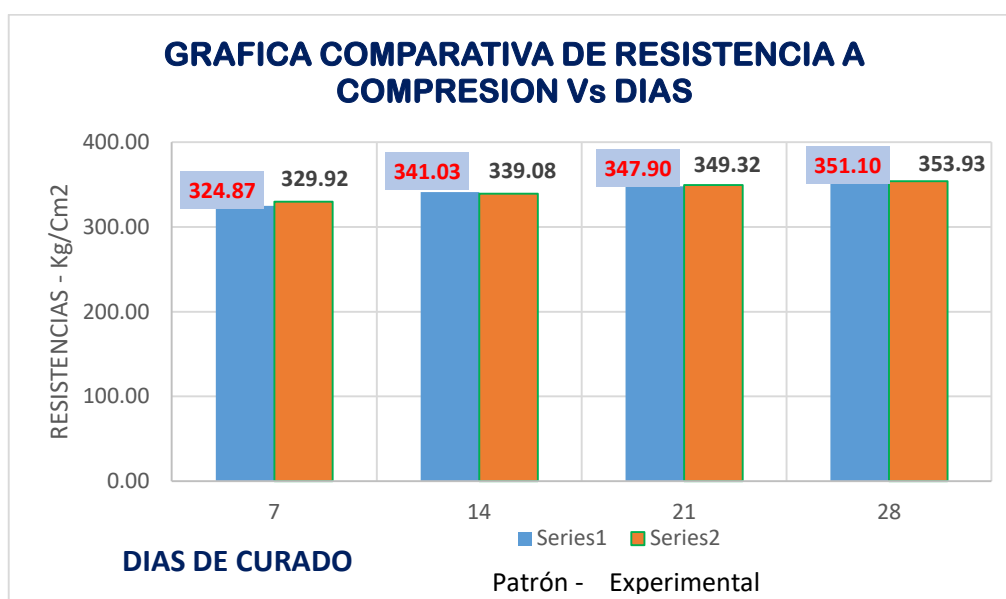


Figura N° 26: Grafica comparativa de resistencia Vs días

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

Tabla N° 42: Pesos promedio de los adoquines patrón y experimental antes de ensayar a compresión

Pesos promedio de los Adoquines patrón y experimental (kg)						
Muestra	% Sustitución	7	14	21	28	
Adoquín Patrón	0%	2.60	2.63	2.64	2.66	
Adoquín experimental	10%	2.59	2.61	2.62	2.63	

Fuente: Elaboración Propia

Se aprecia que a mayor tiempo de curado aumenta su peso en todas las muestras según el cuadro y el que obtiene mayor peso pero en mínima diferencia es el concreto patrón.

Se observa que el peso de cada muestra aumentó conforme pasaron los días y se visualiza que el concreto experimental tiene menor peso comparado con el concreto patrón, lo cual indica que tuvo un menor contenido de humedad y menos poros abiertos, por ende obtuvo mayor resistencia.

Análisis de varianza para determinar las diferencias de las resistencias de los concretos patrón y experimentales $f'c=320 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla N° 43: Cálculos de la Prueba ANOVA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	gl	Promedio de los cuadrados	F	Prob	Valor crítico para F
Días	742.722	3	247.574	57.499	0.05	5.143
Tipos de concreto	6.753	1	6.753	1.568	0.05	4.757
Error	12.917	3	4.306			
Total	762.392	8				

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 43, se puede visualizar que, para la sustitución de cemento por la combinación de ceniza de bagazo de cebada y cascara de huevo, al ser los valores de la Probabilidad menores que 0.05 y la F calculada $>$ Crítico, tal como se puede observar en la presente Tabla ($57.499 > 5.14$ y $1.568 < 4.757$), indica que existen diferencias leves entre las resistencias a la compresión del concreto patrón y las experimentales con la sustitución del cemento en un 10% por cascara de huevo triturada y ceniza de bagazo de cebada.

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En este apartado se realiza la interpretación de los resultados en relación a cada indicador obtenido en tablas y gráficos, de acuerdo a los datos de las diferentes pruebas realizadas para la presente investigación.

De los ensayos realizados, se puede mencionar:

Para el Análisis de los Agregados:

La granulometría del agregado fino y grueso se encuentra dentro de los límites indicados en la Norma ASTM C-33, NTP 400.011 y NTP 400.012 por lo que lo consideramos como Granulometría optima además sin la presencia de mica y arcilla.

El módulo de finura del agregado fino es 3.2 lo cual es adecuado, porque se encuentra dentro del rango requerido según la ASTM C 125 (2.3 – 3.2).

El peso específico del A.F es de 2.74 gr/cm³, se puede clasificar como un agregado normal ya que está en el límite del rango según la NTP 400.022 (2.4-2.8).

El peso específico del A.G es de 2.72 gr/cm³, se puede clasificar como un agregado normal ya que está en el límite del rango según la NTP 400.022 (2.5-2.8).

En el ensayo de absorción del A.F se obtuvo 1.66 %, lo cual está dentro del rango que indica la ASTM C128-127, NTP 400.022 (< 5%).

En el ensayo de absorción del A.G se obtuvo 0.673 %, lo cual está dentro del rango que indica la ASTM C128-127, NTP 400.022 (< 5%).

El contenido de humedad del A.F es 5.97 % resultados que se encuentran dentro de límites permisibles según la NTP 400.010.

El contenido de humedad del A.G es 0.25 % resultados que se encuentran dentro de límites permisibles según la NTP 400.010.

De la misma manera el peso unitario suelto y compactado de los agregados se encuentran dentro de los límites permisibles que indica la NTP 400.017.

Análisis de la ceniza de bagazo de cebada

De acuerdo al análisis termo gravimétrico de la ceniza de bagazo de cebada (figura N° 16) tiene un importante descenso de la masa, evidenciándose mayor pérdida en el rango de 210°C a 350°C, después de ello el material empieza a descomponerse perdiendo un 60 % de su masa inicial al alcanzar su máxima temperatura de ensayo.

En la figura N°17, se puede observar un pico endotérmico alrededor de 100°C, indicando reacciones que consumen energía térmica, para la liberación de agua en forma de vapor, esto indica que se está absorbiendo calor y produciendo un cambio en la capacidad calorífica manifestándose en calentamiento como consecuencia de esto se producirá evaporación, también se puede apreciar un pico endotérmico alrededor de 220° C absorbiendo calor para liberar el Si y por último una transición térmica alrededor de los 750° C, que se manifiesta en descarga de energía produciéndose la oxidación.

La ceniza de bagazo de cebada fue calcinada a temperatura de 950 °C por un tiempo de permanencia en el horno de 2 horas en promedio, sin embargo el análisis calorimétrico indica que la muestra se calcine en torno a 750 °C para obtener cambios estructurales del material, pero debido a que se excedió la temperatura a 950°C (manipulación del encargado del laboratorio) originó que la muestra pierda sus propiedades químicas y no se produzca la oxidación, en este caso la obtención del óxido de Silicio como planteaba la propuesta, dificultando de esta manera la nueva obtención del material y su secado correspondiente (2 meses) para un nuevo análisis, motivo por el cual se continuó con el proceso, de todo ello se desprende que 750 °C es la temperatura optima de calcinación.

Análisis Químico de la ceniza de bagazo de cebada y cascara de huevo pulverizada

En la tabla N°26, respecto al análisis químico de la ceniza de bagazo de cebada se puede apreciar que tiene como elementos químicos más importantes al silicio en 4.627%, aluminio en 1.962%, hierro en 0.390% y calcio en 2.117%, estos valores no permiten estimar la actividad puzolánica bajo el estándar de la ASTM C 618, el cual menciona que la suma de los óxidos de silicio, aluminio y hierro deben superar el 70 % para que un material pueda considerarse como puzolánico, pero en la presente investigación no se produjo óxidos y tampoco se superó la sumatoria del 70% que indica la norma.

Respecto al análisis químico de la cáscara de huevo pulverizada, se visualiza según la tabla N°27 que posee un alto contenido de Oxido de Calcio con un valor de 88.028%, siendo positivo el resultado y encontrándose dentro del límite del requerimiento de CaO para el cemento, se indica que este material sí origina una mezcla cementante y es considerado como un sustituto del cemento, ya que genera una alta reactividad puzolanica que al ser mezclado con los componentes del concreto arroja una alta resistencia a la compresión y por ende se tiene buenos resultados.

El material a sustituir en el presente trabajo es el Cemento Portland Tipo I y tomamos su composición básica como referencia:

Tabla N° 44: Comparación de la composición química del cemento entre cascara de huevo pulverizada

ELEMENTOS QUIMICOS	CEMENTO	CASCARA DE HUEVO PULVERIZADA
CaO	60-67%	88.028%
SiO2	17-25%	0.157%
Al2O3	3-8%	10.163%
Fe2O3	0.5-0.6%	0.048%

Fuente: Elaboración Propia

La muestra de cascara de huevo pulverizada posee elementos químicos similares al del cemento, pero los porcentajes varían debido a los componentes de cada uno ellos. Sin embargo se ve que la cascara de huevo es el material con mayor similitud ya que sus elementos químicos se encuentran dentro de los parámetros de un cemento Portland Tipo I y esto indica que es un material óptimo de sustitución.

Como podemos observar la cascara de huevo pulverizada tiene un alto contenido de Óxido de Calcio, (CaO) que es de 88.028% que supera al cemento que contiene 67% como máximo, entonces se puede definir que la cascara de huevo pulverizada aporta favorablemente ante la sustitución ya que los demás componentes son de bajo porcentaje pero favorables porque aportan a las propiedades del cemento que incorporado en el material aglomerante es beneficioso, ocasionando aumento en la resistencia del adoquín.

En el caso de la ceniza de bagazo de cebada la falta de SiO₂ en su composición, genera una disminución leve en la resistencia del adoquín, pero al combinarse dicho material con la cascara de huevo y los demás componentes del concreto la resistencia se mantiene estable a lo diseñado ($f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$) y por otro lado considerándose que el porcentaje de sustitución del cemento por ceniza de bagazo de cebada es una cantidad insignificante (4%), la afectación disminuye y la resistencia a la compresión se mantiene superando levemente al concreto patrón.

Grado de alcalinidad (pH) de los materiales sustitutos

Los resultados obtenidos del análisis de pH, realizados en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo muestran valores en la tabla N° 28 de los materiales utilizados como la cascara de huevo con 8.76, la ceniza de bagazo de cebada con un valor de 5.02, el cemento con 12.15 y por último la combinación con 10% de sustitución del cemento da un valor de 11.95 de PH, el resultado obtenido del pH nos asegura que será cementante, siendo nuestra combinación un nuevo cemento con un resultado de pH adecuado.

Siendo así se observa que los resultados se encuentran dentro de los límites permisibles de pH que van de 12.5 a 8, lo es que óptimo para el concreto según la ASTM C 4262, con la excepción de la ceniza de bagazo de cebada que alcanzo 5.02 de pH y es calificada como acida, lo cual no protege al concreto de la corrosión.

Análisis de la relación Agua / Cemento

Tabla N° 45: *Comparación de la Relación A/C*

Requerimiento de Agua de Adoquines		
MUESTRA	% DE SUSTITUCION	RELACION A/C
Concreto - Patrón	0%	0.522
Concreto - Experimental	10%	0.523

Fuente: Elaboración Propia

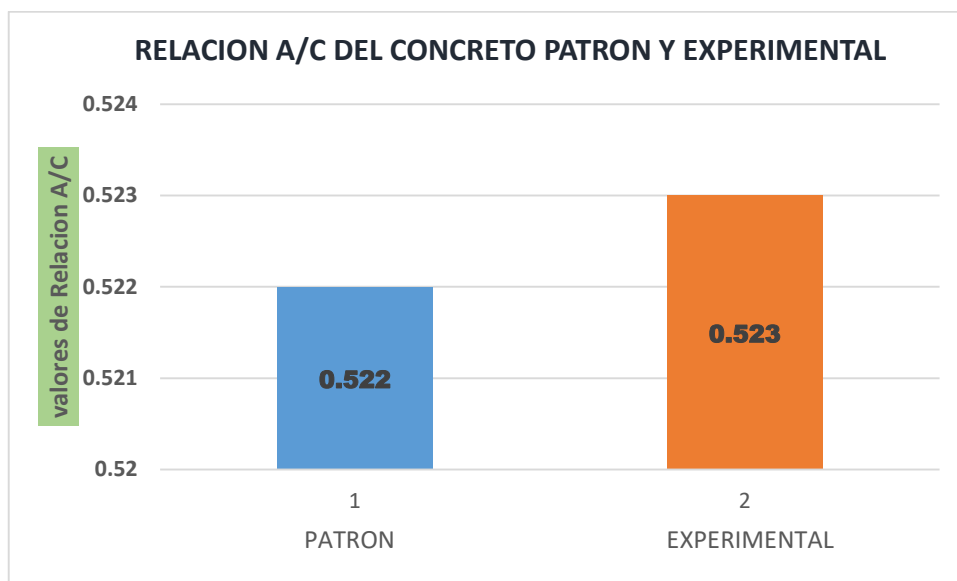


Figura N° 27: Grafica comparativa de relación A/C

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar a través de los resultados, que la propiedad aportada por la cascara de huevo pulverizada que es el Óxido de Calcio, exige mayor cantidad de agua que pone en desventaja leve al nuevo cemento, sin embargo se resalta que la diferencia de valores obtenidos en la relación a/c es mínima, pues se llevan por pequeños decimales, lo cual indica que las resistencias obtenidas serán casi similares en ambas muestras porque no existe un margen elevado de relación a/c.

Análisis del peso específico de los materiales

El cemento utilizado fue cemento Portland tipo I, de marca SOL. La cantidad utilizada de cemento más cascara de huevo pulverizada y ceniza de bagazo de cebada fue 500 gr. La temperatura a la cual se realizó el ensayo fue de 20°C, de tal manera que el peso específico promedio del nuevo cemento fue 3.06 gr/cm³.

El resultado indica que tiene un peso específico similar al del cemento Portland tipo I que es de 3.15 gr/cm³, por tanto el nuevo cemento se encuentre en situaciones óptimas, de lo cual se puede aseverar de manera confiable que el cemento utilizado tiene como fin último mejorar el rendimiento y las propiedades del cemento y por ende obtener alta resistencia en la fabricación de adoquines de concreto.

Resistencia a la compresión

De la tabla N° 45 se aprecia los resultados obtenidos, lo cual indican que con el material sustituido en 10 % las resistencias a compresión son superiores simultáneamente en comparación con el concreto patrón, llegando a 103.10% a los 7 días. De la misma manera, a los 21 y 28 días la sustitución logra superar simultáneamente al adoquín patrón, con un promedio de 109.16% y 110.60% respectivamente, pero con excepción a los 14 días que el concreto experimental no logra superar al concreto patrón alcanzando un 105.96%.

Tabla N° 46: Cuadro Comparativo de Resistencias de Adoquines Patrones y Experimentales

DÍAS	RESISTENCIAS kg /cm ²	
	PATRON (0%)	EXPERIMENTAL (10%)
7	101.52 %	103.10 %
14	106.57 %	105.96 %
21	108.72 %	109.16 %
28	109.72 %	110.60 %

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

En base a los resultados obtenidos se puede decir que estos son de un nivel de control excelente interpretándose que se realizó un trabajo ordenado y preciso, obteniéndose resultados muy buenos producto de la sustitución del 10% del cemento.

De la figura N°27 se observa que las resistencias a compresión tienden a aumentar según transcurra el tiempo, es decir que conforme pasaron los días el concreto fue adquiriendo dureza y tenacidad, tanto para el adoquín patrón y experimental, siendo así y realizando una comparación entre las dos muestras, se ve claramente que el adoquín experimental superó simultáneamente a los resultados del adoquín patrón.

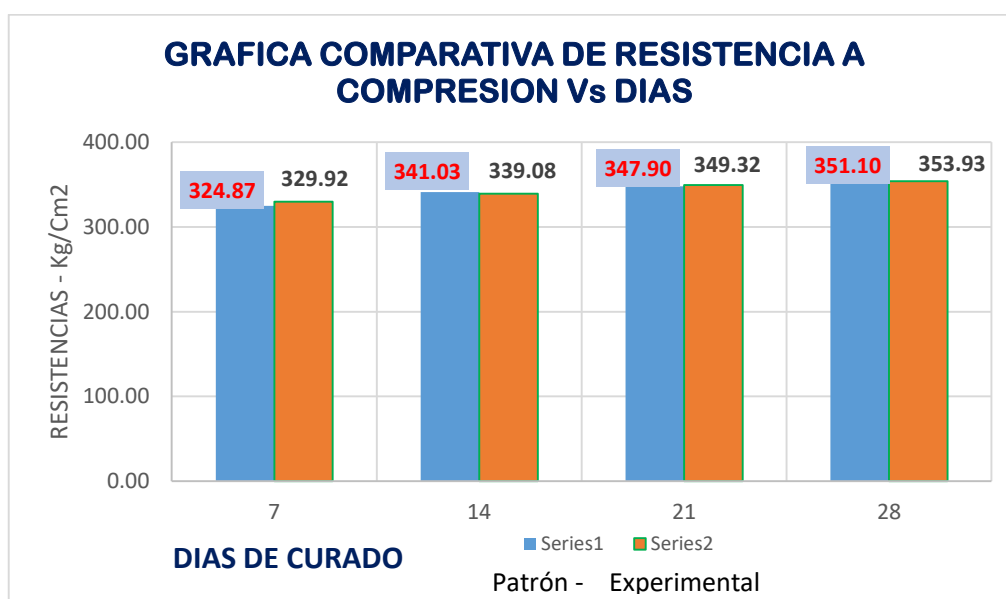


Figura N° 28: Grafica comparativa de resistencia Vs días

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

Para el caso del concreto experimental, los valores obtenidos superan al $f'c$ diseñado (320 kg/cm²) esto se debe a que la cascara de huevo pulverizada a través de su análisis químico contiene 88.028 % de óxido de calcio, mientras que el requerimiento de óxido de calcio para el cemento es de 67%, por ello la disponibilidad de Calcio extra en el concreto provoca una mayor formación de bisilicatos cálcicos, que son los responsables de la resistencia del concreto, lo cual hace que la resistencia aumente, como se puede ver en el presente trabajo las resistencias obtenidas son muy satisfactorias, inclusive llegan a superar el 70% de resistencia a los 7 días de curado.

Por tanto la cascara de huevo pulverizada gracias a su estructura molecular y propiedades químicas influye de forma directa en la dureza del cemento, ya que hace que los poros se reduzcan formando monolitos impermeables, con el tiempo el hidróxido remanente forma otra matriz de Carbonato de Calcio que aumenta la resistencia del concreto, por ello se concluye que la cascara de huevo tiene la funcionalidad de trabajar como aditivo acelerante por su alto contenido de carbonato de calcio (CaCO₃), pues produce que la mezcla se solidifique más, acelerando la

reacción química del cemento y el agua, de este modo acelera la tasa de fraguado y la ganancia temprana en la resistencia del concreto.

Por otro lado respecto a ambas muestras de concreto, se tiene en cuenta las medidas de las muestras y para el presente trabajo se realizó adoquines peatonales de 20*10*6 cm, entonces teniendo en cuenta su aspecto estético, favorece a su endurecimiento y fraguado a menor tiempo comparado con una muestra de cilindro de concreto, que por tener un mayor volumen y diferente medida mantiene una configuración más larga respecto al tiempo para la adquisición del fraguado y la resistencia se obtiene a mayor tiempo, por tal motivo en el presente trabajo los resultados de resistencia a compresión fueron sobresalientes en ambas muestras y como anteriormente se explicó las propiedades de la cascara de huevo como sustituto del cemento contribuyeron a que se obtenga un concreto sobresaliente y óptimo para su utilización.

Así mismo debido a que el diseño de mezcla tuvo una consistencia de 0-2", la mezcla fue seca lo cual al momento de fabricar los adoquines se realizó con ayuda de una mesa vibratoria, siendo así se redujo los contenidos de poros abierto y contenido de aire dando como resultado un concreto resistente al $f'c$ diseñado (320 kg/cm²) tal y como lo muestran los resultados, inclusive llegando a obtener mayor resistencia de lo requerido.

Finalmente tanto el concreto patrón como el concreto experimental han superado el diseño propuesto en la presente investigación ($f'c= 320\text{kg/cm}^2$), lo cual se justifica mediante los argumentos expuestos.

Respecto a los antecedentes similares a la presente investigación, se realizó un análisis comparativo de los resultados obtenidos, los cuales se registran en las siguientes líneas:

Camacho & Guerrero (2017), indicaron que a partir del tratamiento térmico del bagazo de cebada a 900 °C se obtiene ceniza con alto contenido de dióxido de silicio (62,07%), pero en la presente investigación este resultado no fue compatible, ya que no se obtuvo Dióxido de Silicio sino sólo Sílice en 4.627%, esto se debe a que el análisis calorimétrico indicó que la ceniza de bagazo de cebada se debe calcinar a 750 C°, sin embargo en la presente investigación se calcinó a 950 C° por errores de manipulación

en la obtención de la ceniza, lo cual origina que el material pierda los óxidos de su composición, y a pesar que la temperatura de calcinación fue similar al antecedente mencionado, los resultados fueron distintos, por otro lado se resalta que el bagazo de cebada contiene un alto porcentaje de humedad lo cual dificulta su secado, por lo que Camacho & Guerrero (2017), utilizaron una prensa hidráulica para exprimir su contenido de agua y lograr un secado uniforme facilitando así la pre calcinación y por último su incineración, mientras que en la presente investigación el secado fue superficialmente a temperatura del aire libre tomando más de 2 meses aproximadamente, lo cual no eliminó la gran parte del contenido de agua.

Afolayan et al (2017). Concluyó que la resistencia a la compresión obtenida en diferentes contenidos de ceniza de cáscara de huevo es satisfactoria y por tanto este material puede ser considerado como sustituto parcial del cemento, por otro lado indicó que los mejores resultados se obtuvieron al 30% de reemplazo con un valor de resistencia a la compresión de 4.7N / mm² de la fuerza de 28 días. Del mismo modo la presente investigación obtuvo resultados óptimos y satisfactorios con el reemplazo del 10% de cemento por una combinación de cáscara de huevo pulverizada y ceniza de bagazo de cebada, registrando 353.93kg/cm² a los 28 días, superando a la resistencia diseñada (320 kg/cm²), siendo así la presente investigación reafirma lo que dice el antecedente, que la cáscara de huevo es considerado como un sustituto parcial del cemento, debido a los resultados positivos que arroja respecto a la resistencia a compresión del concreto.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Respecto a los estudios de calidad de los agregados, se concluye que la Granulometría, el Peso Específico, % de Absorción, el Peso Unitario y por último el Contenido de Humedad se rigen a lo que indica la NTP y ASTM respecto a los agregados, por tanto se deduce que los agregados de la Cantera de Tallan – Huaraz, son de buena calidad y óptimos para su utilización en la fabricación de adoquines de concreto.

La ceniza de bagazo de cebada fue calcinada a temperatura de 950 °C por un tiempo de permanencia en el horno de 2 horas en promedio, sin embargo el análisis calorimétrico indica que la muestra se calcine en torno a 750 °C para obtener cambios estructurales del material, pero debido a que se excedió la temperatura a 950°C (manipulación del encargado del laboratorio) originó que la muestra pierda sus propiedades químicas y no se produzca la oxidación, en este caso la obtención del óxido de Silicio como planteaba la propuesta, de los cuales se desprende que 750°C es la temperatura optima de calcinación para el bagazo de cebada.

La composición química de la cascara de huevo pulverizada, indica su potencial como material puzolánico, ya que contiene un 88.028% de Oxido de Calcio, que origina un material cementante con alta reactividad puzolanica en concordancia con la norma ASTM C- 618. Por otro lado, la ceniza de bagazo de cebada tiene como elementos químicos representativos al Si en 4.627%, aluminio en 1.962%, hierro en 0.390% y calcio en 2.117%, estos valores no permiten estimar la actividad puzolánica de este material bajo el estándar de la ASTM C 618, el cual menciona que la suma de los óxidos de silicio, aluminio y hierro deben superar el 70 % y en este caso no se cumple dicha proposición, por no contar con óxidos dentro de las propiedades de la ceniza de bagazo de cebada.

Los resultados de PH son alcalinos resultando similar a la del cemento, de los cuales se obtiene 8.76 para la cáscara de huevo pulverizada y para la ceniza de bagazo de cebada que es considerada como acida se registra un pH de 5.02, sin embargo en la mezcla de ambos componentes con el cemento se obtiene un pH igual a 11.95, encontrándose dentro de los parámetros que menciona la ASTM C 4262 el cual dice que los parámetros de PH para el concreto deben ir de 12.5 a 8 de alcalinidad, siendo así, el resultado obtenido para el nuevo cemento indica que es favorable para el concreto.

Se utilizó el método ACI para el diseño de mezcla del Adoquín patrón y experimental con $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$, resultando la relación Agua – Cemento de 0.522 para el concreto patrón y 0.523 para el concreto experimental, de los cuales se concluye que

ambas muestras contienen mínima porosidad y los volúmenes de aire son reducidos, sobre todo cumplen con la relación A/C recomendada para un $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$, de los cuales se obtuvo resultados paralelos respecto a la resistencia a compresión, con pequeños rangos de diferencia llevando la delantera el concreto experimental.

Respecto al ensayo de peso específico de los materiales, el resultado indica que tiene un peso específico similar al del cemento Portland tipo I que es de 3.15 gr/cm^3 , por tanto el nuevo cemento se encuentre en situaciones óptimas, de lo cual se puede aseverar de manera confiable que los materiales de sustitución tienen como fin último mejorar el rendimiento y las propiedades del cemento y por ende se obtuvo resultados de alta resistencia en la fabricación de adoquines de concreto.

La resistencia alcanzada del adoquín experimental sustituyendo al cemento en 10% por una combinación de ceniza de bagazo de cebada y cascara de huevo pulverizada fue de 353.93 kg/cm^2 , respecto a un adoquín patrón sin sustituir que solo alcanzo 351.10 kg/cm^2 a los 28 días, en ambos casos superaron el diseño elaborado (320 kg/cm^2) obteniendo el concreto Patrón 9.72% más de la resistencia deseada y el concreto experimental obteniendo 10.60% más de la resistencia deseada. Por ello se concluye que la inclusión de ceniza de bagazo de cebada y cascara de huevo pulverizada en un 10% como sustituto del cemento en mezclas de concreto, tienden a incrementar y superar simultáneamente la resistencia del concreto patrón, obteniendo 329.92 kg/cm^2 a los 7 días, 349.32 kg/cm^2 a los 21 días, 353.93 kg/cm^2 a los 28 días, pero con excepción a los 14 días que solo obtuvo 339.08 kg/cm^2 y en este caso el concreto patrón fue mayor con un valor de 341.03 kg/cm^2 .

Por último adicionalmente se concluye que la propuesta de investigación es factible porque se puede realizar la fabricación de los adoquines de concreto, siguiendo ciertos procesos para la obtención de los materiales sustituyentes del cemento, pero poco viable por las circunstancias ya que para procesar los materiales de sustitución conlleva de mucha paciencia, tiempo, gran cantidad de material, etc. de los cuales para la explotación a gran escala se necesitarían maquinarias para su procesamiento.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio posterior de viabilidad técnica y económica del presente proyecto de investigación, de tal manera que se pueda llevar el estudio a una mayor escala, es decir a nivel industrial, en el cual se tenga presente la utilización de equipos innovadores que permitan la optimización e implementación del proceso.

Para optimizar los resultados de la ceniza de bagazo de cebada para la obtención del sílice es imprescindible que el bagazo se encuentre bien seco, por ello se debe implementar una técnica de secado más efectiva que el secado a temperatura ambiente, esta puede ser el uso de una prensa hidráulica, teniendo en cuenta que se generara un lixiviado el cual debe ser tratado dependiendo de su composición, pues puede contener proteínas y azúcares disueltos.

Para optimizar los resultados de la cascara de huevo para la obtención del calcio es recomendable que se calcine, para contar con mayores porcentajes de óxido de calcio y que estas generen mejores propiedades alcalinas a la mezcla de concreto.

Continuar con el trabajo de investigación sustituyendo el cemento en diversos porcentajes superiores o inferiores a la presente investigación.

Dar más énfasis e importancia a las investigaciones con el uso de residuos y desechos contaminantes para el medio ambiente, pues de esta forma se reduciría la contaminación del medio ambiente y al mismo tiempo se daría alternativas de uso en mezclas de concreto con la finalidad que mejore sus propiedades.

VI. AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por haberme dado la vida y con su bendición haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional y sé que me seguirá guiando.

A mi Asesor

Agradezco a mi Asesor de tesis, Ing. Gumersindo Flores Reyes, quien con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación.

A mis padres

Manuel y Juana quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre. Hoy les digo que estoy orgullosa de ser su hija, los amo.

A mi hermana y demás familiares

Nikol Lucero, por tu cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento, gracias. A toda mi familia, en especial a mí querido abuelo Víctor Lock, porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañaron y apoyaron en todos mis sueños y metas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *Afolayan et al (2017). INVESTIGATING THE EFFECT OF EGGSHELL ASH ON THE PROPERTIES OF SANDCRETE BLOCK. Department of Civil Engineering, Nigerian Defence Academy, Kaduna, Nigeria.*
- *Barrantes y Olgún (2015). Influencia del Porcentaje de Reemplazo de Ceniza Volante por Cemento, sobre la Resistencia a la Compresión y Absorción en la Fabricación de Adoquines de Transito Liviano. Universidad Nacional de Trujillo – Perú.*
- *Camacho y Guerrero (2017). Obtención de Sílice a partir de Bagazo de Cebada para la Aplicación en Concreto Convencional. Universidad de la Salle – Bogota.*
- *Ley N° 27314. Ley General de Residuos Sólidos – decreto legislativo N°1278, publicada en el Diario Oficial El Peruano.*
- *Ludovico y Hideo (2012). Compuesto de Cáscara de Huevo y Mortero de Cemento Portland. Universidad Estatal de Campinas, San Pablo, Brasil.*
- *Norma Técnica Peruana NTP 334.009*
- *Norma Técnica Peruana NTP 400.11.*
- *Normas Técnica Peruana NTP 400.037*
- *Norma Técnica Peruana NTP 339.088*
- *Penagos et al (2014). MORTERO ALIGERADO CON FIBRA DE COSTAL Y CASCARA DE HUEVO. Recuperado de: <http://innovamortero.blogspot.com/>*
- *Recuperado de: <HTTP://INNOVAMORTEROBLOG.BLOGSPOT.COM/>*
- *Real Academia Española (2014). Diccionario de la Lengua Española. Recuperado de: <http://lema.rae.es/drae/?val=residuo>*

- *Rentería y Zeballos (2014). Propuesta de Mejora para la Gestión Estratégica del Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Domiciliarios en el Distrito de los Olivos – Lima – Perú.*
- *Ruiz (2015). “Resistencia a Compresión del Mortero – Cemento – Arena Incorporando Ceniza de Cascara de Arroz, Afrecho de Cebada y Bagazo de Caña de Azúcar”. Universidad Privada del Norte, Cajamarca – Perú.*
- *Vértice, P. (2008). Gestión medioambiental: manipulación de residuos y productos químicos. Málaga: Editorial Vértice.*
- *Vargas (2015). Reutilización de Vidrio Plano como Agregado Fino en la Elaboración de Morteros de Cemento y Concretos. Tecnológico de Costa Rica – Cartago.*

VIII. ANEXOS Y APÉNDICES



Foto N° 1: Recolección del Agregado Grueso – Cantera Tacllan



Foto N° 2: Recolección del Agregado Fino – Cantera Tacllan



Foto N° 3: Selección del Agregado Grueso



Foto N° 4: Selección del Agregado Fino



Foto N° 5: Tamizado por la Malla N° 3/8



Foto N° 6: Tamizado Total



Foto N° 7: Llenado del Agregado Grueso



Foto N° 8: Peso del Agregado Grueso + Molde



Foto N° 9: Llenado del Agregado Fino

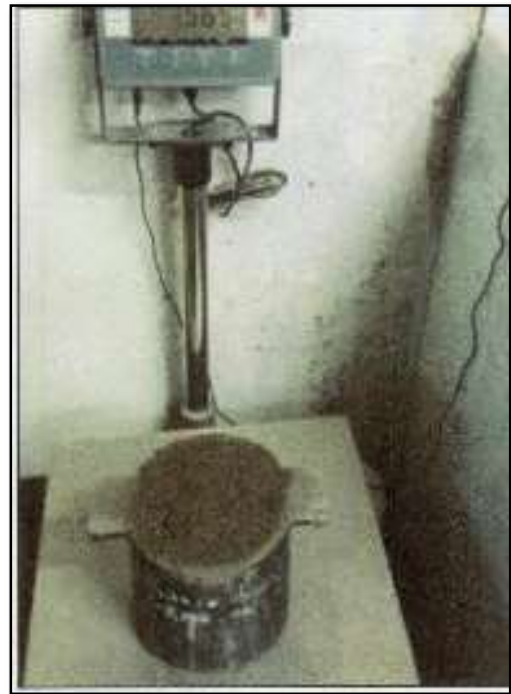


Foto N° 10: Peso del Agregado Fino + Molde



Foto N° 11: Llenado del Agregado Grueso



Foto N° 12: Varillado del Agregado Grueso



Foto N° 13: Llenado del Agregado Fino



Foto N° 14: Varillado del Agregado



Foto N° 15: Se observa la Elaboración del Peso Específico de los agregados



Foto N° 16: Se observa el tamizado de la cascara de huevo y bagazo de cebada



Foto N° 17: Se observa la realización de peso específico de los materiales



Foto N° 18: Se observa el desplazamiento de la combinación de los materiales

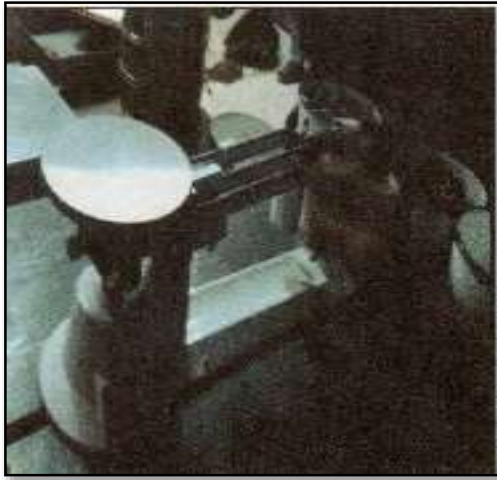


Foto N° 19: Balanza Calibrada



Foto N° 20: Lavado de la Cascara de Huevo



Foto N° 21: Limpieza de la Materia Orgánica



Foto N° 22: Desinfección de la Cascara de Huevo



Foto N° 23: Trituramiento - Secado



Foto N° 24: Secado del Material



Foto N° 25: En Estado Húmedo



Foto N° 26: Bagazo de Cebada



Foto N° 27: Después del Secado



Foto N° 28: Mesa Vibratoria Artesanal



Foto N° 29: Molde del Adoquín de Concreto



Foto N° 30: Contenido del Molde



Foto N° 31: Ensayo de Consistencia del Concreto



Foto N° 32: Se Observa el Pesado de la Ceniza de Bagazo de Cebada



Foto N° 33: Se Observa el Mezclado de la Ceniza de Bagazo de Cebada más el Cemento y la Cascara de Huevo



Foto N° 34: Se Observa la Señalización de los Adoquines



Foto N° 35: Se Observa el Curado de los Adoquines



Foto N° 36: Se Observa los Adoquines de Concreto Patrón y Experimental

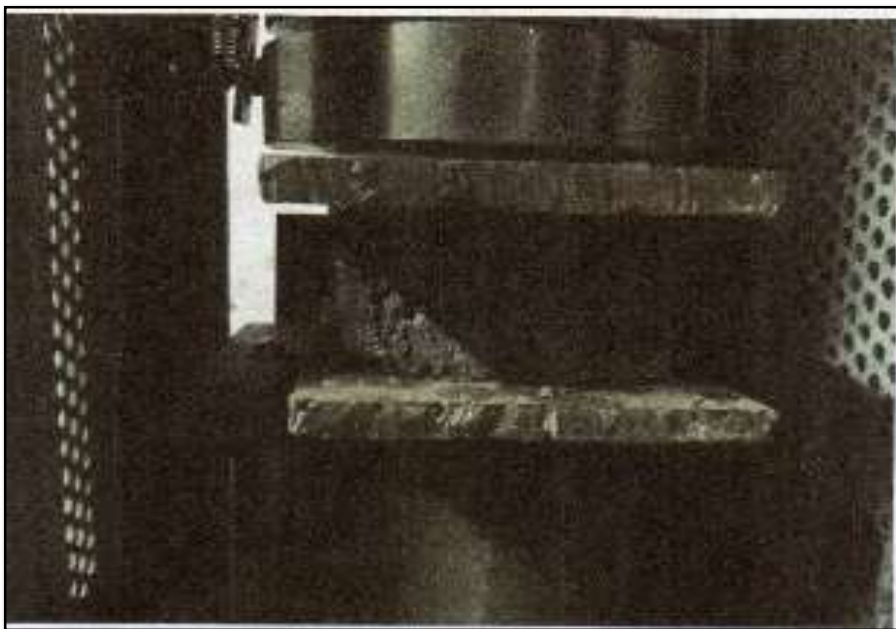


Foto N° 37: Se Observa el Ensayo a Compresión de los Adoquines de Concreto



Foto N° 38: Se Observa la Rotura del Adoquín en la Maquina Mecánica para Compresión



Foto N° 39: Se Observa la Toma de Datos para el Ensayo



Foto N° 40: Se Observa la Toma de Datos para el Ensayo y para el Procesamiento de Tablas



Foto N° 41: Se Observa los Adoquines Ensayados y su Resultado Final



Informe N°123-LAQ/2018
Análisis de ceniza de bagazo de cebada por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) esta muestra de ceniza de bagazo de cebada a pedido de la Srta. Camones, Jady Yumara, alumna de la Universidad San Pedro, sede Huaraz, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Resistencia de Adoquines de Concreto $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$ Sustituyendo el Cemento en 10% por la Combinación de Ceniza de Bagazo de Cebada y Cáscara de Huevo.”

La muestra está en forma de grano fino de color negro.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μA . 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 2710 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 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: una



componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

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

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de ceniza de bagazo de cebada. 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 del elemento y la energía del rayo-X.

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 un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es menor



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos de Na y/o Mg, que esta técnica no puede detectar, y/o diferentes de óxidos, y/o hay una ligera deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de ceniza de bagazo de cebada en % de masa.

Óxido	Concentración % masa
Al	1.962
Si	4.627
P	3.741
S	0.210
Cl	0.004
K	1.298
Ca	2.117
Ti	0.016
Cr	0.002
Mn	0.076
Fe	0.390
Ni	0.003
Cu	0.006
Zn	0.094
Sr	0.009
Sub-Total	14.555
Otros	85.445
Total	100.00



Figura 1. Espectro de FRXDE de ceniza de bagazo de cebada 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, 19 de setiembre del 2018



Informe N°117-LAQ/2018

Análisis de una muestra de cáscara de huevo por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) esta muestra de cáscara de huevo a pedido de la Srta. **Camones, Jady Yumara**, alumna de la Universidad San Pedro, sede Huaraz, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Resistencia de Adoquines de Concreto $f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$ Sustituyendo el Cemento en 10% por la Combinación de Ceniza de Bagazo de Cebada y Cáscara de Huevo.”

La muestra está en forma de grano fino de color blanco.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 10 μA . 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 5600 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 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: una



componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

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

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de cáscara de huevo. 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 del elemento y la energía del rayo-X.

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 un 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 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 cáscara de huevo en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	6.950	10.163
SiO ₂	0.107	0.157
SO ₂	0.501	0.733
ClO ₂	0.109	0.160
K ₂ O	0.066	0.097
CaO	60.196	88.028
TiO	0.012	0.017
Cr ₂ O ₃	0.004	0.006
Fe ₂ O ₃	0.033	0.048
Ni ₂ O ₃	0.001	0.002
ZnO	0.006	0.009
SrO	0.178	0.260
ZrO ₂	0.008	0.011
CdO	0.211	0,308
Total	68.382	100.00

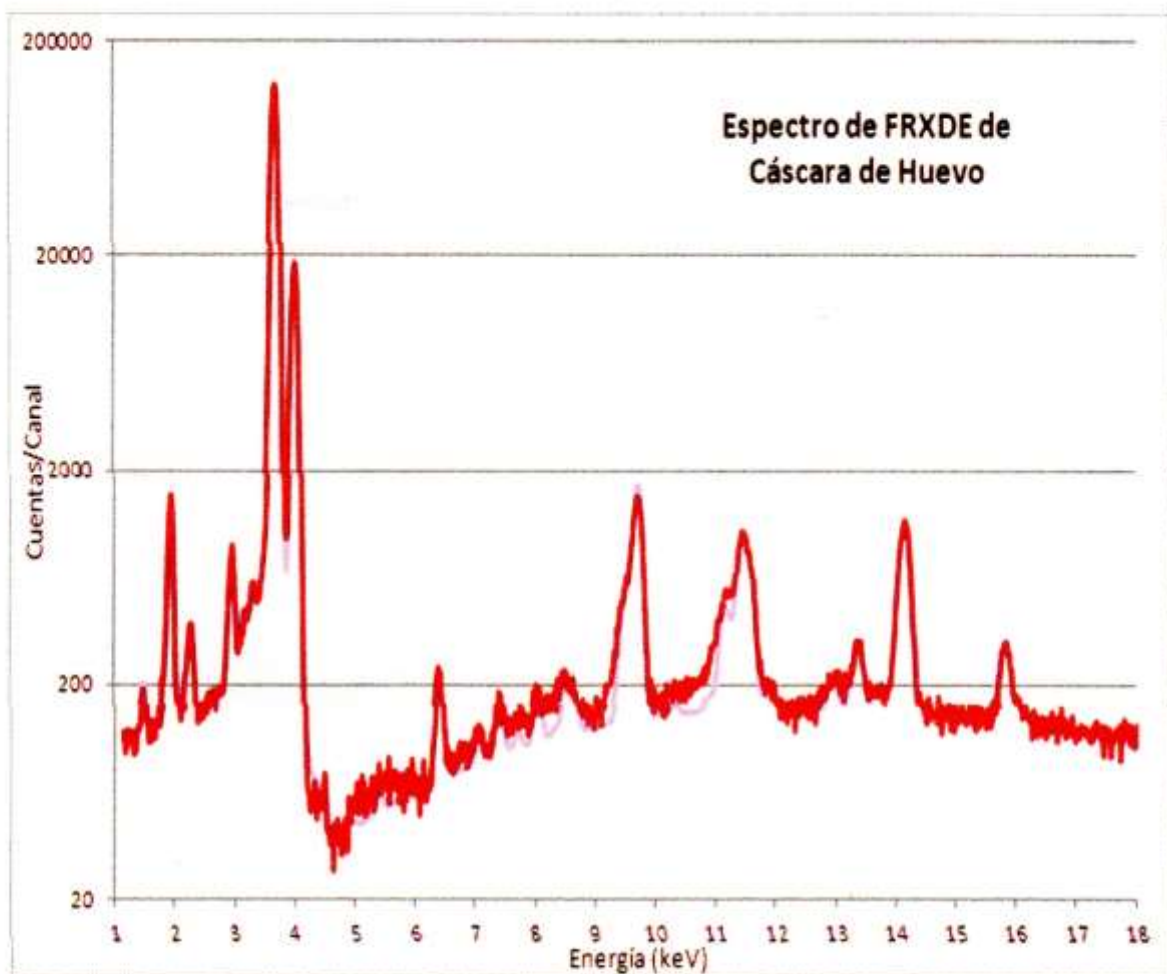


Figura 1. Espectro de FRXDE de cáscara de huevo en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos

Laboratorio de Arqueometría



Lima, 03 de setiembre del 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAVAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: “Resistencia de Adoquines de Concreto $F'c = 320 \text{ kg/Cm}^2$, Sustituyendo el Cemento en 10 % por la Combinación de Ceniza de Bagazo de Cebada y Cascara de Huevo”

TESISTA : Bach. Camones Lock, Jady Yumara - Tesista
MUESTRA : Ceniza de bagazo de cebada
LUGAR DE MUESTREO: Cervecería Sierra Andina - Huaraz - Ancash
FECHA DE RECEPCIÓN: 23-07-18
FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 31-07-18
FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 31-07-18

Muestra	pH
Ceniza de bagazo de cebada	5.02

ENSAYOS

1.- Determinación de pH

OBSERVACIONES:

- La muestra es tomada por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

CONCLUSIONES

- El pH es calificado como ácida

Huaraz, 31 de Julio del 2018.



[Signature]
M.Sc. GUERRERO Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA - SHANCAYAN
Telefax: 043-426588 - 106
HUARAZ - REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DE INSENERACIÓN (CENIZA) DE BAGAZO DE CEBADA

TITULO DE TESIS: "Resistencia de Adoquines de Concreto $F'c = 320 \text{ kg/Cm}^2$, Sustituyendo el Cemento en 10 % por la Combinación de Ceniza de Bagazo de Cebada y Cascara de Huevo"

TESISTA : Bach. Camones Lock, Jady Yumara - Tesista

MUESTRA : Bagazo de cebada

LUGAR DE MUESTREO: Cervecería Sierra Andina - Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 23-07-18

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 25-07-18

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 27-07-18

Muestra	Cantidad Kg.
Ceniza de bagazo de cebada	5.00

ENSAYOS

1.- Determinación de Ceniza

OBSERVACIONES:

- La muestra es tomado por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

CONCLUSIONES

- Se ha obtenido ceniza propiamente dicha en el Horno Mufia a una temperatura de $950 \text{ }^\circ\text{C}$ por 2 horas en promedio.

Huaraz, 31 de Julio del 2018.



M.Sc. GUILLERMO CASTILLO ROMERO
JEFE DEL LABORATORIO DE ANALISIS
DE SUELOS Y AGUAS



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: “Resistencia de Adoquines de Concreto $F'c = 320 \text{ kg/Cm}^2$, Sustituyendo el Cemento en 10 % por la Combinación de Ceniza de Bagazo de Cebada y Cascara de Huevo”

TESISTA : Bach. Camones Lock, Jady Yumara - Tesista

MUESTRA : Cemento

LUGAR DE MUESTREO: Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 23-07-18

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 31-07-18

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 31-07-18

Muestra	pH
Cemento	12.15

ENSAYOS

1.- Determinación de pH

OBSERVACIONES:

- La muestra es tomado por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

CONCLUSIONES

- El pH es calificado como extremadamente alcalina

Huaraz, 31 de Julio del 2018.



[Signature]
M.Sc. Guillermo Cayo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS
DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: “Resistencia de Adoquines de Concreto $F'c = 320 \text{ kg/Cm}^2$, Sustituyendo el Cemento en 10 % por la Combinación de Ceniza de Bagazo de Cebada y Cascara de Huevo”

TESISTA : Bach. Camones Lock, Jady Yumara - Tesista

MUESTRA : Cemento + 10 % de Combinación (6 % cascara de huevo pulverizado + 4 % ceniza de bagazo de cebada)

LUGAR DE MUESTREO: Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 23-07-18

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 31-07-18

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 31-07-18

Muestra	pH
Cemento + 10 % de combinación (6 % cascara de huevo pulverizado + 4 % ceniza de bagazo de cebada)	11.95

ENSAYOS

1.- Determinación de pH

OBSERVACIONES:

- La muestra es tomado por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

CONCLUSIONES

- El pH es calificado como Extremadamente alcalina

Huaraz, 31 de Julio del 2018.



[Signature]
Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS
DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: “Resistencia de Adoquines de Concreto $F'c = 320 \text{ kg/Cm}^2$, Sustituyendo el Cemento en 10 % por la Combinación de Ceniza de Bagazo de Cebada y Cascara de Huevo”

TESISTA : Bach. Camones Lock, Jady Yumara - Tesista

MUESTRA : Cascara de huevo pulverizado

LUGAR DE MUESTREO: Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 23-07-18

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 31-07-18

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 31-07-18

Muestra	pH
Cascara de huevo pulverizado	8.76

ENSAYOS

1.- Determinación de pH

OBSERVACIONES:

- La muestra es tomada por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

CONCLUSIONES

- El pH es calificado como fuertemente alcalina

Huaraz, 31 de Julio del 2018.

Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS



Trujillo, 16 de Julio del 2018

INFORME N° 167 - JUL-18

Solicitante: Jady Yumara Camones Lock – Universidad San Pedro

RUC/DNI: 70176457

Supervisor:

1. MUESTRA: Bagazo de cebada (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	BC-167J	14.3 mg	Huaraz

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: 14.3 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa



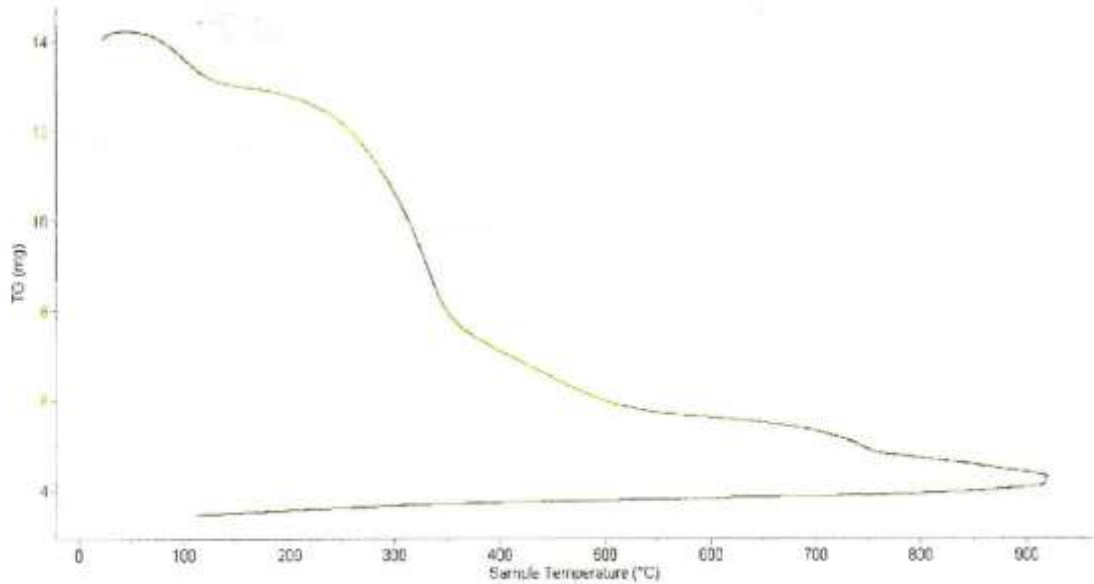


Trujillo, 16 de Julio del 2018

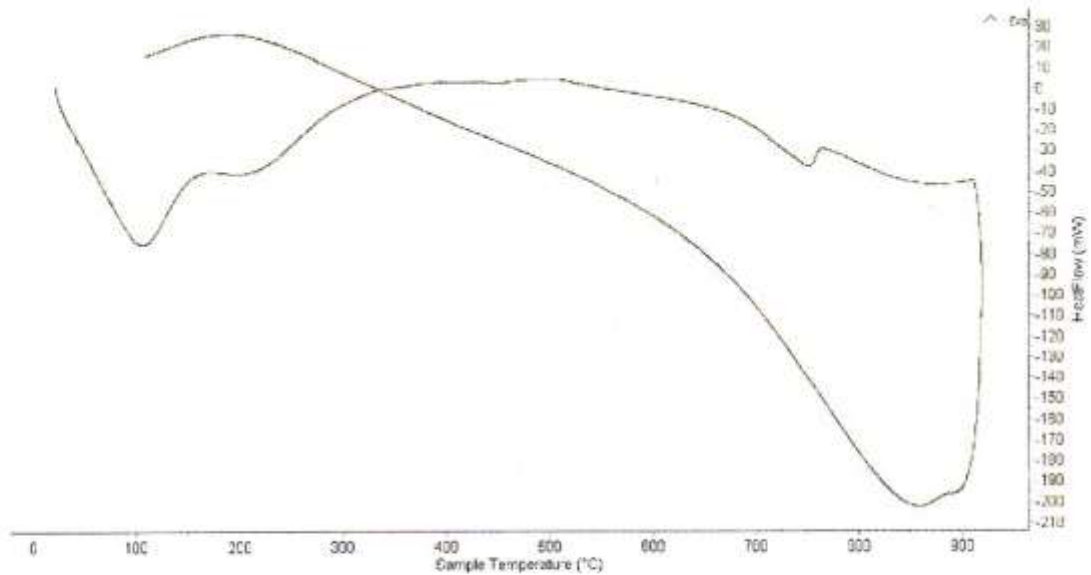
INFORME N° 167 - JUL-18

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica ATD





Trujillo, 16 de Julio del 2018


INFORME N° 167 - JUL-18

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termogravimétrico se puede apreciar un importante descenso de la masa que constituye pérdida de masa en la muestra, evidenciándose una mayor velocidad de pérdida en el rango de 210 a 350°C y se aprecia que en las otras regiones se presenta un ritmo de pérdida más lenta de la masa. El material llega a perder aproximadamente 60% cuando alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra algunos picos endotérmicos a baja temperatura, la primera se manifiesta aproximadamente a 100°C. Posteriormente a mayor temperatura se presenta una absorción de calor en torno a 750°C. Estas absorciones térmicas podrían significar algún cambio estructural y en las características del material.

Trujillo, 16 de julio del 2018




Ing. Danny Mesias Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales

Msc. Danny Chavez Novoa
Prof. T.C. Dpto. Ing. Materiales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO



ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO:	"Resistencia de Adoquines de Concreto F'c = 320 kg/cm ² , sustituyendo el cemento en 10% por la combinación de ceniza de bagazo de cebada y cascara de huevo"
CANTERA:	Tacllan - Huaraz - Ancash
ASESOR:	Ing. Gumercindo Reyes Flores
RESPONSABLE:	JADY YUMARA CAMONES LOCK
MUESTRA:	Confitillo y Agregado Fino

AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)				
PESO INICIAL :			1425	gr
Malla (pulg)	Peso (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Que pasa
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				100,00
Nº 4	1378	96,70	96,70	3,30
Nº 8	47	3,30	100,00	0,00

CURVA GRANULOMETRICA- CONFITILLO



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
CATEDRA DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

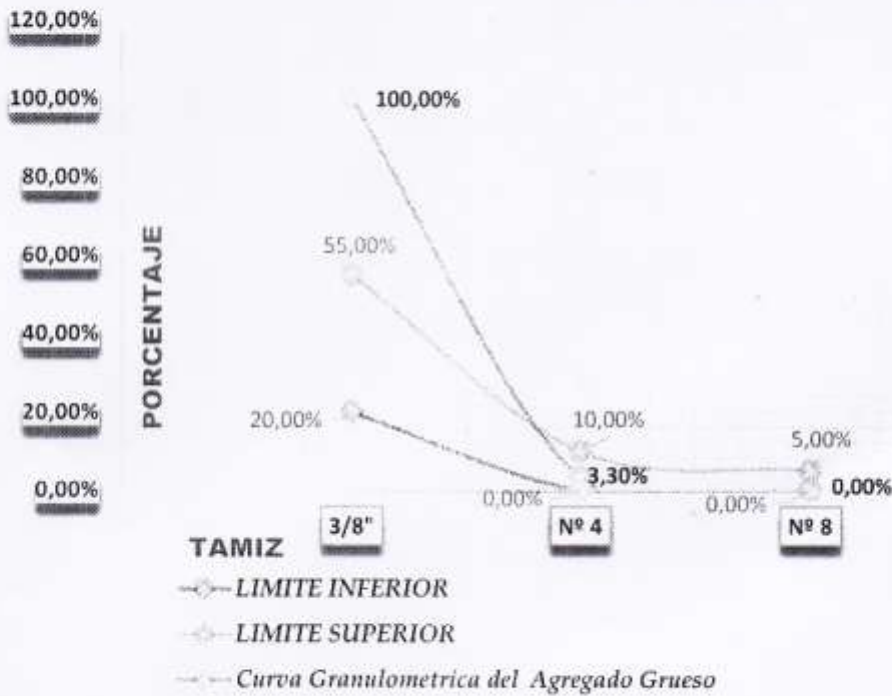
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)

TAMIZ	ABERTURA DE TAMIZ	LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR	% OBTENIDOS
3/8"	9,5	55,00%	20,00%	100,00%
Nº 4	4,75	10,00%	0,00%	3,30%
Nº 8	2,36	5,00%	0,00%	0,00%

CURVA GRANULOMETRICA A.G. Vs LIMITES PERMISIBLES



MG= 5,967



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

AGREGADO FINO (ARENA)				
PESO INICIAL :		1802	gr	
Malla	Peso (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Que pasa
N° 4	-	-	-	100,00
N° 8	359,5	19,95	19,95	80,05
N° 16	468	25,97	45,92	54,08
N° 30	450	24,97	70,89	29,11
N° 50	315	17,48	88,37	11,63
N° 100	118,5	6,58	94,95	5,05
N° 200	52	2,89	97,84	2,16
PASA N° 200	39	2,16	100,00	0,00

CURVA GRANULOMETRICA - ARENA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
ALONSO DE MALLERCA DE SURLOS Y
INGENIEROS DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



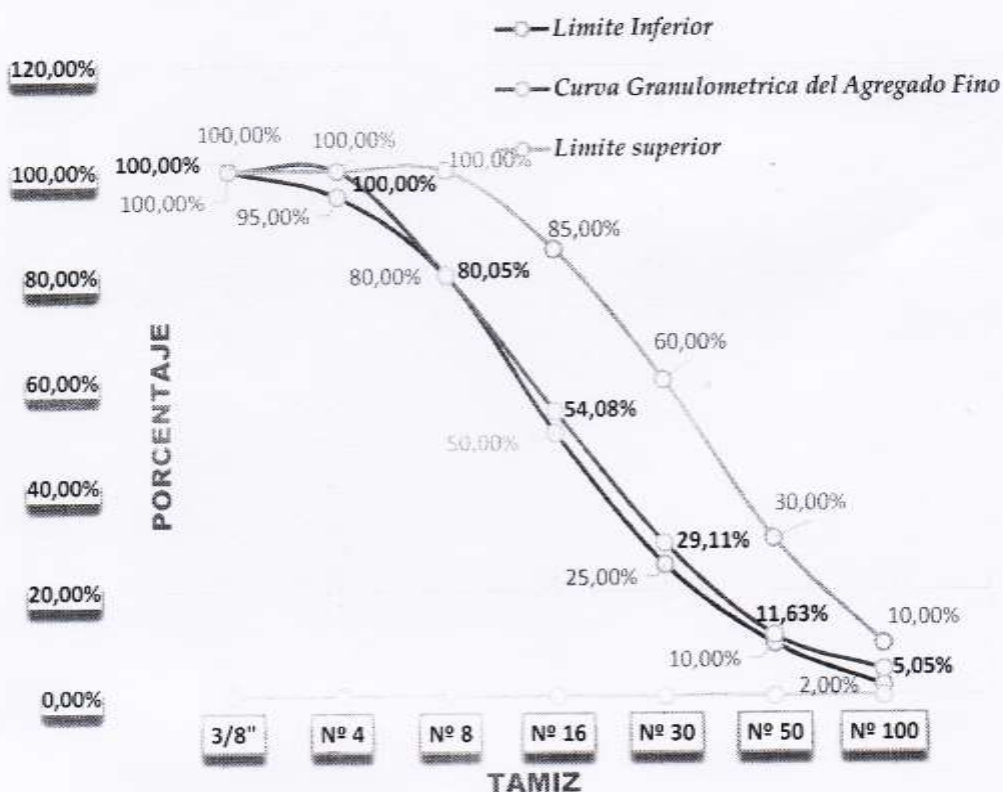
USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

AGREGADO FINO

% OBTENIDOS	TAMIZ	ABERTURA DE TAMIZ	LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR
100,00%	3/8"	9,5	100,00%	100,00%
100,00%	Nº 4	4,75	100,00%	95,00%
80,05%	Nº 8	2,36	100,00%	80,00%
54,08%	Nº 16	1,18	85,00%	50,00%
29,11%	Nº 30	0,6	60,00%	25,00%
11,63%	Nº 50	0,3	30,00%	10,00%
5,05%	Nº 100	0,15	10,00%	2,00%

CURVA GRANULOMETRICA A.F. Vs LIMITES PERMISIBLES



MF= 3,201



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

PROYECTO:	"Resistencia de Adoquines de Concreto $F'c = 320 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo el cemento en 10% por la combinacion de ceniza de bagazo de cebada y cascara de huevo"
CANTERA:	Tacllan - Huaraz - Ancash
ASESOR:	Ing. Gumericindo Reyes Flores
RESPONSABLE	JADY YUMARA CAMONES LOCK
MUESTRA:	Confitillo y Agregado Fino

AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)				
IDENTIFICACION:		N°21	N°46	N°38
A	ESO MATERIAL SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA (EN AIRE)	1119,8	1175,0	1106,2
B	ESO MATERIAL SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA (EN AGUA)	702,6	741,7	694,7
C	VOLUMEN DE MASAS / VOLUMEN DE VACIOS = A - B	417,2	433,3	411,5
D	PESO MATERIAL SECO EN ESTUFA (105° C)	1110,9	1167,9	1099,5
E	VOLUMEN DE MASA = C - (A - D)	408,3	426,2	404,8
	PESO ESPECIFICO BULK(BASE SECA) = D/C	2,66	2,70	2,67
	PESO ESPECIFICO BULK(BASE SATURADA) = A/C	2,68	2,71	2,69
	PESO ESPECIFICO PARENTE (BASE SECA) = D/E	2,72	2,74	2,72
	% DE ABSORCION = ((A- D)/D) X 100	0,8	0,6	0,6
PROMEDIO		0,673		

AGREGADO FINO (ARENA)		
IDENTIFICACION:		19
A	PESO MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECA (EN AIRE)	300,00
B	PESO FRASCO + H2O	670,30
C	PESO FRASCO + H2O + PESO MATERIAL	970,30
D	PESO DEL MATERIAL + H2O EN EL FRASCO	857,60
E	VOLUMEN DE MASA + VOLUMEN DE VACIO = C - D	112,70
F	PESO DE MATERIAL SECO EN ESTUFA (105° C)	295,10
G	VOLUMEN DE MASA = E -(A - F)	107,80
	PESO ESPECIFICO BULK (BASE SECA) = F / E	2,66
	PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA) = A / E	2,66
	PESO ESPECIFICO APARENTE (BASE SECA) = F/G	2,74
	% DE ABSORCION =((A- F)/F) X 100	1,66



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PESO UNITARIO

PROYECTO:	"Resistencia de Adoquines de Concreto F'c = 320 kg/cm ² , sustituyendo el cemento en 10% por la combinación de ceniza de bagazo de cebada y cascara de huevo"
CANTERA:	Taclan - Huaraz - Ancash
ASESOR:	Ing. Gumercindo Reyes Flores
RESPONSABLE:	JADY YUMARA CAMONES LOCK
MUESTRA:	Confitillo y Agregado Fino

AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)						
TIPO DE PESO UNITARIO:	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTADO		
MUESTRA N°	1	2	3	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE	27,365	27,370	27,380	28,835	28,840	28,850
PESO DEL MOLDE	7,471	7,471	7,471	7,471	7,471	7,471
PESO DEL MATERIAL	19,894	19,899	19,909	21,364	21,369	21,379
VOLUMEN DEL MOLDE	13,724	13,724	13,724	13,724	13,724	13,724
PESO UNITARIO	1,450	1,450	1,451	1,557	1,557	1,558
PESO UNITARIO PROMEDIO	1,45			1,557		

AGREGADO FINO (ARENA)						
TIPO DE PESO UNITARIO:	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTADO		
MUESTRA N°	1	2	3	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE	7,020	7,030	7,025	7,590	7,575	7,565
PESO DEL MOLDE	3,420	3,420	3,420	3,420	3,420	3,420
PESO DEL MATERIAL	3,600	3,610	3,605	4,170	4,155	4,145
VOLUMEN DEL MOLDE	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776
PESO UNITARIO	1,297	1,300	1,299	1,502	1,497	1,493
PESO UNITARIO PROMEDIO	1,30			1,50		



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO:	"Resistencia de Adoquines de Concreto F'c = 320 kg/cm ² , sustituyendo el cemento en 10% por la combinación de ceniza de bagazo de cebada y cascara de huevo"
CANTERA:	Tacllan - Huaraz - Ancash
ASESOR:	Ing. Gumerindo Reyes Flores
RESPONSABLE:	JADY YUMARA CAMONES LOCK
MUESTRA:	Confitillo y Agregado Fino

AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)		
Nº	DESCRIPCION	
Recipiente :		Nº 3
1	Peso recipiente + Suelo humedo	1380,00
2	Peso recipiente + Suelo seco	1377,00
3	Peso del Agua (1) - (2)	3,00
4	Peso Recipiente (gr)	169,00
5	Peso suelo Seco (2) - (4)	1208,00
6	Humedad (3/5) x 100 (%)	0,25
HUMEDAD PROMEDIO		0,25

AGREGADO FINO (ARENA)		
Nº	DESCRIPCION	
Recipiente :		Nº 39
1	Peso recipiente + Suelo humedo	951,00
2	Peso recipiente + Suelo seco	907,00
3	Peso del Agua (1) - (2)	44,00
4	Peso Recipiente (gr)	170,00
5	Peso suelo Seco (2) - (4)	737,00
6	Humedad (3/5) x 100 (%)	5,97
HUMEDAD PROMEDIO		5,97



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
TORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
INGENIERIA METALURGICA

Ing. Elizabeth Maiza Ambrosio
CIP: 176544
JEFE



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PESO ESPECIFICO

SOLICITA	: JADY YUMARA CAMONES LOCK
PROYECTO	: "RESISTENCIA DE ADOQUINES DE CONCRETO F'c = 320 KG/CM2, SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN 10% POR LA COMBINACIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE CEBADA Y CASCARA DE HUEVO"
LUGAR - EXTRACCION	: CERVECERA "SIERRA ANDINA" - HUARAZ- ANCASH
MUESTRA	: CENIZA DE BAGAZO DE CEBADA

PESO DE MATERIAL (MUESTRA)	:	500	gramos
VOL. DESPLAZAMIENTO	:	190	gramos / Cm3

PESO ESPECIFICO	:	$D = P/V = 500/190$
-----------------	---	---------------------

PESO ESPECIFICO DE BAGAZO DE CEBADA:	2,63
--------------------------------------	-------------

OBSERVACIONES: El Material (Bagazo de Cebada), se tamizó por la malla N° 200



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

[Signature]
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PESO ESPECIFICO	
SOLICITA	: JADY YUMARA CAMONES LOCK
PROYECTO	: "RESISTENCIA DE ADOQUINES DE CONCRETO F'C = 320 KG/CM2, SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN 10% POR LA COMBINACIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE CEBADA Y CASCARA DE HUEVO"
LUGAR - EXTRACCION	: HUARAZ- ANCASH
MUESTRA	: CASCARA DE HUEVO PULVERIZADA

PESO DE MATERIAL (MUESTRA)	:	500	gramos
VOL. DESPLAZAMIENTO	:	200	gramos / Cm3

PESO ESPECIFICO	:	$D = P/V = 500/200$
-----------------	---	---------------------

PESO ESPECIFICO DE CASCARA DE HUEVO:	2,50
--------------------------------------	-------------

OBSERVACIONES: El Material (cascara de huevo), se tamizó por la malla Nº 200



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 118544
JEFE



PESO ESPECIFICO	
SOLICITA	: JADY YUMARA CAMONES LOCK
PROYECTO	: "RESISTENCIA DE ADOQUINES DE CONCRETO F'C = 320 KG/CM2, SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN 10% POR LA COMBINACIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE CEBADA Y CASCARA DE HUEVO"
LUGAR - EXTRACCION	: HUARAZ- ANCASH
MUESTRA	: CEMENTO + CASCARA DE HUEVO PULVERIZADA + CENIZA DE BAGAZO DE CEBADA

Material: 90% de cemento + 6% de cáscara de huevo pulverizada y 4 % de ceniza de bagazo de cebada.

Prueba N°	1	2	3
Frasco	N°4	N°5	N°6
Peso de muestra gr	500	500	500
Volumen desplazado gr/cm3	170	160	160
Peso específico gr/cm3	2,94	3,13	3,13
Peso específico promedio (gr/cm3)	3,06		

PESO ESPECIFICO : peso de la muestra / vol. Desplazado

PESO ESPECIFICO DE LA MUESTRA : 3,06

OBSERVACIONES: El Material del 10%, se tamizó por la malla N° 200



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



DISEÑO DE MEZCLA

MATERIALES

CEMENTO	
Cemento Portland ASTM Tipo 1 (SOL)	
Peso específico	3,15 gr/cm ³

AGREGADO FINO	
Peso específico	2,74 gr/m ³
Porcentaje de absorción (%)	1,66 %
Contenido de humedad (%)	5,97 %
Peso unitario suelto seco	1,30 kg/m ²
Peso unitario compactado seco	1,50 kg/m ²
Módulo de finiza	3,20

AGREGADO GRUESO	
Peso específico	2,73 kg/m ³
Perfil	Angular
Porcentaje de absorción (%)	0,673 %
Contenido de humedad (%)	0,25 %
Peso unitario suelto	1,45 kg/m ²
Peso unitario compactado	1,557 kg/m ²
T.M.N. (NTP)	3/8"
Módulo de finiza	5,967

1.- Selección de resistencia promedio

Selección de resistencia promedio a partir de la resistencia en compresión especificada y la desviación estándar

Resistencia especificada a la compresión, kg/cm ²	Resistencia promedio requerida a la compresión, kg/cm ²
$f_c < 210$	$f_{cr} = f_c + 70$
$210 \leq f_c \leq 350$	$f_{cr} = f_c + 84$
$f_c > 350$	$f_{cr} = f_c + 98$

Fuente: Enrique Rivva López "Diseño de Mezclas"

Para resistencia a la compresión de:

$f_c = 320$ kg/cm²
 $f_{cr} = f_c$
 $f_{cr} = 320$ kg/cm² *Sin factor*

2.- Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado

TMN = 3/8"

3.- Selección del Asentamiento

Slump: 0" a 2" consistencia Seca



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 146544
 JEFE





4.- Selección de volumen unitario de agua de diseño

La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto necesaria para obtener el asentamiento deseado o slump, depende del tamaño máximo, perfil, textura y granulometría de los agregados; así como de la cantidad de aire incorporado, no siendo apreciablemente afectada por la cantidad de cemento. El volumen de agua por m³. Agua en litros/m³ para TNM de agregados y consistencia indicada.

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA								
Slump	Agua en lt/m ³ para los tamaños máximo nominal de agregado grueso.							
1" = 25 mm	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
concretos sin aire incorporado								
1 a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3 a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6 a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
% de aire atrapado	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
concretos con aire incorporado								
1 a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3 a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6 a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---
% de Aire incorporado en función de grado de exposición								
Normal	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1
Moderada	8	5,5	5	4,5	4,5	4	3,5	3
Extrema	7,5	7	6	6	5,5	5	4,5	4

Fuente: Enrique Rivva López "Diseño de Mezclas"

Para el diseño el agua seleccionada:

Agua: 207 Lt/m³

5.- Selección del contenido de aire

Aire: 3 %

6.- Selección de la relación agua-cemento

Relación agua/cemento por resistencia para f_c.

RELACION AGUA / CEMENTO POR RESISTENCIA

f _c (28 días) kg/cm ²	Relación Agua - Cemento de diseño en peso	
	Concretos Sin Aire Incorporado	Concretos Con Aire Incorporado
450	0,38	---
400	0,43	---
350	0,48	0,4
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,7	0,61
150	0,8	0,71

Fuente: Enrique Rivva López "Diseño de Mezclas"

350 ----- 0,48
320 ----- X - 0,52
300 ----- 0,55



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE





7.- Determinación del Factor Cemento

La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto es igual al agua de mezclado

Factor cemento	=	Volumen unitario dediseño / Relacion de agua /cemento para f'c
Factor cemento	=	396,55 kg/m ³
Factor cemento	=	9,33 Bol/m ³

8.- Contenido Del Agregado Grueso

Agregados esencialmente del mismo TMN y buena gradación producirán un concreto de satisfactoria trabajabilidad. Valores apropiados para este volumen de agregados se dan en la siguiente tabla, se puede ver que para igual trabajabilidad, el volumen de agregado grueso por m³ de concreto depende solamente del TMN y del Módulo de Finesa del agregado fino

CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO = PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO EN LA TABLA / (MÓDULO DE FINESAS)
SECA Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO = kg/m³

PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO					
Tamaño máximo nominal del Agregado grueso (pulg)	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finesa del fino				
	2,40	2,60	2,80	3,00	3,00
3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,60	0,60
1"	0,71	0,69	0,67	0,65	0,65
1 1/2"	0,76	0,74	0,72	0,70	0,70
2"	0,78	0,76	0,74	0,72	0,72
3"	0,81	0,79	0,77	0,75	0,75
6"	0,87	0,85	0,83	0,81	0,81

Fuente: Enrique Rívva López "Diseño de Mezclas"

Determinación del agregado grueso					
3/8"	2,40	2,60	2,80	3,00	3,2
	0,50	0,48	0,46	0,44	0,42

con el módulo de finesa del agregado fino de 3,20 y un tamaño máximo nominal del agregado grueso de 3/8", se encuentra un valor de 0,42 metros cúbicos de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen

peso de agregado grueso: 653,94 kg/m³

9.- Determinación de la suma de los volúmenes absolutos del cemento, agua de diseño, aire, y agregado grueso

Cemento	396,55	kg
Agua	207,00	lit
Aire	3,00	kg
Peso A. grueso	653,94	kg

Cemento:	0,126	m ³
Agua:	0,207	m ³
Aire:	0,030	m ³
Agregado grueso:	0,240	m ³
Suma de volúmenes	0,602	m ³



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 118644
JEFE





10.- Determinacion del volumen absoluto del agregado fino

$$\text{volumen absoluto de agregado fino} = \frac{\text{peso de agregado fino}}{\text{densidad de agregado fino}}$$

$$\text{volumen absoluto de agregado fino} = 0,398 \text{ m}^3$$

11.- Determinacion de pesos secos del agregado fino

$$\text{peso de agregado fino} = 1089,35 \text{ kg}$$

12.- Determinacion de los valores de diseño del cemento, agua, aire, agregado fino y agregado grueso

cemento	396,55	kg/m ³
agua	207,00	lt/m ³
agregado fino seco	1089,35	kg/m ³
agregado grueso seco	653,94	kg/m ³

13.- Correccion de los valores de diseño por humedad del agregado

Peso Humedo

$$\text{Peso seco} \times (\text{contenido de humedad}/100 + 1)$$

$$\begin{aligned} \text{Agregado fino} &= 1154,382 \text{ kg} \\ \text{Agregado grueso} &= 658,341 \text{ kg} \end{aligned}$$

Peso superficial

$$\begin{aligned} \text{Agregado fino} &= 4,31 \% \\ \text{Agregado grueso} &= -0,423 \% \end{aligned}$$

Aporte de Humedad

$$((\text{contenido de humedad} - \text{absorcion}) \times \text{agregado seco})/100$$

$$\begin{aligned} \text{Agregado fino} &= 46,951 \text{ lt/m}^3 \\ \text{Agregado grueso} &= -2,766 \text{ lt/m}^3 \\ \text{Aporte de agua} &= 44,185 \text{ lt/m}^3 \end{aligned}$$

Agua efectiva

$$\text{Agua} = \text{contenido de agua} - \text{aporte de agua}$$

$$\text{Agua} = 162,815 \text{ lt}$$

14.- Peso del Material Corregido por Humedad

$$\begin{aligned} \text{cemento} &= 396,55 \text{ kg/cm}^3 \\ \text{agua efectiva} &= 160,815 \text{ kg/cm}^3 \\ \text{A.fino humedo} &= 1154,381609 \text{ kg/cm}^3 \\ \text{A.grueso humedo} &= 658,3410162 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE



15.- Proporcionamiento del diseño

Proporcionamiento del diseño seco

Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
1,00	2,75	1,65	22,19



Proporcionamiento del diseño humedo

Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
Cemento	Cemento	Cemento	Factor cemento
1,00	2,91	1,66	17,24

16.- Pesos para un Adoquin

L

A

H

VOLUMEN = L x A x H

Donde:

L = 20 cm
 H = 6 cm
 A = 10 cm

VOLUMEN = 1200,000 cm³
 VOLUMEN = 0,0012 m³

Cemento	≈	0,475862	kg
Agua	≈	0,2484	lt
Agregado fino humedo	≈	1,385258	kg
Agregado grueso humedo	≈	0,790009	kg

17.- Mas 15 % desperdicio

Cemento	≈	0,547241	kg
Agua	≈	0,28566	lt
Agregado fino humedo	≈	1,593047	kg
Agregado grueso humedo	≈	0,908511	kg

18.- PARA 24 ADOQUINES

Cemento	≈	13,13379	kg
Agua	≈	6,85584	lt
Agregado fino humedo	≈	38,23312	kg
Agregado grueso humedo	≈	21,80425	kg

19.- % de Sustitucion del cemento, por:

BAGAJO DE CEBADA	=	4%	=	0,5254 KG
CASCARA DE HUEVO	=	6%	=	0,7880 KG



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

Elizabeth Maza

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE



DISEÑO DE MEZCLA (10% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

Solicita : Jady Yumara Camones Lock

Tesis : "Resistencia de adoquines de concreto $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo el cemento en 10% por la combinación de ceniza de bagazo de cebada y cascara de huevo"

Cantera : Tacllan - Huaraz - Ancash

Cáscara de huevo : Procedencia de Huaraz - Ancash

Ceniza de bagazo de cebada: Procedencia de la Industria Cervezara "Sierra Andina"

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia a compresión del diseño = 320 kg/cm^2 , a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Peso específico del nuevo cemento..... 3.06 gr/cm^3
- Pórtland ASTM_C-150 TIPO I
- Peso específico 3.15 gr/cm^3

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : TACLLAN-HUARAZ

- Peso específico de masa 2.74
- Peso unitario suelto 1300 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1500 kg/m^3
- Contenido de humedad 5.97%
- Absorción 1.66%
- Módulo de fineza 3.20

D.- Agregado grueso

CANTERA : TACLLAN -HUARAZ

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal $3/8"$
- Peso específico de masa 2.73
- Peso unitario suelto 1450 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1557 kg/m^3
- Contenido de humedad 0.25%
- Absorción 0.67%

SELECCION DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, la mezcla del concreto es de consistencia seca, a la que corresponde un asentamiento de

$1" \text{ a } 2"$



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 1" a 2" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/8" , el volumen unitario de agua es de 207 lt/m³ .

RELACION AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento, del concreto patron igual a 0,522
La relación agua - cemento + (ceniza bagazo de cebada +cascara de huevo) es igual a 0,523

VOLUMENES ABSOLUTOS

Peso del cemento : C = 395.79 * 90.0 % = 356.211Kg/m³

Peso del nuevo cemento : NC = 395.79*10.0% = 39.58Kg/cm³

Cemento = $\frac{356.211}{3.15 \times 1000} = 0.113 \text{ m}^3$

Nuevo cemento = $\frac{39.58}{3.06 \times 1000} = 0.012 \text{ m}^3$

Agua = $\frac{207}{1 \times 1000} = 0.207 \text{ m}^3$

Aire = $\frac{3.00\%}{1 + 1} = 0.030 \text{ m}^3$

Agregado Grueso = $\frac{653.94}{2.73 \times 1000} = 0.240 \text{ m}^3$

Cemento.....	0.1130	(m ³)
Nuevo Cemento.....	0.0120	(m ³)
Agua.....	0.2070	(m ³)
Agregado grueso.....	0.2400	(m ³)
Aire.....	0.0300	(m ³)
	0.602	m³

Contenido de Agregado Fino

volumen Absoluto del A.F

Peso del A.F seco

= 1 - 0.602 = 0.398 m³

= 0.398 * 2.74*100 = 1089.35 kg / m³

CANTIDAD DE MATERIALES POR M3 EN PESO

Cemento.....	356.211 kg/m ³
Nuevo Cemento.....	39.58 kg/m ³
Agua de Diseño.....	207.00 lt/m ³
Agregado Fino Seco.....	1089.35 kg/m ³
Agregado Grueso Seco.....	653.94 kg/m ³

Peso de la Mezcla **2346.081 kg/m³**



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Peso Humedo del Agregado Fino
Agregado Fino

$$1089.35 \frac{5.97}{100} + 1 = 1154.382 \text{ kg/m}^3$$

Peso Humedo del Agregado Grueso
Agregado Fino

$$653.94 \frac{0.673}{100} + 1 = 658.341 \text{ kg/m}^3$$

Peso superficial
Agregado fino 4.31 %
Agregado grueso -0.423 %

Aporte de Humedad
((contenido de humedad - absorcion) x agregado seco) / 100

Agregado Fino 46.951 lt/m³

Agregado Grueso -2.766 lt/m³

Aporte de agua 44.185 lt/m³

Agua Efectiva
Agua = contenido de Agua - aporte de Agua
Agua = 162.815 lt

CANTIDAD DE MATERIALES CORREGIDOS POR M3 DE CONCRETO

Cemento 356.211 kg/m³
Nuevo Cemento 39.58 kg/m³
Agua Efectiva 162.815 lt
Agregado Fino Humedo 1154.382 kg/m³
Agregado Grueso Humedo 658.341 kg/m³

PROPORCIONES EN PESO POR UNIDAD DE CEMENTO

Cemento 356.211 / 356.211 = 1.00
Nuevo Cemento 39.58 / 356.211 = 0.11
Agua 162.815 / 356.211 = 0.45
Agregado Fino 1154.382 / 356.211 = 3.24
Agregado Grueso 658.341 / 356.211 = 1.84

CANTIDAD DE MATERIALES CORREGIDOS POR BOLSA

Cemento 1.00 * 42.5 = 42.5 kg/bls
Nuevo Cemento 0.11 * 42.5 = 4.675 kg/bls
Agua Efectiva 0.45 * 42.5 = 19.125 lt/bls
Agregado Fino Humedo 3.24 * 42.5 = 137.7 kg/bls
Agregado Grueso Humedo 1.84 * 42.5 = 78.2 kg/bls



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA EN
CONSTRUCCION CIVIL
Ing. Elizabeth Maza Ambrós
CIP: 118544
JEFE



ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

PROYECTO:	"RESISTENCIA DE ADOQUINES DE CONCRETO F ^c =320 KG/CM ² . SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN 10% POR LA COMBINACION DE CENIZA DE BAGAZO DE CEBADA Y CASCARA DE HUEVO"
DISEÑO F ^c :	320 Kg/cm ²
ASESOR:	ING. GUMERCINDO REYES FLORES
RESPONSABLE:	JADY YUMARA CAMONES LOCK

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS DE EDAD

DESCRIPCION	FECHA DEL MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	PESO (Kg)	FUERZA (Kg)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	RESISTENCIA PROM. (Kg/cm ²)	% DE RESISTENCIA
0% - Sustitucion	30/07/2018	06/08/2018	7	2.60	65120	325.60	324,87	101.52%
	30/07/2018	06/08/2018	7	2.63	64950	324.75		
	30/07/2018	06/08/2018	7	2.62	64850	324.25		
10% - Sustitucion	30/07/2018	06/08/2018	7	2.62	66000	330.00	329,92	103.10%
	30/07/2018	06/08/2018	7	2.62	66100	330.50		
	30/07/2018	06/08/2018	7	2.60	65850	329.25		

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

Elizabeth Maza Ambrosio
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE





USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

PROYECTO:	"RESISTENCIA DE ADOQUINES DE CONCRETO F' C =320 KG/CM2, SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN 10% POR LA COMBINACION DE CENIZA DE BAGAZO DE CEBADA Y CASCARA DE HUEVO"
DISEÑO F' C:	320 Kg/cm2
ASESOR:	ING. GUMERCINDO REYES FLORES
RESPONSABLE:	JADY YUMARA CAMONES LOCK

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS DE EDAD

DESCRIPCION	FECHA DEL MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	PESO (Kg)	FUERZA (Kg)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESISTENCIA PROM. (Kg/cm2)	% DE RESISTENCIA
0% - Sustitucion	30/07/2018	13/08/2018	14	2,61	68690	343,45	341,03	106,57%
	30/07/2018	13/08/2018	14	2,63	67940	339,70		
	30/07/2018	13/08/2018	14	2,62	67990	339,95		
10% - Sustitucion	30/07/2018	13/08/2018	14	2,62	67450	337,25	339,08	105,96%
	30/07/2018	13/08/2018	14	2,64	67990	339,95		
	30/07/2018	13/08/2018	14	2,61	68010	340,05		



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE





ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

PROYECTO:	"RESISTENCIA DE ADOQUINES DE CONCRETO F'c =320 KG/CM2, SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN 10% POR LA COMBINACION DE CENIZA DE BAGAZO DE CEBADA Y CASCARA DE HUEVO"
DISEÑO F'c:	320 Kg/cm2
ASESOR:	ING. GUMERCINDO REYES FLORES
RESPONSABLE:	JADY YUMARA CAMONES LOCK

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 21 DÍAS DE EDAD

DESCRIPCION	FECHA DEL MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	PESO (Kg)	FUERZA (Kg)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESISTENCIA PROM. (Kg/cm2)	% DE RESISTENCIA
0% - Sustitucion	30/07/2018	20/08/2018	21	2,63	69870	349,35	347,90	108,72%
	30/07/2018	20/08/2018	21	2,63	69460	347,30		
	30/07/2018	20/08/2018	21	2,62	69410	347,05		
10% - Sustitucion	30/07/2018	20/08/2018	21	2,64	70080	350,40	349,32	109,16%
	30/07/2018	20/08/2018	21	2,62	70050	350,25		
	30/07/2018	20/08/2018	21	2,60	69460	347,30		



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

PROYECTO:	"RESISTENCIA DE ADOQUINES DE CONCRETO F'c =320 KG/CM2, SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN 10% POR LA COMBINACION DE CENIZA DE BAGAZO DE CEBADA Y CASCARA DE HUEVO"
DISEÑO F'c:	320 Kg/cm2
ASESOR:	ING. GUMERCINDO REYES FLORES
RESPONSABLE:	JADY YUMARA CAMONES LOCK

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE EDAD

DESCRIPCION	FECHA DEL MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	PESO (Kg)	FUERZA (Kg)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESISTENCIA PROM. (Kg/cm2)	% DE RESISTENCIA
0% - Sustitucion	30/07/2018	27/08/2018	28	2,61	69850	349,25	351,10	109,72%
	30/07/2018	27/08/2018	28	2,63	70830	354,15		
	30/07/2018	27/08/2018	28	2,62	69980	349,90		
10% - Sustitucion	30/07/2018	27/08/2018	28	2,64	70100	350,50	353,93	110,60%
	30/07/2018	27/08/2018	28	2,62	71100	355,50		
	30/07/2018	27/08/2018	28	2,61	71160	355,80		


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

 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

