

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**UTILIZACIÓN DE HUESO TRITURADO DE VACUNO
COMO AGREGADO FINO PARA EL MEJORAMIENTO DE
LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO**

PRESENTADO POR:

BACH. SARAPURA CARRILLO LUIS ALBERTO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

Transporte y urbanismo

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

Huancayo – Perú

2021

Asesor Metodológico
Ing. Janet Yessica, Andia Arias

Asesor Temático
Ing. Javier Reynoso Oscanoa

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico a mi madre, Rosario Susana Carrillo Fernández, ya que mediante sus constantes palabras de aliento y perseverancia me incentivo a que pueda alcanzar este objetivo. Asimismo, a mi padre, hermano y familia, que estuvieron pendientes en este proceso de formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los docentes de la Universidad Peruana Los Andes, a la Facultad de Ingeniería por ser parte de mi formación profesional, y en especial a mis asesores ya que mediante sus conocimientos y experiencias compartidas me motivo a que pueda continuar y culminar el presente trabajo de investigación.



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA DEJA:

CONSTANCIA N° 0033

Que, el (la) bachiller **SARAPURA CARRILLO LUIS ALBERTO** de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, presentó la tesis denominada: **“UTILIZACIÓN DE HUESO TRITURADO DE VACUNO COMO AGREGADO FINO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO”**, la misma que cuenta con **127 Páginas** y que ha sido ingresada por el **SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO** obteniendo el **27 %** de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 04 de febrero del 2022



Santiago Zevallos Salinas

Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

**Dr. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA
DECANO**

**Ing. ALCIDES LUIS FABIAN BRAÑEZ
JURADO**

**Ing. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA
JURADO**

**Ing. DAYANA MARY MONTALVAN SALCEDO
JURADO**

**MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO DOCENTE**

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
CONTENIDO.....	vii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xvi

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del Problema.....	18
1.2 Formulación del Problema.....	22
1.2.1 Problema General	22
1.2.2 Problemas Específicos.....	22
1.3 Justificación	22
1.3.1 Social o Practica.....	23
1.3.2 Científica o Teórica	23
1.3.3 Metodológica	24
1.4 Delimitaciones	24
1.4.1 Espacial.....	25
1.4.2 Temporal	25
1.4.3 Económica.....	25
1.5 Limitaciones.....	26
1.5.1 Temporal	26
1.6 Objetivos.....	26

1.6.1 Objetivo General	26
1.6.2 Objetivos Específicos	26

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes	27
2.2 Marco conceptual.....	36
2.3 Definición de términos.....	68
2.4 Hipótesis	69
2.4.1 Hipótesis General	69
2.4.2 Hipótesis Específicas.....	69
2.5 Variables	69
2.5.1 Definición conceptual de las variables	69
2.5.2 Definición Operacional de las variables	70
1.6.3 Operacionalización de las Variables	71

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Método de investigación.....	72
3.2 Tipo de investigación	72
3.3 Nivel de investigación	73
3.4 Diseño de la investigación.....	74
3.5 Población y muestra.....	75
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	77
3.7 Procesamiento de la información	78
3.8 Técnicas y análisis de datos	96

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Resultados de los ensayos a los agregado fino y grueso	97
--	----

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES	113
--------------------	-----

RECOMENDACIONES	115
-----------------------	-----

ANEXOS	127
--------------	-----

a) La adición de hueso triturado de vacuno como agregado fino en las propiedades en estado fresco del concreto afecta positivamente.	128
---	-----

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1: Composición de un hueso de toro desgrasado y seco	41
Tabla 2: Requisitos de calidad del agua.....	46
Tabla 3: Cantidades admisibles máximos de sustancia de agua en el concreto	47
Tabla 4: Granulometría del agregado fino	49
Tabla 5: Límites para sustancias deletéreas en el agregado fino.....	50
Tabla 6: Límites permitidos en pérdida por ataque de sulfatos.	51
Tabla 7: Requisitos granulométricos del agregado grueso.....	52
Tabla 8: Límites para sustancias deletéreas en el agregado grueso.....	53
Tabla 9: Límites permitidos en pérdida por ataque de sulfatos	54
Tabla 10: Resistencias mecánicas de los agregados gruesos	54
Tabla 11: Componentes del cemento	56
Tabla 12: Operacionalización de las variables	70
Tabla 13: Matriz de diseño experimental para estado fresco	73
Tabla 14: Matriz de diseño experimental para estado endurecido	74
Tabla 15: Resumen de ensayos para concreto en estado fresco.....	76
Tabla 16: Resumen de ensayos para concreto en estado endurecido.....	76
Tabla 17: Datos resumen para diseño de mezcla	90
Tabla 18: Cantidad de materiales para 1m ³ con 0%, 5%, 10%,15% de hueso triturado.....	90
Tabla 19: Cantidad de materiales para 24 Probetas con 0%, 5%, 10%,15% de Hueso triturado.....	90
Tabla 20: Peso Específico y Absorción	998

Tabla 21: Peso Unitario Compacto y Peso Unitario Suelto	97
Tabla 22: Contenido de Humedad.....	97
Tabla 23: Exudación del Concreto.....	98
Tabla 24: Ensayo Asentamiento del Concreto Fresco con 0%, 5%, 10%, 15% de Hueso Triturado de vacuno	99
Tabla 25: Resistencia a la Compresión con 0% de Hueso Triturado de Vacuno	100
Tabla 26: Resistencia a la Compresión con 5% de Hueso Triturado de Vacuno	101
Tabla 27: Resistencia a la Compresión con 10% de Hueso Triturado de Vacuno	102
Tabla 28: Resistencia a la Compresión con 15% de Hueso Triturado de Vacuno	103
Tabla 29: Resumen Resultados de Resistencia a la Compresión	104

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1: Producción de cemento – Octubre 2020.....	18
Figura 2: Hueso de Vacuno – Mercado y carnicerías.....	21
Figura 3: Plano de Ubicación y Localización de la zona de estudio.....	24
Figura 4: Curva esfuerzo Vs deformación para los ensayos de flexión, compresión y tracción para huesos compactos	40
Figura 5: Partes de la tibia.	42
Figura 6: Regresión a la resistencia del hueso con respecto al área cortical..	43
Figura 7: Representación de resultados de pruebas de flexión al hueso de ratón	44
Figura 8: Ensayo de asentamiento.....	61
Figura 9: Cilindro de prueba a la compresión	64
Figura 10: Probeta colocada en la máquina de ensayo, para determinar la resistencia a compresión	65
Figura 11: Esfuerzo – Deformación del Concreto	66
Figura 12: Ubicación Cantera de Agregados - Concepción – La Huaycha (S 11°56'32" O 75°19'19")	78
Figura 13: Cantera de Agregados - Concepción – La Huaycha (S 11°56'32" O 75°19'19")	78
Figura 14: Hueso de Vacuno.....	79
Figura 15: Hueso de Vacuno cortado y hervido	80
Figura 16: Hueso de Vacuno cortado y hervido, remojado en agua oxigenada	81
Figura 17: Hueso de Vacuno blanqueado y horneado	81

Figura 18: Ubicación Planta Trituradora - Hualhuas (Carretera Central km.10.00 Primavera).....	82
Figura 19: Hueso de Vacuno primera trituración (10 x 4 cm)	83
Figura 20: Hueso de Vacuno segunda trituración (4 x 4 cm)	83
Figura 21: Hueso de Vacuno tercera trituración, que si pasa por el tamiz 3/8" 84	
Figura 22: Resultado de Asentamiento del Concreto Fresco	99
Figura 23: Columna de Resistencia a la compresión con 0% de Hueso Triturado de Vacuno	100
Figura 24: Columna de Resistencia a la compresión con 5% de Hueso Triturado de Vacuno	101
Figura 25: Columna de Resistencia a la compresión con 10% de Hueso Triturado de Vacuno	102
Figura 26: Columna de Resistencia a la compresión con 15% de Hueso Triturado de Vacuno	103
Figura 27: Resultados Generales.....	104
Figura 28: Resultado de Resistencia a la Compresión a los 3 Días.....	105
Figura 29: Resultado de Resistencia a la Compresión a los 7 Días.....	105
Figura 30: Resultado de Resistencia a la Compresión a los 28 Días.....	106

RESUMEN

El problema general de la presente investigación fue: ¿De qué manera la adición de hueso triturado de vacuno como agregado fino influye en el mejoramiento de las propiedades del concreto?; en consecuencia el objetivo general fue: “Determinar la influencia de la adición de huesos triturados de vacuno como agregado fino en las propiedades del concreto”, de esta forma se adicionará distintos porcentajes de hueso triturado como reemplazo del agregado fino: 5%, 10% y 15%; y la hipótesis general fue: “La adición de hueso triturado de vacuno como agregado fino mejora positivamente las propiedades del concreto” El método del estudio de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue la aplicada y tecnológica, el nivel fue de carácter descriptivo – explicativo, el diseño fue cuasi experimental y el enfoque de investigación fue cuantitativa; que nos permitió describir y explicar los efectos que producirá el hueso triturado como agregado fino en diferentes proporciones sobre las propiedades del concreto en estado fresco y estado endurecido. Asimismo, la población para esta investigación fue el diseño de mezcla de concreto convencional y el diseño de mezcla de concreto con adición de hueso triturado de vacuno como agregado fino. La conclusión final fue, que la utilización del hueso triturado de vacuno como agregado fino es una opción viable, ya que, es un material que al ser incorporado en la mezcla de concreto cumple favorablemente con las propiedades del concreto para un diseño de 210 kg/cm² como son asentamiento, exudación y resistencia a compresión; tanto, en su estado fresco como endurecido.

Palabras clave: Hueso triturado de vacuno; propiedades del concreto en estado fresco; propiedades del concreto en estado endurecido.

ABSTRACT

The properties of concrete maintain a balance when making suitable design mixes, but the addition of new elements always gives us a new opportunity to look for more improvement options in the preparation of concrete; Therefore, the present research study was carried out where the general problem was: In what way does the addition of ground beef bone as a fine aggregate influence the improvement of concrete properties?; consequently the general objective was: "Determine the influence of the addition of crushed beef bones as fine aggregate on the properties of concrete", in this way different percentages of crushed bone will be added as a replacement for fine aggregate: 5%, 10% and 15%; and the general hypothesis was: "The addition of ground beef bone as a fine aggregate positively improves the properties of concrete". The method of the research study was SCIENTIFIC, the type of research was APPLIED AND TECHNOLOGICAL, the level was DESCRIPTIVE - EXPLANATORY, the design was QUASI EXPERIMENTAL and the research approach was QUANTITATIVE; which allowed us to describe and explain the effects that crushed bone will produce as a fine aggregate in different proportions on the properties of concrete in the fresh and hardened state. Likewise, the population for this research was the conventional concrete mix design and the concrete mix design with the addition of ground beef bone as fine aggregate. The final conclusion was that the use of ground beef bone as fine aggregate is a viable option, since it is a material that, when incorporated into the concrete mix, complies favorably with the properties of concrete for a design of 210 kg / cm² such as settlement, bleeding and resistance to compression; both in its fresh and hardened state.

Keywords: Ground beef bone; properties of concrete in fresh condition; properties of concrete in hardened state.

INTRODUCCIÓN

En la investigación titulada “UTILIZACIÓN DE HUESO TRITURADO DE VACUNO COMO AGREGADO FINO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO”, se planteó la utilización de Hueso triturado proveniente del ganado vacuno con la finalidad de poder mejorar las propiedades del concreto tanto en su estado fresco como en su estado endurecido, con el propósito de poder dotarle mejores características al concreto y brindarle las posibles mejoras al hacer uso del hueso triturado de vacuno como reemplazo porcentual del agregado fino. De esta forma se busca poder reutilizar un material que no cuenta en la actualidad con mucha aceptación para ser reciclado, pero con una adecuada forma de reutilización y transformación, se le daría una nueva y buena utilidad al hueso de vacuno.

Para poder desarrollar mejor la investigación se estructuro a base de 5 capítulos los cual se describen a continuación:

Capítulo I, sobre el problema, el planteamiento del problema, la formulación del problema, justificación, delimitaciones, limitaciones, objetivos de la investigación.

Capítulo II, marco teórico, los antecedentes de la investigación, definición de términos, hipótesis y las variables.

Capítulo III, sobre la metodología, el método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información, técnicas y análisis de datos, procedimiento de la investigación.

Capítulo IV, sobre los resultados, se analizó los estados del concreto fresco y concreto endurecido, representando de acuerdo a los resultados obtenidos del diseño de mezcla y la incorporación del hueso triturado de vacuno como agregado fino, resultados que se obtuvieron de los ensayos del asentamiento, exudación y resistencia a la compresión del concreto.

Capítulo V, Se da a conocer los resultados, discusión de los resultados, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

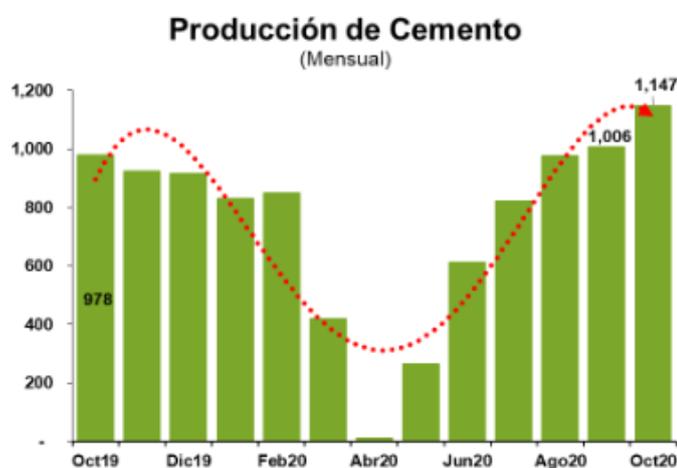
CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática el índice de la Producción del Sector Construcción en el mes de enero 2020 reconoció un aumento de 5,21%, expresado en el desarrollo del avance físico en obras públicas que incremento 86,30%; por su parte, el consumo interno de cemento decreció 0,27%. En los ámbitos nacional, regional y local, las obras públicas mostraron un incremento en el avance físico. Por tipo de obra, Carreteras y puentes, Construcción de edificios, Infraestructura vial, Servicios Básicos y Prevención de Riesgos; se dieron reportes positivos a nivel de gobierno nacional, regional y local; siendo la excepción los Servicios Básicos que se redujo en el ámbito nacional. Debido al aumento del avance físico de obras en 86,30%, el sector construcción progresó 5,21%, sumando 5,41% al total; no obstante, el consumo interno de cemento bajó 0,27% restando 0,25 puntos porcentuales al resultado sectorial. El incremento del progreso físico de obras a nivel nacional fue de 53,19%, a nivel regional de 59,38% y gobierno local de 196,79%. La deducción del consumo interno del cemento correspondió al menor ritmo en obras privadas debido a la casi culminación de proyectos. Vale acotar, que continuaron las obras en proyectos de minería y se iniciaron trabajos de instalaciones de conexiones a gas, ampliación de tiendas por departamento, proyectos hoteleros, talleres mecánicos y obras civiles.

Debido a un incremento en la inversión del Gobierno Local en 196,79%, de 53,19% en el Gobierno Nacional y 59,38% en el Gobierno Regional; se registró un avance físico de obras logrando un incremento de 86,30%. La mayor inversión se registró en la construcción de edificios no residenciales en el ámbito del Gobierno Regional; así mismo, en Junín se dio un aumento de la inversión, con obras de mejoramiento de los servicios de educación primaria de la IE 30155 Francisco Bolognesi, Provincia de Huancayo, distrito de Chilca. Por parte del Gobierno Regional se amplió la inversión para obras de Construcción de Edificios no Residenciales; en el departamento de Junín con el mejoramiento de los servicios de Salud del Hospital de Apoyo Manuel Higa Arakaki ubicado en la Provincia y distrito de Satipo; así como, el mejoramiento de la IE Mariscal Castilla, Provincia de Huancayo, Distrito de El Tambo.



Octubre 2020

Se produjo **1,147 mil TM**

- **17.3%** mayor que octubre 2019.
- **14.1%** mayor que setiembre 2020.

Figura 1: Producción de cemento – Octubre 2020

Fuente: <http://www.asocem.org.pe>

Siendo el sector construcción una actividad de impulso económico para el país, se requiere del manejo y conocimiento adecuado de materiales para las diversas estructuras que se planifiquen o diseñen el cemento es el componente principal del concreto y este a su vez es el material de construcción más usado en el mundo. Su fácil y rápida preparación, su alta eficacia y moldeabilidad casi infinita, hacen del concreto el material ideal para las exigencias contemporáneas.

Poco tiempo después del develamiento del Cemento Portland, se empezaron a investigar los cementos adicionados; sobre todo en lo que concierne a la adición de escoria de alto horno y puzolana. No obstante, en ese lapso la demanda abastecida no fue respaldada su utilización de modo alguno. La necesidad de un incremento en la producción de cemento se da después de las dos guerras mundiales; esto debido, a la reconstrucción de Europa que fue devastada y a la crisis del petróleo de 1973 en el que es de vital importancia el ahorro de energía; resultó ser una gran ventaja en el rubro los cementos adicionales; dado que, la adición no es calcinada y se genera un ahorro de combustible considerable. Se empieza a dar prioridad al cuidado del medio ambiente donde el menor uso de combustibles resulta en menor contaminación; por ende, con los cementos adicionados se consigue la reducción de la huella de carbono atribuida a la fabricación del cemento; asimismo, el uso de pasivos industriales que atentan contra el ambiente. No menos importante y siendo una mejoría adicional, los concretos con cementos adicionados presentan ciertas ventajas tecnológicas a diferencia de las tradicionales; básicamente a resistencias mayores a largo plazo y mayor durabilidad, esto gracias a la impermeabilidad y a las adiciones.

Teniendo en cuenta estas ventajas, los cementos adicionados son usados en todo el mundo de manera muy extendida (alrededor del 85%). En el Perú se elaboran más tipos y mayores volúmenes en las plantas de cemento **(Biondi, 2016, p.66-69).**

Teniendo conocimiento que el componente principal del cemento es el óxido de calcio y que se encuentra en minerales como la calcita, rocas calizas, en los seres vivos, como las esponjas, corales ,cascara de huevo, esqueletos de animales ,y al observar estudios de funcionamiento y propiedades físico-mecánicas del hueso, este es identificado como un material apropiado para incluir dentro de la mezcla de concreto, la resistencia y propiedades físico-mecánicas, del tejido óseo abren un umbral de posibilidades para su utilización dentro del concreto el cual nos permitirá obtener concreto con mayor resistencia, reducir costos de fabricación y disminuir emisiones. El tejido óseo es apto para ser utilizado de diferentes formas, dentro de la mezcla con un tratamiento previo. Puede ser uesto calcinado, triturado fino o grueso tiene propiedades físicas muy similares a las del cemento. En Huancayo el abastecimiento de carne de ganado vacuno se da por la matanza de ganado en 2 camales oficiales camal de Chupaca y camal de Auray el consumo per cápita en Huancayo es 5.5 kg por persona, el ganado vacuno tiene un peso aprox. De 500 kg. Del cual el 15 % es osamenta que será recuperado y tratado para la adición al concreto.



Figura 2: Hueso de vacuno – Mercado y carnicería

Fuente: Fotografías propias

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

¿Cómo influye la utilización de hueso triturado de vacuno como agregado fino para el mejoramiento de las propiedades del concreto?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cómo influye la adición de hueso triturado de vacuno como agregado fino en las propiedades en estado fresco del concreto?
- ¿Cómo influye la adición de hueso triturado de vacuno como agregado fino en las propiedades en estado endurecido del concreto?

1.3 Justificación

1.3.1 Social o Practica

La presente investigación busca la utilización de una nueva materia prima como opción de agregado fino en el diseño de mezcla del concreto; en la actualidad se busca nuevos materiales que permitan obtener resultados positivos en cuanto a las propiedades físicas y mecánicas del concreto, como, por ejemplo; ladrillos, adobes, bloquetas, entre otros; utilizando variantes como vidrios, plásticos, residuos orgánicos; en un gran porcentaje provenientes del reciclaje. Para esta investigación la nueva propuesta es el hueso de vacuno, que será triturado y luego molido hasta alcanzar las características de un agregado fino. A través, de ello, se contribuye con el reciclaje de materia orgánica que afecta nuestra sociedad ya que en un gran porcentaje sólo es arrojado como desechos sólidos, generando así focos de contaminación; por consiguiente, su utilización aporta en la sostenibilidad ambiental y también promueve la venta total del vacuno, lo cual es generación de nuevos ingresos económicos para los vendedores de productos cárnicos. Por otro lado, el hueso posee una composición química adecuada y propiedades mecánicas muy acordes a lo que se busca, para ser una buena opción como agregado en una mezcla de diseño de concreto.

1.3.2 Científica o Teórica

En la presente investigación y como búsqueda de poder ampliar nuevos conocimientos acerca de la utilización del hueso de vacuno triturado, se llegó a la forma de poder emplearlo en la elaboración de concreto, específicamente realizando una sustitución porcentual de agregado fino natural por un agregado triturado de hueso de vacuno, se pudo obtener un concreto con las mejores propiedades posibles en su estado fresco (asentamiento, exudación) y estado endurecido (resistencia a la compresión).

1.3.3 Metodológica

En esta investigación se desarrollará una metodología que permita utilizar el hueso triturado de vacuno como una nueva opción para ser usado como reemplazo en distintas proporciones del agregado fino, en el diseño de mezcla del concreto. Par ello el hueso pasara por los siguientes procesos: hervido, limpieza, blanqueado, triturado y molido. Para luego pasar por un proceso de evaluación a través de la granulometría y cumpla con pasar el tamiz de 3/8" y sea utilizado en proporciones de 5, 10 y 15%, como agregado fino en el diseño de mezcla del concreto. El hueso al ser un elemento orgánico que tiene en su composición gran cantidad de minerales sobretodo el calcio, así como ser resistente en su estado normal, es una opción viable debido a sus características físicas y mecánicas para ser usada como agregado fino en las proporciones dadas.

1.4 Delimitaciones

1.4.1 Espacial

La presente investigación se desarrolló en la región Junín, en la provincia de Huancayo y el distrito de Huancayo, donde a la vez se realizó los ensayos respectivos a fines a la investigación en un laboratorio ubicado en la misma provincia de Huancayo.

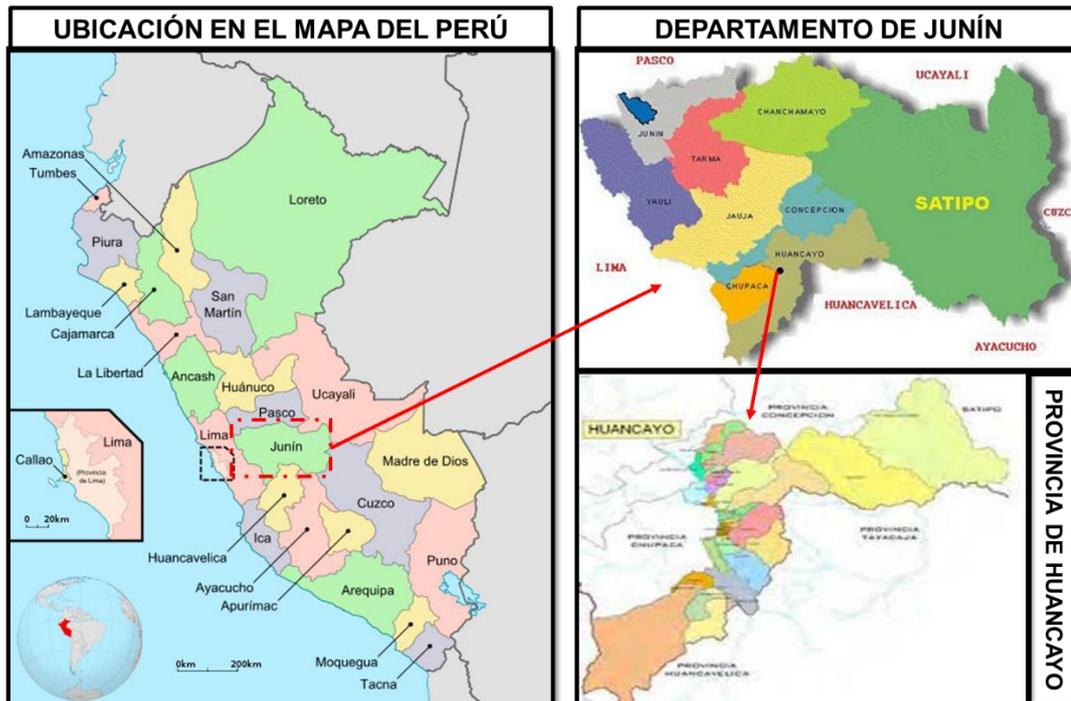


Figura 1: Plano de Ubicación y Localización de la zona de estudio

Fuente: Elaboración Propia

1.4.2 Temporal

El proceso de investigación se ejecutó entre los meses de junio a setiembre del año 2020.

1.4.3 Económica

En lo que respecta al presupuesto de la investigación fue cubierto únicamente y en su totalidad por el investigador.

1.5 Limitaciones

1.5.1 Temporal

El desarrollo de la presente investigación se realizó durante la coyuntura de la pandemia mundial de la COVID-19, por lo que retraso la obtención de huesos de vacuno necesarios; esto debido, a que los mercados y centros de abastos de productos cárnicos estuvieron cerrados temporalmente o las mismas ventas disminuyeron notablemente por la baja afluencia de público consumidor.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Demostrar cómo influye la utilización de hueso triturado de vacuno como agregado fino para el mejoramiento de las propiedades del concreto.

1.6.2 Objetivos Específicos

Evidenciar como influye la adición de hueso triturado de vacuno como agregado fino en las propiedades en estado fresco del concreto.

Evidenciar como influye la adición de hueso triturado de vacuno como agregado fino en las propiedades en estado endurecido del concreto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Internacionales

Ardila y Echeverry (2018) realizaron su trabajo de grado “**Modificación del diseño de mezcla del concreto convencional a partir del uso del hueso triturado como agregado grueso para ensayos de resistencia a la compresión**”; con el **objetivo** de analizar el comportamiento de una mezcla de concreto convencional transformando su diseño con hueso de res triturado como agregado grueso, mediante ensayos mecánicos que permitan apreciar su viabilidad como un posible material de reemplazo. Para el desarrollo de la investigación se utilizó la siguiente **metodología**, basada en una investigación experimental que consistió en el uso de la tibia de vacuno, que paso por un proceso de limpieza y blanqueamiento hasta ser triturado estableciéndose un rango de tamaño entre 1 pulgada y 4,75 mm. Se desarrollaron dos tipos de diseños; el primero corresponde a un diseño de mezcla convencional el que permitirá hacer un comparativo; mientras que el segundo diseño se realizó con el agregado grueso de reemplazo (hueso triturado) al 10%, 20% y 30%, para su evaluación en los cilindros; con la finalidad de obtener los resultados de resistencia a compresión. Los **resultados** obtenidos son los siguientes; a la edad de 7 días de cilindros con concreto modificado en un 10% de hueso triturado se visualiza la reducción de los pesos

haciendo un comparativo con los cilindros convencionales; obteniendo diferencias entre los 3,4 y 3,7 kg respectivamente. En los extremos de los cilindros se producen básicamente los tipos de fallas. Para cilindros de concreto modificado con 10% de hueso triturado con una edad de 14 días; mostraron fallas de tipo 4 y 2, siendo estas fracturas diagonales a lo largo del cilindro; vale decir, que el concretó supero el 90% de la resistencia de diseño. Por último, con una edad de 28 días de cilindros de concreto modificado con 10% de hueso triturado, se alcanzó una resistencia de 21Mpa en el 100% de cilindros. Se llegó a las siguientes **conclusiones**, Con un 10% de hueso triturado en la modificación de la mezcla del concreto, se obtuvieron buenos resultados; del mismo modo, si la rugosidad de los huesos triturados se pudiera mejorar, esto afectaría de manera positiva la resistencia del concreto, esto gracias a un comportamiento más homogéneo.

Changoluisa y Oña (2018) realizaron su **proyecto de investigación “Diseño de hormigón biocompuesto a partir de residuos de osamentas de animales”**; con el **objetivo** de “diseñar un hormigón biocompuesto a partir de residuos de osamentas de animales de 21 Mpa. Se estableció una **metodología** basada en una investigación experimental donde para la evaluación se fabricaron 9 cilindros de hormigón sin inclusión de hueso y 9 cilindros para cada reemplazo parcial de arena por hueso triturado, sumando un total de 63 cilindros de hormigón, para que posteriormente sean motivo de ensayo y se analice su resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días, ensayando 3 cilindros diarios por cada edad, lo que nos permite obtener

valores de resistencia y determinar la influencia de cada porcentaje de hueso triturado en la resistencia a la compresión del hormigón. Los **resultados** mostraron lo siguiente; en la mezcla con inclusión del 5% de hueso triturado a los 7 días, se observó que la resistencia a la compresión es de 14.7 Mpa que corresponde al 70% de la resistencia requerida a los 28 días que es de 21 Mpa, valor que también se encuentra dentro del porcentaje de aceptabilidad de resistencia (65%-75%); por otro lado, los ensayos a compresión por 14 días, muestran que la mezcla con inclusión del 5% de hueso triturado alcanzó una resistencia de 17.1 Mpa que corresponde al 82% de la resistencia requerida a los 28 días valor. Que también se encuentra dentro del porcentaje de aceptabilidad de resistencia (75%-85%); por último, para los ensayos a compresión a los 28 días, en la muestra número 2 (adición de 5% de hueso triturado) se pudo observar que la resistencia fue de 21.4Mpa correspondiente al 102% de la resistencia requerida, superándola en 2% al porcentaje de aceptabilidad. Se dieron las siguientes **conclusiones**; el hormigón con adición del 5% de hueso triturado es 0,21% es más ligero que el hormigón convencional, esto debido a que el hueso es menos denso que la arena; asimismo, a partir de los resultados del análisis se pudo determinar que en porcentajes menores o iguales al 5% de hueso, la resistencia a los 28 días podría ser inclusive mayor a la de la muestra mayor, esto debido a que el hueso presenta un buen comportamiento mecánico al ser sometido a cargas de compresión, y con el paso del tiempo aumenta la adherencia entre la pasta y las partículas del hueso en pequeños porcentajes.

También se concluye que al utilizar hormigón elaborado con hueso triturado se puede reducir la generación per cápita de residuos del país donde se desarrolló la investigación que es de 0.99kg/día, disminuyendo los índices de impacto ambiental, ayudando de esta manera al desarrollo sostenible”.

Mora (2018) realizó un artículo de investigación “Tejido óseo, nueva alternativa en agregados para el concreto”; con el **objetivo** de “incluir dentro de la mezcla del mortero el tejido óseo como agregado luego de haber observado la resistencia y propiedades físico mecánicas del mismo abriendo un comienzo de posibilidades para su utilización dentro del concreto. Se estableció una **metodología** de acuerdo a la resistencia y propiedades físico-mecánicas, del tejido óseo abriendo un umbral de opciones para su utilización dentro del concreto, que procesado por medio de la calcinación muestra una alternativa para ser adjuntado en la pasta de cemento. Los **resultados** mostraron lo siguiente; con un 10% de hueso calcinado las pruebas a compresión muestran un incremento en la resistencia de las muestras con hueso a 1200°C incinerado por una hora, superando la resistencia en los tres tiempos de la pasta pura, evidenciando que a mayor tiempo de hidratación menor la diferencia de resistencia entre los dos tipos de pasta. Para un 15% de hueso calcinado como reemplazo del cemento puro, se demostró que el hueso tratado a 1200°C por una hora, para los 7 y 14 días de hidratación se muestra un incremento en la resistencia sobre la pasta de cemento convencional; no obstante, a los 28 días su resistencia se reduce de una manera drástica. Finalmente;

al modificarse el cemento por hueso calcinado en 20%; para unos 7 días a una temperatura de 600°C por una y dos horas; muestran una mayor resistencia que la pasta convencional de cemento. Se dieron las siguientes **conclusiones**; si es posible el uso de hueso incorporado en la mezcla de concreto como agregado fino, grueso o parte del material cementante; previo a ello debe tener un tratamiento previo a su utilización; básicamente para la eliminación de elementos orgánicos. Respecto a las propiedades físicas del hueso calcinado a 1200°C que tienen semejanza a las del cemento portland e incluso siendo superior en alguna de sus virtudes, lo que lo hace un material adecuado para reemplazar parcialmente al material cementante dentro de la mezcla y brinde factores favorables, es en cuanto a su economía y resistencia. También, el hueso calcinado dentro de la pasta de cemento otorga un aporte para la conservación de los recursos hídricos, esto debido, a que requiere un 3,08% menos de agua que la pasta convencional”.

2.1.2 Nacionales

Gálvez (2018) realizó su tesis “Influencia de los huesos calcinados por arena, módulo de finura y relación cemento: arena sobre la resistencia a la compresión, densidad y capilaridad durante la elaboración de morteros modificados”; con el **objetivo** de “determinar y evaluar la influencia de los huesos calcinados por arena, módulo de finura y relación cemento: arena sobre la resistencia a la compresión, densidad y capilaridad durante la elaboración de

morteros modificados mediante gráficas. Se estableció una **metodología** basada en un diseño experimental, tipo trifactorial, donde se utilizó arena fina y gruesa según el módulo de finura; también se modificó la dosificación cemento:arena siendo estos 1:3 y 1:6 y el porcentaje de reemplazo del agregado fino por huesos calcinados molidos de 10%, 20%, 30%, 40% y 50%. Los residuos de hueso serán calcinados a una temperatura de 750°C. Posteriormente serán molidos hasta alcanzar el módulo de finura correspondiente a los agregados finos; donde se empleó 3 réplicas por cada diseño de mezcla evaluándose el porcentaje de capilaridad, densidad y la influencia de la resistencia a compresión del mortero de enlucidos y asentados para muros de albañilería. De la investigación se obtuvo los siguientes **resultados**; respecto al ensayo de resistencia a compresión para un mortero de 28 días, en cuanto a la microestructura hay tres factores que influyen directamente en la resistencia del mortero: módulo de finura, porosidad y heterogeneidades, el reemplazo de huesos calcinados otorga grandes beneficios a la mezcla no sólo por su módulo de finura sino también por sus propiedades cementantes. Al momento que se reemplazó el porcentaje de huesos calcinados a un 10% se obtuvo una resistencia de 228 kg/cm² y 296 kg/cm², demostrando que es mayor a su resistencia patrón con un valor de 174 kg/cm² y 259 kg/cm² respectivamente. Para 20% dio una resistencia de 283 kg/cm² y 372 kg/cm² siendo este el pico más alto; por su parte para un reemplazo al 30% se dieron resistencias de 244 kg/cm² y 337 kg/cm² y a un 40% con una resistencia de 167 kg/cm² y 320 kg/cm² su

resistencia es baja, pero sigue siendo mayor a la del mortero patrón. Al seguir aumentando a un 50% la resistencia es menor al patrón, esto debido a que si se aumenta el porcentaje de hueso calcinado también aumenta la Hidroxiapatita por lo que tiende a aparecer más poros causando que baje significativamente la resistencia del mortero. De la investigación se llegó a las siguientes **conclusiones**; luego de la evaluación de las caracterizaciones físicas para los agregados finos sobre sus propiedades físicas y mecánicas; concluyéndose que brinda mejoras en cuanto a resistencia a compresión, densidad y capilaridad, sin embargo, se pierde trabajabilidad al agregar en mayor cantidad los huesos calcinados. Al reemplazar con huesos calcinados en porcentajes de 10 y 20% respectivamente se muestra un incremento de resistencia a compresión, a partir del 30% empieza a disminuir la resistencia; obteniendo su mayor resistencia al 20% de reemplazo a los agregados finos, estando con la relación 1:3 obteniendo valores de 283kg/cm^2 y 372kg/cm^2 respectivamente”.

Durand (2017) realizó su tesis “Influencia del óxido de calcio en la trabajabilidad, fraguado, compresión, densidad, porosidad y absorción del concreto para elementos estructurales, Trujillo 2017”; con el **objetivo** de evaluar la influencia del óxido de calcio en la trabajabilidad, fraguado, compresión, densidad, porosidad y absorción del concreto para elementos estructurales en Trujillo. La **metodología** utilizada se fundamentó en la experimentación cuasi experimental teniendo como propósito el siguiente; para la investigación las muestras fueron incorporadas bajo los criterios otorgados por el ACI; por

consiguiente, se elaboró 3 probetas por nivel de estudio y por variable, para ensayos en estado fresco se elaboró 720kg de mezcla de concreto y para estado endurecido 96 probetas cilíndricas de concreto. Se realizó procesos de recolección, precalcinación, tamizado, molienda y calcinación de los huesos de bovino, con el fin de obtener óxido de calcio. Por otro lado, se elaboró 22kg de concreto de acuerdo al diseño de mezcla para la elaboración de probetas; asimismo, en proporción 0,2% del peso del cemento se incorporó superplastificante, siendo este constante. Con respecto al volumen total las adiciones de dióxido de calcio se hicieron en porcentajes (0%,1%,2%,3%,4%,5% y 6%). Los **resultados** de la presente investigación arrojaron los siguientes datos; se muestra un aumento entre 10 y 26% del $f'c$ de diseño respecto a la resistencia a compresión; con la adición del óxido de calcio en porcentajes de 1 y 4%, a partir del 5% la resistencia baja, siendo al 4% la máxima resistencia logrando un $f'c = 353\text{kg/cm}^2$. Al adicionar superplastificante la densidad del concreto crece acorde se le adiciona óxido de calcio en porcentajes de 1 al 4 por ciento, a mayores porcentajes la densidad baja. De igual forma que la resistencia a compresión; si se adiciona óxido de calcio al 4% muestra un incremento de densidad de 6,09% respecto al patrón (2370kg/m^3). Se **concluye** que los resultados conseguidos definen que el porcentaje recomendado es al 4% de óxido de calcio para optimizar las propiedades del concreto en estado fresco-endurecido. Este ejercicio reduce la relación agua/cemento de 0.44. También, económicamente el concreto con adición de óxido de calcio extraído a partir de cenizas

de residuos óseos de ganado bovino comparado con un concreto adicionado con microsílíce Rheomac SF100 es más económico, logrando un ahorro de S/ 154.50 por metro cúbico.

Valero (2015) realizó su tesis “Influencia de las fibras de polipropileno en la fisuración asociadas a la retracción plástica en pavimentos de concreto, Huancayo 2014”; con el **objetivo** de determinar la influencia de las fibras de polipropileno para controlar las fisuras asociadas a la retracción plástica en pavimentos de concreto. Se estableció una **metodología** basada en una investigación de carácter experimental, donde se realizó ensayos comparativos entre un concreto patrón sin fibras y otros concretos con diferentes proporciones de fibras de polipropileno. El tamaño de las fibras adicionadas fue de 19mm y 50mm, en proporciones de 400, 900 y 1500 gramos de fibra por metro cúbico de concreto, dejando un total de siete muestras. El diseño de mezcla fue para los 28 días con una resistencia de 210 kg/cm². Para cada muestra, los ensayos realizados fueron: asentamiento, exudación y temperatura del concreto. Los **resultados** son los siguientes; para el asentamiento se registró en los ensayos una pérdida según aumentaba la dosis de fibra con relación al concreto patrón siendo la variación porcentual de 90%, 80% y 60%, con fibras de polipropileno de 19mm en proporciones de 400, 900 y 1500 gr/m³ con asentamientos de 4 ½”, 4” y 3” respectivamente. Por otro lado, para fibras de 50mm con las dosis de 400, 900 y 1500 gr/m³ se obtuvo asentamientos de 4 ½”, 3 ¾” y 2 ¾” respectivamente. Con respecto al ensayo de temperatura del concreto se muestran resultados donde las

fibras de polipropileno no influyen en dicha propiedad. Finalmente, para el ensayo de exudación se registra una disminución; para fibras de 19mm en las proporciones de 400, 900 y 1500 gr/m³ se generan decrementos del 3.0%, 29.6% y 50.3% respectivamente; mientras que, para concretos con fibras de 50mm en las proporciones de 400, 900 y 1500 gr/m³ se generan decrementos de 6.6%, 32.3% y 58.1% respectivamente. De la investigación se **concluye** que la utilización de fibras de polipropileno en las mezclas de concreto altera su consistencia medida a través del asentamiento logrando que influya en la trabajabilidad del concreto al momento de su colocación. Por otro lado, la exudación del concreto está sujeta al problema de la fisuración por retracción plástica, dado que la utilización de fibras de polipropileno genera descensos del volumen de agua exudada respecto a la muestra patrón; por consiguiente, el concreto retiene más agua debido a las reducciones y así se hidrata de manera uniforme, asimismo, la retracción en este estado obedece básicamente a la pérdida de agua por evaporación con respecto al contenido inicial de agua del concreto.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 El Hueso

Características del hueso

“La Hidroxiapatita es un mineral compuesto de fosfato de calcio cristalino ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$), el cual se encuentra en proporciones de 60 – 70% en el hueso, en un estado seco; debido a esto, se deduce que alcanza

hasta un 99% de depósito de calcio, y un 80% de fósforo total. Asumiendo que la resistencia a la compresión sea una característica principal del hueso” **(Michael, 2007)**.

El colágeno que ocupa un 30%, otorga gran resistencia al hueso en la tracción, donde el punto de rotura a los tendones soportando cientos de kilogramos por centímetro cuadrado; por otro lado, el colágeno tiene otras características favorables dependiendo su tipo, las cuales son el fortalecimiento de los huesos, uñas y articulaciones. Y el otro porcentaje restante está compuesto por agua (10 – 20%) **(Anónimo, CoDeco nutriline, s.f.)**. A nivel macroscópico de la estructura ósea, la diáfisis se convierte en su mayor componente estando la mayor parte en los huesos largos; estos huesos ofrecen estructura, movilidad y resistencia. **(Silverstein, Moeller y Hutchinson, 2011)**, resistencia a la compresión entre 107,5 y 150 Mpa como última. **(Mendoza, 1998)**. “Los valores mostrados pertenecen al 60% de la resistencia total. La porosidad es una de las tipologías biomecánicas del hueso compacto (5 y 30%), la cual influye en la resistencia del hueso positivamente; debido a que, el hueso cortical es más compacto que un hueso trabecular” **(Caeiro, 2013)**.

“La humanidad en sus inicios tenía a la utilización de los huesos en la construcción como un material primario; debido, a que era un material abundante. Los Neandertales utilizaban los huesos de mamut para construir sus refugios de forma prolongada; esto debido a que parte de los huesos utilizados presentaban tallas decorativas y algunos pigmentos añadidos” **(Esperante, 2010)**. “En la antigua ciudad de Iberia se manipulaban los

huesos de caballo para la construcción de osarios de oración, para ello se utilizaban los huesos más largos como húmeros, tibias, fémures y radios. La construcción en la época prehistórica trajo una demanda en este campo siendo el mortero una de sus creaciones, que inicialmente estaba compuesta por ceniza y restos óseos; pero luego, y a través de nuevas técnicas se optimizó con la aplicación de otros componentes; tales como, el asfalto, los huesos, pigmentos, barro, entre otros; dichas mezclas servían para la construcción de muros, pavimentos, megalitos y suelos. Al tener presencia los restos orgánicos en las actividades de las civilizaciones admite la verificación de su uso en los lugares donde se ha hallado dicha notoriedad” **(Rodríguez, s.f.)**.

Propiedades Mecánicas

Es de conocimiento que el hueso tiene como función otorgarle forma al cuerpo, conceder el movimiento y darles protección a los órganos principales **(Aguinaga, 2013)**, otra función importante es la de dar resistencia que permita darle soporte a todo el cuerpo; ya que cuando se realiza movimientos como caminar, correr, golpear y ejercitarse, el hueso recibe una fuerza que debe resistir y/o superar; esto debido a que, se podría originar una fisura o peor aún una fractura en el sistema óseo.

Una razón grande por la que se recomienda hacer ejercicios de manera constante, es la de lograr el aumento de la densidad de los huesos; por ende, se neutralizarían los efectos nocivos para la salud; como por ejemplo la osteoporosis que según **(semFYC, 2014, p.9)** es una enfermedad del hueso

que tiene como característica principal una menor resistencia del mismo; debido a una carencia en la densidad mineral ósea ocasionando una alteración en la micro arquitectura del hueso. Esta característica conlleva a una mayor fragilidad y predisposición a sufrir graves fracturas al más mínimo traumatismo.

La calidad del hueso es de 20%, mientras que la resistencia biomecánica un 80%. **(Caeiro, Gonzales y Guede, 2013)**. “Un estudio realizado en la Universidad Camilo José Cela de España, se investigó sobre el efecto del índice de rigidez del hueso, donde la muestra fue de 122 maratonistas, 81 corredores de media maratón y un grupo de personas sedentarias. Esto conlleva a resultados donde se reflejaba que las personas que frecuentaban correr el índice de rigidez era superior al de las personas sedentarias; por ende, la resistencia del hueso se debía a que poseían una densidad mayor” **(SINC, 2016)**.

Las propiedades mecánicas del hueso se han probado en distintos estudios; dejando como pruebas adecuadas a la tracción, flexión y compresión; para describir el comportamiento de los huesos sobre las fuerzas actuantes. Dependiendo el tipo de hueso, su comportamiento varía; debido a que la dependiente composición genera una mayor elasticidad. Los huesos esponjosos tienen menor elasticidad que el hueso compacto o cortical; por otro lado, los huesos compactos tienen menor plasticidad a diferencia de los huesos esponjosos; esto los favorece en la resistencia a la deformación **(Sanzana, 2004)**.

“Los huesos esponjosos o trabeculares poseen menor módulo de elasticidad que los huesos corticales; teniendo en cuenta de que el hueso no es totalmente perfecto esto en base a la desviación de los resultados. El hueso trabecular aunque posee un módulo de elasticidad bajo, esta propiedad es mayor buscando que las deformaciones sean altas antes del punto máximo de rotura. Todas las propiedades se ejecutan con muestras que unen los distintos niveles de composición del hueso; vale decir, nanoestructura conformada por fibras y moléculas de colágeno y los componentes minerales, hasta la macroestructura compuesta del hueso”. **(Caeiro, Gonzales y Guede, 2013).**

Resistencia a la Tracción del hueso

La resistencia que posee el hueso es parecida a la que presenta el hierro, teniendo como factor providencial que es más flexible y ligero, esto gracias al colágeno como fuente principal; obteniendo una magnitud con variaciones entre 78 y 151 Mpa. **(Sanzana, 2004)**. Otros valores que se han encontrado en los huesos corticales en pruebas de laboratorio muestran variaciones entre 107 y 170 Mpa **(Caeiro, Gonzales y Guede, 2013)** y otras fuentes que muestran valores de 76,6 Mpa **(Mendoza, 1998)**.

Resistencia a la Flexión del hueso

La longitud y la forma son factores que están ligados a la resistencia a flexión; a mayor cantidad de tejido ósea a lo largo del eje neutro mostrará una mayor resistencia cuando el hueso flecta **(Voegeli, 2001)**. Se dieron

valores de 90,4 Mpa (**Mendoza, 1998**) y de 103 Mpa (**Caeiro, Gonzales y Guede, 2013**).

Resistencia a la Compresión del hueso

Los resultados son variados para la resistencia a compresión del hueso, esto debido que algunos valores son de ensayos sobre hueso trabecular o esponjoso con valores de 1,5 Mpa y 10 Mpa; mientras que para huesos corticales se tiene valores de 131 Mpa y 224 Mpa (**Sanzana, 2004**). Para huesos corticales en la búsqueda de la resistencia a compresión se encontraron valores que se encuentran en el rango de 107,5 Mpa (**Mendoza, 1998**).

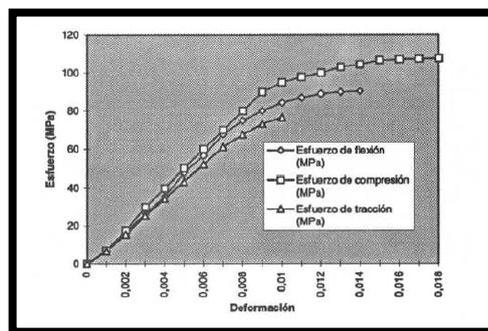


Figura 4: Curva esfuerzo Vs deformación para los ensayos de flexión, compresión y tracción para huesos compactos

Fuente: Mendoza, 1998

La figura muestra ensayos de flexión, compresión y tracción en huesos compactos de humanos, siendo estos huesos tanto de mujeres como de hombres de nacionalidad colombiana. “Para la resistencia a la compresión del hueso se refleja valores superiores en los ensayos; siendo

su trato de mayor deformación después de la rotura. Los ensayos se acercan a la ley de Hooke; no obstante, para los ensayos de flexión y tracción no se observa la parte plástica del hueso antes de la falla a los 90 y 76 Mpa respectivamente. Por otro lado, la pendiente de curva se proyecta de forma análoga esto debido a que los tres ensayos se realizaron sobre un mismo material” (Hueso cortical o compacto) **(Mendoza, 1998)**.

Hueso para Investigación

Las características físicas y la composición osteológica del hueso (Bovino), sirven para la clasificación del hueso que se usara como reemplazo del agregado fino del concreto. Por medio de las características físicas, los huesos más adecuados son los llamados largos, que presentan forma cilíndrica y predomina la longitud sobre el ancho **(Fioretti [et al.], 2011)**, estos tejidos óseos proporcionan resistencia debido al soporte del bovino **(Aguinaga, 2018)**, estructura y movilidad **(MedLine Plus, 2017)**.

Tabla 1: Composición de un hueso de toro desgrasado y seco

Nutriente	Porcentaje
Colágeno (gelatina)	33,30
Fosfato de cal	57,35
Carbonato de cal	3,85
Fosfato magnésico	2,05
Carbonato y cloruros sódicos	3,45
Total	100,00

Fuente: Sisson y Grossman, 1999

Debido a que es mínima la cantidad de vacíos o espacios entre las fibras que conforman el hueso compacto, este se convierte en el indicado. Estos se disponen en forma laminar y concéntrica (Referido a la composición molecular). **(Atlas de histología vegetal y animal, 2016)**.

“Los huesos largos se componen por un 20% de hueso esponjoso y 80% de hueso compacto” **(Sánchez, 2016)**, “el menor porcentaje se ubica en las epífisis mientras que la parte compacta en la diáfisis. Como hueso largo y voluminoso se la clasifica a la tibia” **(Gloobe, 1989)**, situado en las extremidades posteriores de los bovinos. La tibia al ser un hueso largo y compacto, serviría como material de reemplazo en la mezcla del concreto como agregado fino, siendo la finalidad de este otorgar resistencia por su composición osteológica; así como se da en los humanos y animales.

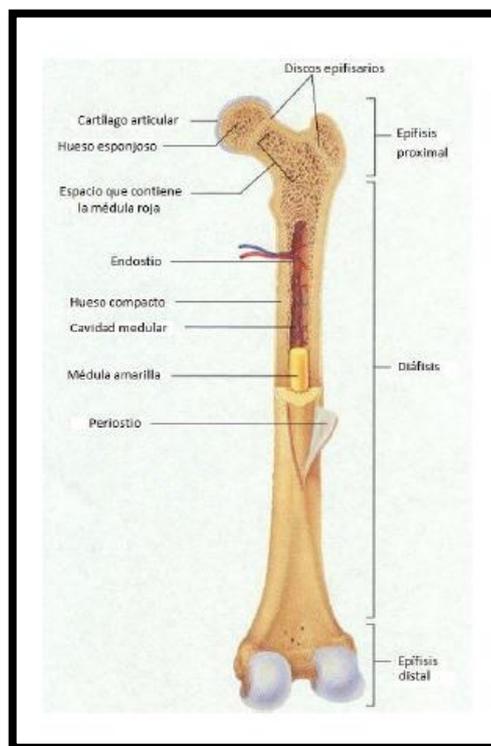


Figura 5: Partes de la tibia
Fuente: Ardila y Echeverry, 2018

Propiedades mecánicas del hueso de la Tibia

Diferentes artículos científicos describen al comportamiento de la tibia de una forma adecuada en cuanto a sus propiedades mecánicas, a través de ciertos ensayos mecánicos (Prueba de impacto, Flexión, Compresión).

- **Resistencia al impacto:** Se utilizó el Ensayo de Charpy, “para la prueba se utilizó la tibia procedente un perro. El ensayo está conformado de un péndulo con un martillo que golpea una probeta con el material que se quiere estudiar; a través de ello se encuentra la energía absorbida antes de la ruptura” (**Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2011**). Se usaron 30 muestras en este ensayo de Charpy y fallaron respectivamente. Para las 30 muestras se obtuvo un valor promedio de 11,57J (**Fioretti [et al.], 2013**). Distintos metales fueron expuestos a condiciones atmosféricas para determinar la incidencia de la corrosión de dicho material en la tenacidad de estos, los cuales son comparables con los resultados de Charpy del hueso. Para el acero, la tenacidad oscila entre 63J – 65J, el bronce entre 15J – 22J, mientras que para el aluminio oscila entre 44J – 59J.

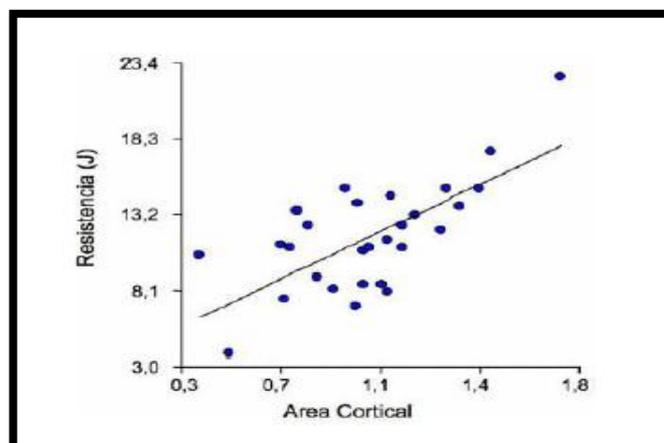


Figura 6: Regresión a la resistencia del hueso con respecto al área cortical
Fuente: Fioretti [et al.], 2013

La gráfica muestra los resultados de la resistencia de la tibia del perro sometido a la prueba de impacto y la línea de regresión con la cual se obtuvo una correlación $r = 0,7$.

- **Resistencia a la flexión:** Se utilizó la tibia de 10 muestras de ratones machos para la prueba de resistencia a la flexión; estos huesos poseían aproximadamente 17,5 mm de longitud. “Se redondeó los soportes para evitar la falla por corte; por otro lado, para la presión de la carga se empleó sobre el punto central de diáfisis, a una velocidad de 0,155 mm/sec. Para el ensayo se aplicó 21,1N de magnitud de fuerza máxima como el promedio de falla; y un módulo de elasticidad de 3,75 Gpa”. (TJämsä [et al.], 1998).

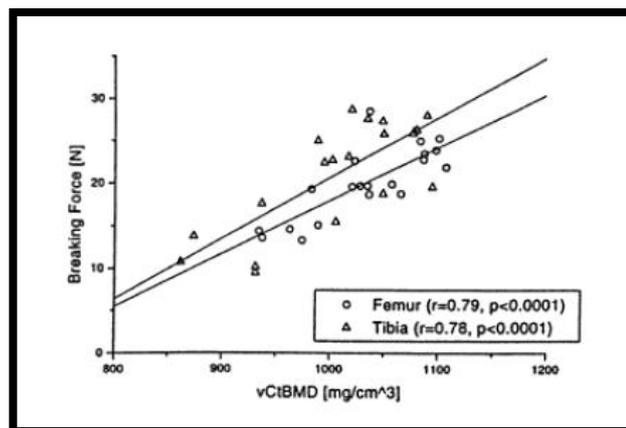


Figura 7: Representación de resultados de pruebas de flexión al hueso de ratón

Fuente: TJämsä [et al.], 1998

La gráfica muestra una comparación que hicieron los investigadores del artículo entre el fémur y el hueso de la tibia de los mismos especímenes. Se identifica una supremacía en la resistencia de la tibia sobre el fémur el cual alcanzó un valor promedio de 19.9N de fuerza aplicada para la flexión y

un módulo de elasticidad 1,92Gpa. No obstante, la correlación de los resultados es mínimamente mayor a la de la tibia.

- **Resistencia a la compresión:** Como la prueba anterior también se usó huesos que provienen de perros. Para este caso, fueron 30 animales de distintas tallas y edades. Los huesos se prepararon retirando las epífisis y se usó sólo la diáfisis del hueso, dimensionándolos de tal forma que sea igual la relación de altura con el diámetro extraído de la diáfisis. Para el ensayo de resistencia a la compresión el valor promedio obtenido de fuerza ejercida fue de 10,61KN y una deformación media de 1,40 mm (Fioretti [*et al.*], 2016).

2.2.2 Agua

Se define el agua como “un líquido transparente, compuesto de una molécula de oxígeno y dos de Hidrógeno (H₂O), es insípida e inodora en su estado puro, puede contener en disolución sales y gases, en suspensión, polvos y a veces microbios; esto debido, a que no siempre se encuentra en estado puro” (**Absalón y Salas, 2008**). Otra definición es como el componente del mortero; ya que, “al experimentar reacciones químicas el cemento, obtiene propiedades de fragua y endurecimiento formando un sólido único con los agregados, que se encuentran de manera significativa en la elaboración de morteros y/o concretos, mezclas, en el lavado de agregados, riego de concreto y curado” (**Arriola, 2009**).

Tabla 2: Requisitos de calidad del agua

Descripción	Límite Permisible
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Alcalinidad (NaHCO ₃)	Mayor a 7
Sulfatos (Ión SO ₄)	300 ppm
Cloruros (Ión Cl ⁻)	300 ppm

Fuente: ASTM – C1602

Agua de mezclado

“En la producción de mortero o concreto, es posible utilizar cualquier agua natural potabilizada que no contenga sabor u olor marcado; no obstante, ciertas aguas no potables pueden ser las indicadas para este uso, para no tener dudas sobre el agua que se utilizará, los ensayos se harán según la ASTM C191, asegurando que las impurezas en el agua no perturben el tiempo de fraguado del cemento disminuyéndolo o ampliándolo” (Saba, 2006); también se define como “la cantidad de agua por volumen unitario de mortero que necesita el concreto comprendido en ese volumen unitario, consiguiendo una pasta hidratada adecuadamente, donde la fluidez lubrique de manera correcta a los agregados en el momento es que la mezcla se encuentre en estado plástico. A partir de ahí se debe hacer un minucioso control sobre el agua de mezclado al momento de dosificarla” (Arriola, 2009).

Tabla 3: Cantidades admisibles máximos de sustancia de agua en el concreto

Sustancias disueltas	Valor máximo admisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
PH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: Abanto, 1998, p. 21

La norma 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:

- a. Contenido máximo de materia orgánica (expresada en oxígeno consumido): será de 3 mg/l (3 ppm).
- b. Contenido de residuo insoluble: no será mayor de 5 gr/l (5000 ppm).
- c. pH: comprendido entre 5.5 u 8.0.
- d. Contenido de sulfatos (expresado como ion SO_4): será de menor de 0.6 gr/l (600 pm).
- e. Contenido de cloruros (expresada como ion Cl): será menor de un 1 gr/l (1000 ppm).
- f. Contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total - expresada en $NaHCO_3$): será de menor de 1 gr/l (1000 ppm).
- g. Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de fierro (expresado en ion férrico): será de 1 ppm.

“El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados. Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio. Si se utiliza aguas no potables, la calidad del agua, determinada por análisis de laboratorio, deberá ser aprobada por la supervisión” **(NTP:339.088,2014, p.13)**.

Agua de curado

Determina que el principal objetivo del curado es otorgarle al mortero en favor de su desarrollo de sus propiedades, las condiciones idóneas de humedad y temperatura; en base a su característica y composición. Vale decir, para tener un mortero de buena calidad es necesario el curado.

2.2.4 Agregados

“Es un grupo de partículas de origen artificial o natural, donde sus tamaños están determinados entre los límites sujetos por la norma, son conocidos también como áridos; debido a su composición la clasificación de los agregados se divide en agregados gruesos (piedra chancada y grava) y agregados fino”s (retenido en el tamiz N°4) **(NTP 400.011, 2008)**.

Según **(Rivva, 2000)**; “para el agregado en el concreto sus principales funciones son: un adecuado suministro de relleno a las pastas, proporcionar durabilidad y resistencia a las acciones mecánicas del concreto, y reducir el volumen que es resultado de los procesos de endurecido y fraguado; así como, al calentamiento de la pasta o cambios de humedad y secado. Para los agregados sus características superficiales inciden en la trabajabilidad y la adherencia pasta – cemento, en cuanto a las propiedades de

granulometría de ambos agregados influyen en su economía de mezcla y su densidad, la variación del volumen debido al secado-humedecimiento y costo del concreto incide en el volumen de agregado por unidad de volumen del concreto”.

Clasificación

Los agregados naturales se clasifican en:

- Agregados fino

(NTP: 400.037, 2014, p.6) “Agregado derivado de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg) y queda retenido en el tamiz normalizado 74 μ m (N° 200); cumplirá con los límites determinados en la presente norma”.

Análisis granulométrico

(NTP: 400.037, 2014, p.8) Deberá tener la gradación según los límites:

Tabla 4: Granulometría del agregado fino

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 μ m (No. 30)	25 a 60
300 μ m (No. 50)	05 a 30
150 μ m (No. 100)	0 a 10

Fuente: (NTP: 400.037,2018)

- “El agregado fino no tendrá más de 45 % entre dos mallas consecutivas y su módulo de fineza no será menor de 2,3 ni mayor de 3,1” (NTP: 400.037,2014, p.8).
- “Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, cuando existan estudios que aseguren que el material producirá concreto de la resistencia requerida a satisfacción de las partes” (NTP: 400.037,2014, p.8).
- “En una cantera determinada el módulo de fineza base no debe variar en más de 0.20, siendo éste el valor típico de la cantera. La aprobación de un cambio en el módulo de fineza deberá ser a satisfacción de las partes” (NTP: 400.037,2014, p.8).

Tabla 5: Límites para sustancias deletéreas en el agregado fino

ENSAYO	PORCENTAJE DEL TOTAL DE LAS MUESTRAS (MÁX.)
Terrones de arcilla y partículas	3,0
Material más fino que la normalizada 75µm. (N° 200): concreto sujeto a abrasión	3,0 A
Otros concretos	5,0 A
Carbón y lignito	0.5
Otros concretos	1
Impurezas orgánicas	Al establecer conforme la NTP 400.013, el agregado fino que no exprese presencia nociva de material orgánica; se considerará satisfactorio. Si no se cumpliera con el ensayo anterior, el agregado fino podrá ser utilizado si al establecerse el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia de los morteros (NTP 400.024) la resistencia relativa a los 7 días no es menor del 95%.
A: Se puede aumentar al 5% y 7% los porcentajes de material más fino (malla normalizada 75µm.- N°200) en caso de arena manufacturada, siempre que estén ausentes los limos y arcillas. Existen diversos métodos aprovechables para la caracterización de esos finos; dentro de ellos el de equivalente de arena de la forma ASTM D 2419.	

Fuente: (NTP 400.037, 2014)

Inalterabilidad

El agregado que está expuesto a problemas de congelación y deshielo y que será utilizado en concreto; deberá cumplir con el requisito de resistencia a la desintegración a través de ataques de soluciones saturadas de sulfato de magnesio o sulfato de sodio; así como, los requisitos generales; donde, la pérdida promedio de masa después de cinco ciclos no excederá los valores de la tabla 6. **(NTP: 400.16, 2011)**

Tabla 6: Límites permitidos en pérdida por ataque de sulfatos

AGREGADO FINO	
Si utiliza solución de sulfato de sodio	Si utiliza solución de sulfato de magnesio
10%	15%

Fuente: (NTP: 400.037, 2014)

- Agregado grueso

La NTP 400.037 (2014), “El agregado grueso consistirá en grava, piedra chancada, concreto reciclado, o la combinación de ellos, conforme a los requisitos de esta norma” (p.12).

Podría necesitar precauciones adicionales el agregado grueso reciclado, básicamente en zonas donde existe el fenómeno de deshielo y congelación u otros agentes agresivos como cloruros, sulfatos o materia orgánica. **(NTP 400.037, 2014, p.12)**

Análisis granulométrico

La NTP 400.037 (2014), “El agregado grueso deberá cumplir con los requisitos de la (tabla 5) según los usos especificados” (p.12).

Tabla 7: Requisitos granulométricos del agregado grueso

Número del tamaño del agregado	Tamaño nominal (tamices de abertura cuadrada)	Material que pasa uno de los siguientes tamices (porcentaje en masa)												
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25,0 mm	19,0 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mmv
1	90 mm – 37,5 mm	100	90 - 100		25 - 60		0 - 15		0 - 5					
2	63 mm – 37,5 mm			100	90 - 100	35 - 70	0 - 15		0 - 5					
3	50 mm – 25 mm				100	90 - 100	35 - 70	0 - 15		0 - 5				
357	50 mm – 4,75 mm				100	95 - 100		35 - 70		10 - 30		0 - 5		
4	37,5 mm – 19,0 mm					100	90 - 100	20 - 55	0 - 15		0 - 5			
467	37,5 mm – 4,75 mm					100	95 - 100		35 - 70		10 - 30	0 - 5		
5	25,0 mm – 12,5 mm						100	90 - 100	35 - 70		10 - 30	0 - 5		
56	25,0 mm – 9,5 mm						100	90 - 100	20 - 55	0 - 10	0 - 5			
57	25,0 mm – 4,75 mm						100	95 - 100	40 - 85	10 - 40	0 - 15	0 - 15		
6	19,0 mm – 9,5 mm							100		25 - 60		0 - 10	0 - 5	
67	19,0 mm – 4,75 mm							100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	0 - 5		
7	12,5 mm – 4,75 mm								90 - 100		20 - 55	0 - 10	0 - 5	
8	9,5 mm – 2,36 mm								100	90 - 100	40 - 70	0 - 15	0 - 5	
										100	85 - 100	10 - 30	0 - 10	0 - 5

Fuente: (NTP:400.037, 2018)

Sustancias deletéreas

No deberá ser reactivo (sílice amorfa) el agregado grueso usado en concretos sometidos a la acción de la humedad o contacto con suelos húmedos; esto debido a que, se combinaría químicamente con los álcalis de cemento, por ende, se generaría expansiones excesivas en el concreto y deberá cumplir con los límites establecidos en la Tabla 8. **(ASTM-142, 2015, pp.17)**

Tabla 8: Límites para sustancias deletéreas en el agregado grueso.

ENSAYO	PORCENTAJE DEL TOTAL DE LA MUESTRA (MÁX.)
Terrones de arcilla y partículas friables	5,0
Material más fino que la malla normalizada 75 µm (No. 200)	1,0A
Horsteno (menos de 2.40 de densidad)	5.0B
Carbón y lignito:	0,5
Cuando la apariencia del concreto es importante	
Otros concretos	1,0

A: Para un material libre de limos y arcillas el porcentaje podrá ser aumentado a 1,5%.
B: Para casos de intemperización moderada (concreto en servicio a la intemperie continuamente expuesto a congelación y deshielo en presencia de humedad)

Fuente:(NTP 400.037)

Inalterabilidad

El agregado que está sujeto a problemas de deshielo y congelación y que se usará en concreto, cumplirá con los requisitos obligatorios; asimismo, el requisito de resistencia a la desintegración a través de ataque de soluciones saturadas de sulfato de magnesio o sulfato de sodio; luego

de cinco ciclos la pérdida promedio de masa no excederá los límites de pérdida por ataque de sulfato (Tabla 9). **(NTP 400.037, 2014, p.14)**

Tabla 9: Límites permitidos en pérdida por ataque de sulfatos

AGREGADO GRUESO	
Si utiliza solución de sulfato de sodio	Si utiliza solución de sulfato de magnesio
12%	18%

Fuente: (NTP:400.037, 2014)

Índice de espesor y resistencia mecánica

El agregado grueso usado en concretos de pavimentos y en estructuras de 280 kg/cm² o más cumplirá con los valores especificados siguientes:

- Resistencia mecánica

Las resistencias mecánicas del agregado grueso serán de acuerdo a lo establecido en la Tabla 10. **(ASTM C-131, 2015, pp. 15).**

- Índice de espesor:

El índice de espesor del agregado grueso no superará el 50% en el caso de agregado natural y de 30 para grava triturada (Tabla 10). **(NTP 400.037, 2014, pp. 14)**

Tabla 10: Resistencias mecánicas de los agregados gruesos

MÉTODOS ALTERNATIVOS	NO MAYOR QUE
Abrasión (Método los Ángeles)	50%
Valor de impacto del agregado (VIA)	30%

Fuente: (NTP 400,2014)

2.2.5 Cemento portland

Material aglomerante que posee propiedades de cohesión y adherencia, permitiendo unir fragmentos minerales entre sí, para constituir un conglomerado con durabilidad y resistencia adecuada. **(Arriola, 2009)**

Según la ASTM C150 y la NTP 334.009, el cemento Portland está compuesto básicamente por silicatos de calcio hidráulicos; vale decir, es un cemento hidráulico elaborado mediante la pulverización del Clinker; generalmente contiene una o más de las formas de sulfato de calcio como aditamento durante la molienda; vale decir:

Cemento Portland = Clinker Portland + Yeso.

Una de las propiedades importantes del cemento que deben ser controladas meticulosamente es la finura de sus partículas, esto debido a que la hidratación empieza en la superficie de las partículas de cemento, si las partículas son más finas mayor será el área superficial; por consiguiente, generará como resultado un desarrollo más rápido de la resistencia, así como un calor inicial de hidratación superior. **(Mamlouk y Zaniewski, 2009)**

De 0.09mm (0.0035pulg.) es el tamaño máximo de las partículas de cemento; entre el 85% y 95% de las partículas son menores de 0.045mm equivalente a 0.0018 pulgadas y el diámetro medio es de 0.01mm equivalente en pulgadas a 0.0004. El tamiz de 0.045mm (Malla

N°325) permite realizar dicha medición para determinar el porcentaje de partículas que pasan; según la norma ASTM C430.

Composición química

Su conformación está dada por óxido de Sílice (SiO₂), óxido de Calcio (CaO), Óxido de Hierro (Fe₂O₃) y Aluminio (Al₂O₃), siendo el total de éstos del 95 a 97 por ciento; presentando también otros óxidos en menor porcentaje.

Tabla 11: Componentes del cemento

Óxido Componente	Porcentaje típico (%)	Abreviatura
CaO	58 a 67	C
SiO ₂	16 a 26	S
Al ₂ O	4 a 8	A
Fe ₂ O ₃	2 a 5	F
SO ₃	0.1 a 2.5	
MgO	1 a 5	
K ₂ O y Na ₂ O	0 a 1	
Mn ₂ O ₃	0 a 3	
TiO ₂	0 a 0.5	
P ₂ O ₅	0 a 1.5	
Pérdida por calcinación	0.5 a 3	

Fuente: Mayta, 2014

Fabricación del cemento.

El cemento Portland se fabrica en cuatro etapas básicas:

- ✓ Trituración y molienda de la materia prima.
- ✓ Mezcla de los materiales en las proporciones adecuadas, para obtener el polvo crudo.

- ✓ Calcinación del polvo crudo.
- ✓ Molienda del producto calcinado, destacado como Clinker, junto con una pequeña cuantía de yeso.

Clasificación del cemento portland

Según **(Abanto,2009, p.21-58)** “Los cementos Portland, se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de la especificación ASTM de Normas para el cemento Portland (C 150)”.

- TIPO I: Cemento reservado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifica el uso de los otros 4 tipos de cemento.
- TIPO II: Cemento consignado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se solicita moderado calor de hidratación.
- TIPO III: Cemento de alta resistencia originaria. El concreto dispuesto con el cemento tipo III despliega una resistencia en tres días igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento tipo I o tipo II.
- TIPO IV: Cemento del cual se demanda bajo calor de hidratación.
- TIPO V: Cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos. Las atenciones típicas comprenden las estructuras

hidráulicas exhibidas a aguas con alto contenido de álcalis y estructuras expuestas al agua de mar.

- La NTP 334.090, detalla las características de los cementos adicionados, como puzolanas, escorias y materiales calizos que alteran el comportamiento. Entre los tipos de cementos y el porcentaje añadido, tenemos:

TIPO IS: Contenido de escoria entre 25% y 70%

TIPO ISM: Contenido de escoria menor a 25%

TIPO IP: Contenido de puzolana entre 15% y 40%

TIPO IPM: Contenido de escoria menor a 15%

TIPO Ico: Cemento adicionado derivado de la pulverización conjunta de Clinker Portland y materiales calizos, hasta un 30% de peso.

2.2.6 Concreto

A decir de **(Mamlouk y Zaniewski, 2009)** “el concreto es un material artificial, posicionándose como el de mayor uso en la construcción civil. Este material está compuesto por cemento Portland, agua, áridos, espacios rellenos de aire y en varios casos aditivos”.

Según **(Fernández, 2011)**, “el concreto es un material resistente a las sollicitaciones de tracción, flexión y compresión”.

“Una buena resistencia a los esfuerzos de compresión es la principal característica estructural del concreto; no obstante, su

comportamiento a otros tipos de esfuerzos (tracción, flexión, cortante, entre otros) no es bueno; es por ello, su uso habitual con el acero, tomando el nombre de concreto armado en algunos lugares, logrando comportamientos favorables en conjunto ante las diversas demandas” **(Pérez, 2016)**.

“Concede resistencia que en gran medida obedece a la calidad y proporción de los elementos de las mezclas y de los entornos de humedad y temperatura durante los procesos de fabricación, compactación y de fraguado” **(Absalón y Salas, 2008)**:

- Procedencia de los agregados grueso y fino.
- Origen y tipo de cemento.
- Procedencia y calidad del agua mezclado.
- Diseño de mezcla, indicando el asentamiento.
- Dosificación en peso y volumen de los materiales a mezclar, asegurar una resistencia promedio a la compresión.

Las alternativas que aumentan la flexibilidad y las aplicaciones del concreto son varias, se encuentran: relleno de fluido, concreto ligero, concreto compensador de la contracción, concreto compactado a rodillo, concreto de altas prestaciones, concreto autoconsolidante, concreto proyectado, concreto de alta resistencia, concreto pesado, concreto reforzado con fibra y concreto con polímeros **(Mamlouk y Zaniewski, 2009)**.

El concreto viene a ser una mezcla de cemento Portland, agregado grueso, agregado fino, aire y agua en adecuadas

proporciones que permitan obtener ciertas propiedades prefijadas, esencialmente la resistencia.

CONCRETO=CEMENTO PORTLAND + AGREGADOS + AIRE
+AGUA

Un material heterogéneo, está constituido por la unión de partículas de los agregados debido a la reacción química del cemento y el agua. Algunas veces se añaden aditivos, que modifican o mejoran ciertas propiedades del concreto según lo menciona **(Abanto, 2009, p.11)** en su tema “Tecnología del Concreto”.

Propiedades del concreto

- **Concreto en Estado Fresco**

Según **(Rivva, 2000)**, el concreto fresco tiene propiedades importantes las cuales son: cohesividad, trabajabilidad, consistencia, fluidez, exudación, contenido de aire, contracción de fraguado, segregación y calor de hidratación.

Ensayo de Asentamiento (slump)

ASTM C143 – Método de ensayo normalizado para el asentamiento del concreto de cemento hidráulico

NTP 339.035 – Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland

“El concreto en estado fresco requiere del ensayo de medición del asentamiento para determinar la trabajabilidad; ya que es el de mayor uso como prueba control, ya que indica la uniformidad de la mezcla. Dicho ensayo, consiste en el uso del cono de Abrams, que será llenado con concreto en tres capas, siendo varillado cada capa con 25 golpes, una vez lleno el cono se nivela y de manera correcta se retira del molde hacia arriba generando que el concreto se asiente. Asimismo, de inmediato se mide la posición inicial y la desplazada, medida desde el centro de la base superior del concreto” **(ASOCRETO, 2010).**

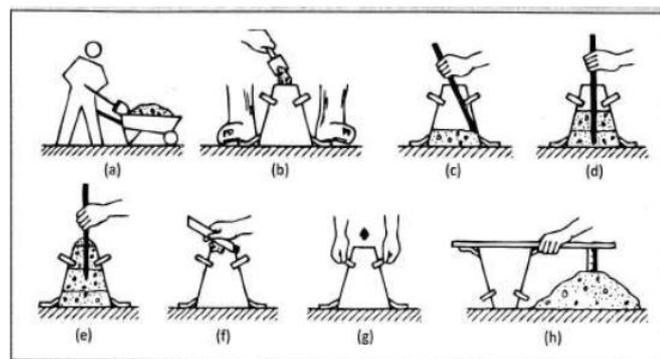


Figura 8: Ensayo de asentamiento

Fuente: Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010

Ensayo de Temperatura (Concreto fresco)

ASTM C 1064 – Método de ensayo normalizado de temperatura de concreto de cemento hidráulico recién mezclado

NTP 339.184 – Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto

Tiene como fin examinar la temperatura del concreto recién mezclado, se emplea para comprobar que dicho concreto cumpla con requerimientos definidos de temperatura; este control tiene importancia

ya que acondiciona la velocidad del proceso de endurecimiento inicial del concreto, la cual es afectada por el calor específico de los materiales constituyentes y la temperatura ambiente; La resistencia inicial será mayor si la temperatura también lo es durante el muestreo, reduciendo eventualmente la resistencia a largo plazo **(ASOCRETO, 2010)**.

Ensayo de Peso Unitario y Contenido de Aire

ASTM C 138 – Método de ensayo normalizado de densidad (Peso unitario), rendimiento y contenido de aire (Gravimétrico) del concreto.

NTP 339.046 – Método de ensayo para determinar la densidad (Peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto.

“El ensayo de Peso Unitario y el rendimiento de la mezcla utilizan un molde rígido que se llenará y compactará sistemáticamente. Se constituye la masa de concreto quitando la masa del molde de la masa total; en cuanto a conseguir la densidad, se divide la masa del concreto entre el volumen de molde. Los valores de rendimiento (PU real entre PU teórico) convendrían estar en el rango de $1,00 \pm 0,02$ para considerarse admisibles” **(ASOCRETO, 2010)**.

Se establece “la cantidad de aire que puede contener el concreto recién mezclado para el ensayo de contenido de aire; se excluye la cantidad de aire que puedan contener las partículas de los agregados, para ello el control del contenido de aire entrampado es significativo; ya

que, el aumento notable del mismo supondría una reducción de la resistencia debido al aumento de vacíos en el mortero” (**ASOCRETO, 2010**).

- **Concreto en Estado Endurecido**

Para un concreto en estado endurecido sus propiedades más importantes son las siguientes: durabilidad, impermeabilidad, elasticidad, elasticidad volumétrica, resistencia al desgaste, resistencia a la flexión, resistencia a la cavitación, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, módulo de elasticidad, entre otras.

Resistencia a la compresión

ASTM C39 – Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto

NTP 339.034 – Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a compresión del concreto en muestras cilíndricas

El ensayo de resistencia a compresión es el rompimiento de probetas cilíndricas de concreto con un equipo de ensayos de compresión, se comprueba a través de una carga de rotura dividida entre el área de la sección que soporta la carga, se manipulan moldes de 30 cm de altura y 15cm de diámetro; también una varilla de acero liso de 600mm de largo y 16mm de diámetro, de tal manera que el molde es llenado hasta la tercera parte y se utiliza la varilla para conseguir una adecuada compactación, mediante 25 golpes; dicho

procedimiento se realizará en las dos siguientes capas; al llegar a la tercera capa se dispondrá el material excedente siendo enrasado en la superficie del molde por medio de una barra o regla; luego de un tiempo determinado, se evalúan las muestras en la máquina de compresión permitiendo determinar la resistencia (**Abanto, 2017**). Para la obtención de los resultados de este ensayo pueden depender de la forma de la muestra, tiempo de curado, tamaño, cemento, fabricación, procedimientos de diseño de mezcla, entre otros.

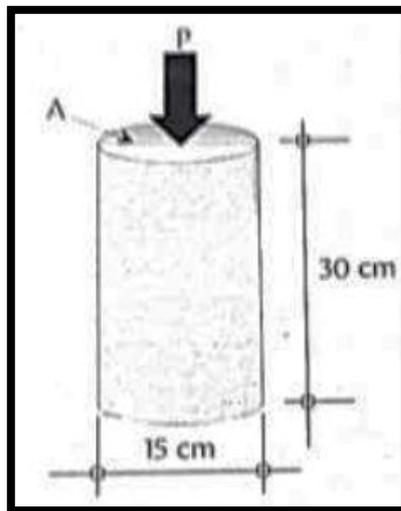


Figura 9: Cilindro de prueba a la compresión

Fuente: Abanto, 2017

Resistencia a la tracción

Según (**Abanto, 2017**), a través de ensayos directos es complicada su medición; ya que se hallan problemas al montar las muestras y la preocupación sobre los efectos secundarios de los dispositivos de ensayo; por consiguiente, existe un método indirecto que permite medir la resistencia a la tracción, este radica en cargar a

compresión un cilindro de 30cm de longitud y 15cm de diámetro a lo largo de dos líneas axiales opuestas, hasta la rotura de la muestra.

Dicho ensayo consiste en destinar la fuerza a compresión a lo largo de un espécimen cilíndrico de concreto, llegando a fallar por la longitud de su diámetro. En el plano donde se designa esta carga genera esfuerzos de tensión, así como, esfuerzos a la compresión en la zona donde la carga se aplica. Asimismo, la falla de compresión se da después de la falla de tracción, ya que las áreas de aplicación de la carga se hallan en un estado de compresión triaxial a lo largo de todo el espécimen de concreto, cediendo resistencia al espécimen de concreto mucho mayor esfuerzo a la compresión que el generado por un esfuerzo a la compresión uniaxial otorgando paso a la falla por tracción a lo largo del espécimen de concreto.

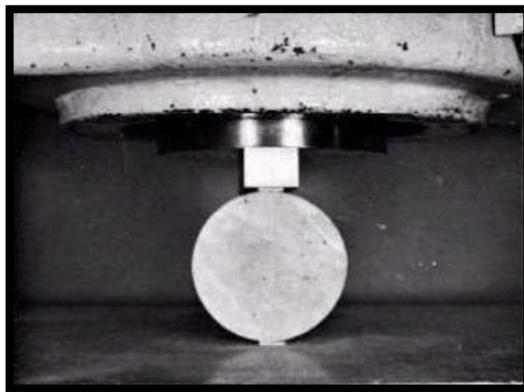


Figura 10: Probeta colocada en la máquina de ensayo, para determinar la resistencia a compresión

Fuente: Abanto, 2017

Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión del concreto está referida al módulo de rotura, expresada en kg/cm^2 , su evaluación es a través de ensayos de

flexión mediante la aplicación de cargas en vigas de sección cuadrada de 50cm de longitud y 15cm por lado. La norma que define dicho procedimiento sobre concretos convencionales es la ASTM C293 o ASTM C78 (ASOCRETO, 2010).

Módulo de elasticidad del concreto

El módulo de Young también conocido como módulo de elasticidad, se establece según la relación hallada entre la deformación y el esfuerzo, el método a utilizar para conocer el módulo de elasticidad del concreto, reside en la aplicación de cargas incrementadas a una muestra cilíndrica de concreto, permitiendo generar la gráfica esfuerzo-deformación; dicha gráfica permite determinar el módulo de elasticidad a través del cálculo de la pendiente de la recta.

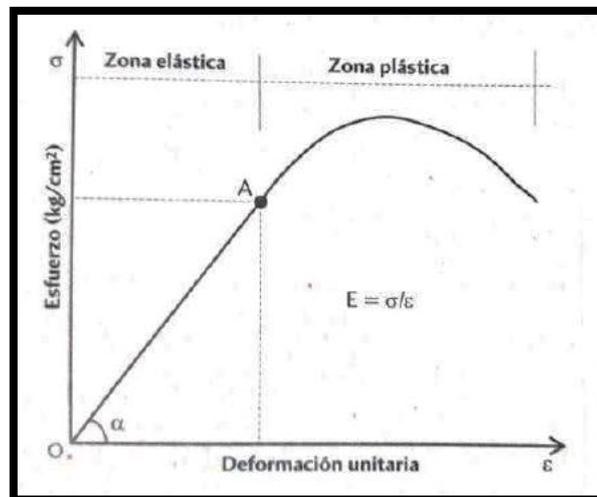


Figura 11: Esfuerzo – Deformación del Concreto

Fuente: Abanto, 2017

2.3 Definición de términos

- **Blanqueado:** Se consigue el proceso con agua oxigenada de 200 volúmenes; se coloca los huesos, cuernos o cráneos a hervir, manteniéndose aún calientes fuera del agua regarlos con el agua oxigenada; así los restos que se pudiesen quedar serán retirados en su totalidad; dependiendo el tamaño de los huesos será el tiempo de sumergido, por ejemplo, una hora en promedio tarda un cráneo de venado (Ruiz, 2016).
- **Cavitación:** Fenómeno de mucha importancia en la mecánica de fluidos y de exclusiva influencia en el funcionamiento de toda máquina hidráulica; se genera debido al cambio de fase líquida a gaseosa en el momento que la presión estática reduce por debajo de la presión de vapor (Aranibar, 2016).
- **Extensibilidad:** “Propiedad del concreto de deformación sin agrietamiento, se precisa en función de la deformación unitaria máxima que puede obtener el concreto sin la presencia de fisuraciones” (Pasquel, 1998).
- **Hidroxiapatita:** “Mineral desarrollado por fosfato de calcio cristalino ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) del que se deriva que tiene un 90% de depósito de calcio, y un 80% de fósforo total. Admitiendo que el hueso sea un material resistente a la compresión” (Michael, 2007).

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

La utilización de hueso triturado de vacuno como agregado fino influye para el mejoramiento de las propiedades del concreto.

2.4.2 Hipótesis Específicas

- La adición de hueso triturado de vacuno como agregado fino en las propiedades en estado fresco del concreto afecta positivamente.
- La adición de hueso triturado de vacuno como agregado fino en las propiedades en estado endurecido del concreto afecta positivamente.

2.5 Variables

2.5.1 Definición conceptual de las variables

Variable Independiente (X): Hueso Triturado de Vacuno

Es tejido conectivo especializado, que cumple con una doble función: metabólica y mecánica. En su fase mecánica, soportan las partes blandas del cuerpo y preservan los órganos; por otro lado, como centro metabólico almacena calcio y fósforo y sistematiza su metabolismo. **(Atlas de Histología vegetal y animal, 2020)**

Variable Dependiente (Y): Propiedades del Concreto

Características físicas o cualidades básicas que determinan el estado del concreto en sus dos estados (fresco y endurecido).

(Instituto Mexicano del Cemento y Concreto, 2004)

2.5.2 Definición Operacional de las variables

Variable Independiente (X): Hueso Triturado de Vacuno

Parte de una estructura orgánica rígida, mineralizada mediante la acumulación de calcio, fósforo entre otros minerales, proveniente del sistema óseo de ganado vacuno (básicamente la tibia); que pasará por un proceso de hervido para eliminar la parte blanda restante, luego será blanqueado y secado; y por último triturado y molido a tal punto que alcance el tamaño adecuado; que en la investigación servirá de reemplazo en distintas proporciones del agregado fino en la mezcla de concreto. La dosificación del hueso triturado como agregado fino será de: 5%, 10% y 15%.

Variable Dependiente (Y): Propiedades del Concreto

Propiedades que determinan la funcionabilidad, trabajabilidad, dureza y resistencia del concreto en el estado fresco (Asentamiento y Exudación) y en estado endurecido (Resistencia a compresión). A determinadas edades a los 3, 7 y 28 días.

1.6.3 Operacionalización de las Variables

Tabla 12: Operacionalización de las variables

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Unidades de Medida
Variable Independiente (X): Hueso triturado de vacuno	Tejido conectivo especializado, que cumple con una doble función: mecánica y metabólica. En su fase mecánica, soportan las partes blandas del cuerpo y protegen los órganos; por su parte, como centro metabólico almacena calcio y fósforo y regula su metabolismo	- Porcentaje de hueso triturado como agregado fino	- Con 5% de: Hueso triturado - Con 10% de: Hueso Triturado - Con 15% de: Hueso triturado	Porcentaje
Variable Dependiente (Y): Propiedades del Concreto	Características que determinan el estado del concreto en sus dos estados (fresco y endurecido).	- Propiedades en estado fresco - Propiedades en estado endurecido	- Asentamiento - Exudación - Resistencia a la compresión	Pulgadas Porcentaje Kg/cm ²

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Método de investigación

El método de Investigación fue el **Científico**, dado que “la investigación es el proceso a seguir para contestar las preguntas que se generan sobre diferentes fenómenos que se muestran en la naturaleza y sobre los problemas que aquejan a la sociedad” (**Borja, 2012**), llegando a ser “una situación de control donde se operan de manera intencional, una o más variables independientes (Causas) permitiendo analizar las consecuencias de tal manejo sobre una o más variables dependientes (Efecto)” (**Hernández, 2010**).

La presente investigación tuvo al método científico desde el inicio, ya que dicho método permitió definir la secuencia con la cual se determinó los efectos que se produce en las propiedades del concreto el hueso triturado de vacuno al ser utilizado como agregado fino en distintas proporciones; para lo cual, se realizó el planteamiento del problema, la formulación de objetivos, la experimentación y finalmente se obtuvo las conclusiones.

3.2 Tipo de investigación

La presente investigación fue **aplicada**, ya que tiene como fin buscar el uso de los conocimientos que se obtiene, lo que concierne primordialmente para el investigador son los resultados obtenidos (**Arango, 2011**).

En tal sentido la presente investigación aplicó los conocimientos de Anatomía del sistema óseo para conocer las características y composición del hueso; para determinar de manera adecuada que hueso tiene mayor utilidad en el desarrollo de esta investigación. Asimismo, se aplicó conocimientos de Tecnología del concreto y diseño de mezcla, las cuales permitieron conocer las propiedades del concreto en estado fresco y estado endurecido en una mezcla convencional, además fue necesario conocer el procedimiento correcto de cada uno de los ensayos que se realizó; tales como, Análisis Granulométrico, Asentamiento (Slump), Exudación, Resistencia a compresión.

3.3 Nivel de investigación

El nivel investigación fue descriptivo – explicativo. Según **(Arias, 2012)**, define como la caracterización de un hecho a la investigación descriptiva, individuo, fenómeno o grupo; con el fin de instaurar su comportamiento o estructura. En cuanto a la profundidad de los conocimientos los resultados de este tipo de investigación se posicionan en un nivel intermedio. El autor también la define como la investigación que busca el porqué de los hechos a través del establecimiento de relaciones causa-efecto.

Para ello, la presente investigación, tuvo como propósito determinar cuáles son los efectos sobre las propiedades en estado fresco y endurecido del concreto, al adicionar hueso triturado como reemplazo del agregado fino a la mezcla del concreto.

3.4 Diseño de la investigación

“El diseño de investigación fue Cuasi-Experimental, donde los sujetos no son asignados al azar a los grupos ni se equiparán; por consiguiente, ya están conformados antes del experimento” (Hernández, 2014).

Fue un proceso en el cual se analizaron muestras de concreto (Probetas) para determinar sus propiedades tanto en estado fresco como en estado endurecido; con la variante que el agregado fino será reemplazado en distintos porcentajes por hueso triturado de vacuno. Se utilizaron 2 probetas de 15 cm x 30 cm; por cada ensayo.

Se otorgó Factores: **X, Y, A**. Variable dependiente (Propiedades del Concreto); tanto para su estado fresco como el estado endurecido. Dónde: X = Asentamiento (cm), Y = Exudación (g/ml), A = Resistencia a Compresión (Kg/cm²).

Se otorgó Factor: n. Variable independiente (% de hueso triturado de vacuno como agregado fino), en la mezcla del concreto. Dónde: n1 = 5%/m³, n2 = 10%/m³, n3 = 15%/m³

Tabla 13: Matriz de diseño experimental para estado fresco

Concreto en Estado Fresco					
	Muestra	Asentamiento		Exudación	
% Hueso triturado de vacuno como agregado fino	Patrón	n1X1	n1X2	n1Y1	n1Y2
	n1=5%	n2X1	n2X2	n2Y1	n2Y2
	n2=10%	n3X1	n3X2	n3Y1	n3Y2
	n3=15%	n4X1	n4X2	n4Y1	n4Y2

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Tabla 14: Matriz de diseño experimental para estado endurecido

Concreto en Estado Endurecido				
	Edad	Muestra	Resistencia a Compresión	
% Hueso triturado de vacuno como agregado fino	3 días	Patrón	n1A1	n1A2
		n1=5%	n2A1	n2A2
		n2=10%	n3A1	n3A2
		n3=15%	n4A1	n4A2
	7 días	Patrón	n5A1	n5A2
		n1=5%	n6A1	n6A2
		n2=10%	n7A1	n7A2
		n3=15%	n8A1	n8A2
	28 días	Patrón	n9A1	n9A2
		n1=5%	n10A1	n10A2
		n2=10%	n11A1	n11A2
		n3=15%	n12A1	n12A2

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

3.5 Población y muestra

Población:

Según **(Tamayo y Tamayo, 1997)**; “La población se define como, la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación”.

La población en la presente investigación fue el diseño de mezcla de concreto convencional y el diseño de mezcla de concreto con adición de hueso triturado de vacuno como agregado fino; dicho hueso que será recogido, procesado y triturado, proveniente del mercado Modelo de Huancayo, El Tambo y Chilca sector carnes; así como, carnicerías y restos óseos de vacuno de restaurantes, de la Provincia de Huancayo, Departamento de Junín.

Muestra:

Según **(Tamayo y Tamayo, 1997)**; asevera que la muestra “Es el grupo de individuos que se toma de la población, para estudiar un fenómeno estadístico”.

El tipo de muestreo fue no probabilístico, siendo la muestra elegida por beneficio aleatoriamente y bajo juicio del investigador.

La muestra Patrón fue un concreto convencional sin ningún aditivo ni modificación en su composición, la cual será obtenida utilizando el tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia.

- Para el ensayo de Asentamiento (NTP 339.035): 6 muestras de concreto adicionado con hueso triturado como agregado. Método de ensayo para la comprobación del Asentamiento del concreto con el cono de Abrams. Y 2 muestras patrón.
- Exudación (NTP 339.077): 6 muestras de concreto adicionado con hueso triturado como agregado fino. Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de mezclas por medio de su resistencia a penetración. Y 2 muestras patrón.
- Para el concreto endurecido: 24 probetas de concreto adicionados con hueso triturado como agregado fino con los diferentes porcentajes (5%,10% y 15%), en cilindros de 15cm x 30cm). NTP 339.183: Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio. NTP 339.034:2008 (ASTM C39): Método de ensayo

normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Y 6 muestras para muestra patrón.

Tabla 15: Resumen de ensayos para concreto en estado fresco

"Para Concreto en Estado Fresco"	Muestra Patrón	Adición de 5% de hueso triturado como agregado fino	Adición de 10% de hueso triturado como agregado fino	Adición de 15% de hueso triturado como agregado fino
Asentamiento	2	2	2	2
Exudación	2	2	2	2
TOTAL DE MUESTRAS = 16				

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Tabla 16: Resumen de ensayos para concreto en estado endurecido

	"Para Concreto en Estado Endurecido"	Muestra Patrón	Adición de 5% de hueso triturado como agregado fino	Adición de 10% de hueso triturado como agregado fino	Adición de 15% de hueso triturado como agregado fino
Resistencia a Compresión	Edad de 3 días	2	2	2	2
	Edad de 7 días	2	2	2	2
	Edad de 28 días	2	2	2	2
	TOTAL DE MUESTRAS	24			
TOTAL DE PROBETAS = 24					

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Observación: Para obtener datos de las propiedades del concreto tanto en esta fresco y endurecido, se evaluó los diferentes porcentajes de material de hueso triturado de vacuno a utilizar, y una vez que se elaboraron las muestras de concreto se llegaron a codificar cada probeta para su mejor

identificación y realización de un análisis de resultados de las propiedades del concreto obtenidas.

Ensayos: Se realizaron los ensayos respectivos a la elaboración del concreto siguiendo las normativas correspondientes para su evaluación y análisis de los resultados los cuales se contemplan en el ítem 3.7 Procesamiento de la información.

Materiales: Para el desarrollo de la investigación se utilizó agregado fino y agregado grueso de 3/4 de pulgada extraídos de cantera de río en el Distrito de Mito (Huaycha - Puente las Balsas) que sirvieron para los posteriores ensayos de laboratorio y diseño de mezcla correspondiente, asimismo el hueso de vacuno (Hueso de la tibia y fémur básicamente) que fueron adquiridos del Mercado Modelo de Huancayo, Mercado de El Tambo y Mercado de Chilca; estos huesos luego de ser limpiados y blanqueados, fueron triturados hasta conseguir un tamaño adecuado que sirva como reemplazo parcial del agregado fino, que posteriormente se incorporó a la mezcla de concreto en tres porcentajes de dosificación diferente, con lo cual se registró mediante cuadros todos los datos y resultados obtenidos de cada una de las muestras ensayadas debidamente ordenado.

3.7 Procesamiento de la información

El Procedimiento de la investigación fue el siguiente:

3.7.1 Ubicación y extracción de agregados fino y grueso

Para el desarrollo y continuidad de la investigación se llegó a utilizar la extracción del agregado fino y grueso de la cantera de río de la Provincia de Concepción, Distrito de Mito, el cual se trasladó hasta el laboratorio de la ciudad de Huancayo para su posterior realización de los ensayos de laboratorio y diseño de mezcla.

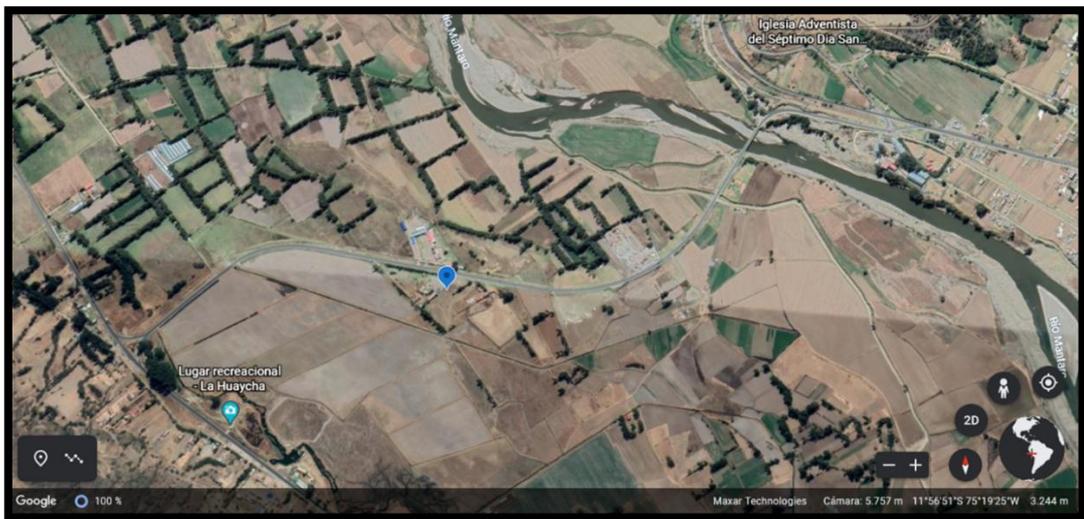


Figura 12: Ubicación Cantera de Agregados - Concepción – La Huaycha (S 11°56'32" O 75°19'19")

Fuente: Google Earth, 2020



Figura 13: Cantera de Agregados - Concepción – La Huaycha (S 11°56'32" O 75°19'19")

Fuente: Fotografía propia, 2020.

3.7.2 Recolección u obtención del hueso de Vacuno

Para poder obtener la cantidad suficiente de hueso de vacuno se compró y recolectó hueso de la tibia, fémur y peroné, llegando a obtener una cantidad aproximada de 300 kg. Los lugares de donde se obtuvo fueron los siguientes:

- Mercado Modelo de Huancayo (95 kg. aproximadamente)
- Mercado Modelo de El Tambo (70 kg. aproximadamente)
- Mercado Modelo de Chilca (55 kg. aproximadamente)
- Carnicería Huaychulo (30 kg. aproximadamente)
- Recolección de Restaurantes y como desechos (50 kg. aproximadamente)



Figura 14: Hueso de Vacuno

Fuente: Fotografía propia, 2020.

3.7.3 Proceso de limpieza, blanqueado y horneado del hueso de vacuno

Para poder obtener un hueso triturado como agregado fino, el material óseo pasó por tres procesos necesarios: limpieza, blanqueado

y horneado. La limpieza se realizó a través del proceso de hervido, se colocan los huesos de vacuno en ollas grandes y se hizo hervir por más de 4 horas, esto permitió retirar con facilidad los tejidos blandos (carne sobrante, cartílagos, grasas), otorgándole una buena limpieza a los huesos. El blanqueado es un proceso que permite retirar todas las impurezas sobrantes que puedan haber quedado en el hueso luego de ser hervidos, asimismo lo vuelve de color blanco; este proceso se dio con agua oxigenada de 10 volúmenes (también es posible lograrlo con lejía), remojando los huesos ya hervidos por aproximadamente 1 hora. Por último, se procedió a hornear los huesos ya blanqueados, esto con el fin de eliminar la humedad excedente y volver más suave al hueso, permitiendo así su mayor facilidad en el proceso de trituración.



Figura 15: Hueso de Vacuno cortado y hervido

Fuente: Fotografía propia, 2020.



Figura 16: Hueso de Vacuno cortado y hervido, remojado en agua oxigenada
Fuente: Fotografía propia, 2020.



Figura 17: Hueso de Vacuno blanqueado y horneado
Fuente: Fotografía propia, 2020.

3.7.4 Proceso de trituración del hueso de vacuno como agregado fino

Ubicación Planta trituradora:

Región : Junín
Provincia : Huancayo
Distrito : Hualhuas (Carretera Central km.10.00 Primavera)

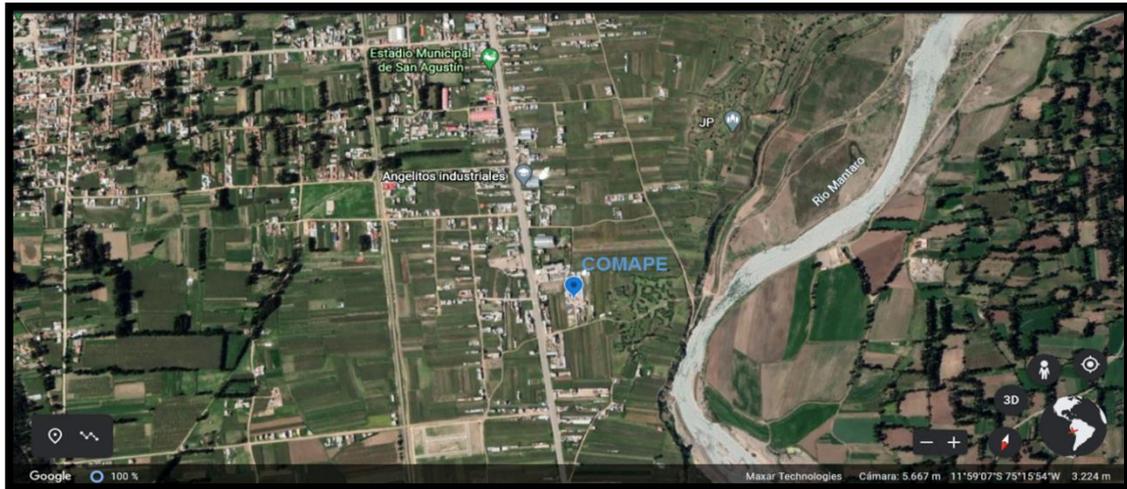


Figura 18: Ubicación Planta Trituradora - Hualhuas (Carretera Central km.10.00 Primavera)

Fuente: Google Earth, 2020

El proceso de trituración se realizó en la Empresa COMAPE CONSTRUCTORA E.I.R.L., a este lugar se trasladó todo el material (300 kg. aproximadamente de hueso de vacuno), vale decir, el hueso de vacuno ya blanqueado y horneado, para que pase por la malla conductora a la trituradora; repitiendo este procedimiento en 3 oportunidades del cual se obtuvo dos tamaños previos al que se requiere para la investigación.

3.7.5 Selección de material triturado

La primera trituración dejó como resultado: Hueso de vacuno aproximadamente de 10 x 4 cm de tamaño. La segunda trituración huesos en partes de 4 x 3 cm. Mientras que en la siguiente se consiguió el hueso triturado como agregado fino, este material obtenido pasaba ya por el tamiz de 3/8" demostrándonos que si cumplía ya con el tamaño requerido para ser usado como reemplazo porcentual del agregado fino en los diseños de mezcla.

Posteriormente al proceso de triturado, se trasladó todo el material obtenido a laboratorio donde se realizó un tamizado del material triturado, pasando todo el material por el tamiz de 3/8" dándonos como resultado que el material triturado si pasa por el tamiz respectivo y solo un pequeño porcentaje del total de la muestra se eliminó ya que era mayor a la malla de 3/8", indicándonos así como tamizado de todo el material que si podríamos utilizarlo como material fino debido a que pasa por la malla de 3/8" ya se considera un material de agregado fino.



Figura 19: Hueso de Vacuno primera trituración (10 x 4 cm)
Fuente: Fotografía propia, 2020



Figura 20: Hueso de Vacuno segunda trituración (4 x 4 cm)
Fuente: Fotografía propia, 2020



Figura 21: Hueso de Vacuno tercera trituración, que si pasa por el tamiz 3/8"

Fuente: Fotografía propia, 2020

ENSAYOS EN LABORATORIO PARA LOS AGREGADOS FINO Y GRUESO

3.7.6 Análisis granulométrico (NTP 400.012) – (C136/C136M-19)

Materiales y equipos:

- Agregado Fino: Arena gruesa.
- Agregado Grueso: Piedra chancada de 3/4".
- Tamices de: (1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 Y N° 200).
- Balanza (precisión de tres decimales)
- Horno a 110 °C ± 5° C.
- Tara.
- Palas.

Procedimiento: Agregado Fino

- Se usó una cantidad de muestra de arena gruesa.
- Peso de agregado utilizado para el ensayo: 500 gr.
- Se pesó el espécimen.
- Se ejecutó el tamizado de la muestra según la NTP 400.012.

- Se agito los tamices con el fin de obtener las cantidades de pesos retenidos en cada una de las mallas.
- Una vez ejecutado el tamizado se procedió a pesar cada material retenido en los tamices de (N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 Y N° 200).
- Y finalmente a través la fórmula se halló el módulo de finura.

$$MF = \frac{\Sigma\% \text{ Retenido en las mallas } \frac{3}{8}, 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200}{100}$$

Procedimiento: Agregado Grueso

- Se tomó una cantidad de muestra de agregado grueso.
 - Peso de agregado utilizado para el ensayo 5000 gr.
 - Se pesó el espécimen.
 - Se realizó el tamizado de la muestra según la NTP 400.012.
 - Se agito los tamices para poder conseguir las cantidades de pesos retenidos en cada una de las mallas.
 - Una vez realizado el tamizado se procedió a pesar cada material retenido en los tamices de (1 ½", 1", 3/4", 1/2", 3/8" y N° 4) y de la cazoleta
 - Y finalmente mediante la fórmula se halló el módulo de finura.
- $$MF = \frac{\Sigma\% \text{ Retenido en las mallas } (1 \frac{1}{2}'' , 1'' , 3/4'' , 1/2'' , 3/8'' \text{ y N}^\circ 4)}{100}$$

3.7.7 Contenido de humedad (NTP 339.185)

$$W\% = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco}} * 100 = \frac{W_h - W_s}{W_s} * 100$$

Materiales y equipos:

- Agregado con humedad natural de cantera
- Taras.
- Balanza con precisión de tres decimales.
- Horno.

Procedimiento:

- Se calcula aproximadamente una cantidad de muestra con la que se va a ensayar.
- Se coloca en las taras el material húmedo y se pesa (tara + material húmedo).
- Se lleva la muestra al horno por un tiempo de 24 horas y a una temperatura de 110°C para la eliminación del agua.
- Cumplida las 24 horas se deja enfriar la muestra hasta una temperatura ambiente y se pesa (tara + muestra seca).
- Luego se procede a calcular el % de contenido de humedad.

3.7.8 Peso unitario (NTP 400.017)

Materiales y equipos:

- Recipiente de medida con una rigidez lo suficientemente rígido para no deformarse en condiciones de uso o trabajo fuerte.

- Barra compactadora de acero de 5/8 de pulgada con una longitud de 60 cm y terminación de barra con punta semiesférica usada para el apisonamiento del material.
- Pala de mano de dimensiones adecuadas para el llenado.
- Balanza de precisión de $\pm 0,5\text{g}$ ó 0,5%.

Procedimiento: Peso Unitario Suelto (Agregado Fino y Agregado Grueso)

- Muestra para realizar el ensayo
- Se pesó el recipiente.
- Se coloca el recipiente dentro de otra bandeja y con una altura de unos 50 mm aproximadamente.
- Al momento en que el recipiente se encuentra lleno y con el material que sobrepasa su superficie se procede a enrasar para nivelar la superficie.
- Luego se procede a pesar el recipiente con el agregado y se toma apunte al valor obtenido.
- Se realiza el procedimiento por un total de 3 veces.
- El peso volumétrico suelto se halla con la diferencia del peso del recipiente más la muestra menos el peso del recipiente todo entre el volumen del recipiente.

Procedimiento: Peso Unitario Compacto (Agregado Fino y Agregado Grueso)

- Muestra para realizar el ensayo.
- Se pesa el recipiente.
- Se llena un tercio de la capacidad del recipiente.

- Se compacta el material con 25 golpes distribuyéndolo de manera uniforme en toda la superficie del agregado.
- Se llena un tercio más, alcanzando así a sumar dos tercios de la capacidad del recipiente de forma aproximada.
- Se compacta el material con 25 golpes distribuyéndolo de manera uniforme en toda la superficie del agregado.
- Luego se termina de llenar el recipiente con el agregado, de tal manera que parte del material sobrepase la superficie del recipiente.
- Una vez más se realiza el compactado del material con 25 golpes que se distribuyen uniformemente en toda la superficie del agregado.
- Se nivela la superficie con ayuda de un enrasador.
- Luego se realiza el pesado del recipiente que contiene el agregado y se anota su valor.
- Este procedimiento se realiza y se repite por 3 veces
- El peso unitario compactado se halla de la diferencia del peso del recipiente más la muestra menos el peso del recipiente todo esto dividido entre el volumen del recipiente.

3.7.9 Peso específico agregado fino (NTP 400.022)

Materiales y equipos:

- Muestra Seca
- Agua
- Balanza con aproximación a 0.01 gr.
- Fiola de 500 ml

Procedimiento:

- Se realiza el pesado de la muestra seca
- Se llena la fiola con agua
- Se coloca la muestra seca ya pesada en la fiola vacía y se vierte el agua hasta cubrir la muestra y se agita la fiola
- Luego se agrega agua hasta la marca de 500 ml y se pesa
- Y finalmente se determina el peso específico.

3.7.10 Peso específico agregado grueso (NTP 400.021)**Materiales y equipos:**

- Muestra Seca del agregado
- Agua
- Balanza

Procedimiento:

- Se realiza el peso de la tara.
- Luego se pesa la muestra con la tara.
- Se coloca la muestra en un balde de metal y se coloca un gancho para sumergirla totalmente.
- Y finalmente se toma apunte del peso sumergido de la muestra

3.7.11 Diseño de mezcla $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – método módulo de fineza

Tabla 17: Datos resumen para diseño de mezcla

PROPIEDADES	PE	PUC	PUS	%AB	%W	MF
CEMENTO	3.12					
AGREGADO FINO	2.47	1783.83	1692.83	1.80	3.98	3.76
AGREGADO GRUESO	2.89	1514.40	1334.40	0.52	0.14	6.97

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Proporciones para 1m^3

Cemento	: 386.00 kg
Agregado Fino	: 1140.59 kg
Agregado Grueso	: 528.56 kg
Agua	: 192.71 lt

3.7.12 Dosificación de mezcla sin y con hueso triturado

Tabla 18: Cantidad de materiales para 1m^3 con 0%, 5%, 10%,15% de hueso triturado

Porcentaje de hueso triturado	0%	5%	10%	15%
Cemento (kg)	386.00	386.00	386.00	386.00
Agregado Fino (kg)	1140.59	1083.56	1026.53	969.5
Agregado Grueso (kg)	528.56	528.56	528.56	528.56
Agua de Diseño (lt)	192.71	192.71	192.71	192.71
Hueso triturado (kg)	0.00	57.03	114.06	171.09

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Volumen de una probeta de 4" x 8":

- Para una probeta = 0.0016 m^3
- Para 40 probetas = 0.064 m^3

Tabla 19: Cantidad de materiales para 24 Probetas con 0%, 5%, 10%,15% de Hueso triturado

Porcentaje de Hueso triturado	0%	5%	10%	15%
Cemento (kg)	14.82	14.82	14.82	14.82
Agregado Fino (kg)	43.79	41.61	39.42	37.23
Agregado Grueso (kg)	20.29	20.29	20.29	20.29
Agua de Diseño (lt)	7.4	7.4	7.4	7.4
Hueso triturado (kg)	0.00	2.19	4.38	6.57

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

ENSAYO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

3.7.13 Asentamiento de concreto fresco (NTP 339.035)

Materiales y equipos:

- Cono de Abrams: Ø inferior 200mm, Ø superior 100mm, Altura 300mm, Espesor mínimo 1.5mm, Repujado 1.15mm
- Barra compactadora: Barra de acero liso con punta semiesférica Ø5/8" (16mm) x 24" (600mm)
- Instrumento de medida: Regla graduada de metal rígido (wincha)

Procedimiento:

- Se determinó el asentamiento del concreto con la incorporación del Hueso triturado como agregado fino en porcentajes de 0%, 5%, 10%, 15%, verificando el cumplimiento de las especificaciones y tolerancias admitidas a este ensayo, haciendo el empleo de los equipos correspondientes para su medición.

3.7.14 Exudación del concreto fresco (NTP 339.077)

Materiales y equipos:

- Recipiente cilíndrico aproximadamente 14 litros (1/2 pie³)
- Varilla de Ø5/8" (16mm) x 24" (610mm)
- Báscula
- Pipeta
- Probeta graduada
- Recipiente metálico (opcional)
- Balanza (opcional)

- Estufa (opcional)

Procedimiento:

- Durante el ensayo la temperatura deberá mantenerse entre 18° y 24° C.
- Luego de apisonar la superficie de la muestra se registra el tiempo y se determina la masa del recipiente con su contenido.
- Se colocó la muestra previa y el recipiente en una plataforma o en un piso libre de vibración, se procede a cubrir el recipiente con un material no absorbente para prevenir la evaporación del agua exudada.
- Se mantiene la cubierta sobre la muestra durante todo el ensayo, excepto para extraer el agua.
- La extracción de agua acumulada se extrae con intervalos de 10 minutos durante los primeros 40 minutos contados a partir del alisado de la muestra, pasados los cuales se extrae el agua cada 30 minutos, hasta que cese la exudación.
- Al término de cada recolección de agua exudada, se traslada el agua a una probeta graduada de 100mL y se registra la cantidad acumulada de agua después de cada transferencia.
- Cuando únicamente se desea determinar el volumen total de exudación; se puede prescindir el proceso de remoción periódica y se extrae la totalidad del agua exudada en una sola operación.

3.7.15 Elaboración y curado de probetas cilíndricas (NTP 339.033)

Materiales y equipos:

- Moldes cilíndricos

- Varilla de $\varnothing 5/8$ " (16mm), Long (500mm), punta semiesférica
- Pala, regla para enrasar
- Mazo de goma

Procedimiento: Elaboración de probetas

- Se colocó los moldes sobre una superficie nivelada que esté libre de vibraciones de tránsito vehicular o peatonal y sobre todo evitando la exposición directa al sol.
- Se cubrió con aceite desmoldante toda la parte interna del molde que estará en contacto con el área de concreto.
- Se humedece todas las herramientas a utilizar.
- Se llena y compacta en tres capas iguales y con la varilla darle 25 golpes simultáneamente en cada una de las tres capas.
- Se le realiza de 10 a 15 golpes laterales al molde con el mazo de goma entre cada una de las capas.
- Para evitar la segregación del material, se utiliza un cucharón pequeño y se distribuye el material uniformemente al contorno de la superficie del molde y se enrasa la superficie dejando un cavado lo más liso posible.
- Se identifica cada uno de los especímenes para su facilidad de observación.
- Se protege las muestras elaboradas para evitar la evaporación al momento del curado inicial.

Procedimiento: Curado de probetas

- Las probetas que serán evaluadas y ensayadas se desmoldan antes de las 48 horas después de ser moldeadas.

- En un máximo de 30 minutos de haber sido desmoldado, se colocan las probetas en una solución de cal, incorporándole al agua unos 3 gramos por litro de agua, con el propósito de maximizar la hidratación del cemento y reducir la alcalinidad y pérdida de masa y reducción de la resistencia del concreto.

ENSAYO DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

3.7.16 Resistencia a la compresión concreto endurecido (NTP 339.034)

Materiales y equipos:

- Identificar las probetas antes de ser ensayadas, indicando el número de cilindro y código de muestra.
- Utilización de una prensa para el ensayo con un porcentaje de tolerancia de error que no exceda los $\pm 1\%$.
- Aplicar la carga en forma continua y constante.
- Anotar el tipo de falla que le corresponda a cada muestra ensayada.

Procedimiento:

- Se realizó los ensayos correspondientes a la resistencia a la compresión a todas las muestras de concreto, sin y con incorporación de hueso triturado como agregado fino en sus diferentes porcentajes de dosificación a edades de 3, 7, 28 días, para lo cual se obtuvo como resultado el promedio de dos probetas, dándonos así los resultados respectivos para su posterior análisis y verificación de cada una de ellas.

3.8 Técnicas y análisis de datos

Para el procesamiento de los resultados cuantitativos obtenidos en laboratorio del diseño de mezcla del concreto en distintas proporciones incorporando el hueso triturado de vacuno. Se realizó el uso del programa Microsoft Excel para obtener resultados de los ensayos realizados al concreto en su estado fresco y endurecido.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Resultados de los ensayos a los agregado fino y grueso

Con el fin de poder obtener una adecuada elaboración del concreto, se realizaron los ensayos para la determinación de la calidad de los agregados fino y grueso de acuerdo a la NTP 400.037, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 20: Peso Específico y Absorción

Norma	Tipo de Agregado	Ensayo	Resultado
NTP 400.021 MTC E 206	Agregado Grueso	Peso Especifico	2.89 kg/m ³
		Absorción	0.52 %
NTP 400.022 MTC E 205	Agregado Fino	Peso Especifico	2.47 kg/m ³
		Absorción	1.80 %

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

De acuerdo a la Tabla 20, los resultados obtenidos del porcentaje de absorción de las muestras de los agregados fino y grueso son de 1.80% y 0.52% respectivamente, mientras que los resultados de los pesos específicos de las muestras de los agregados fino y grueso son de 2.47 kg/m³ y 2.89 kg/cm³ respectivamente.

Asimismo, se realizaron los ensayos para la determinación del Peso Unitario Compacto y Peso Unitario Suelto para comprobar la calidad de los agregados fino y grueso de acuerdo a la NTP 400.017, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 21: Peso Unitario Compacto y Peso Unitario Suelto

Norma	Tipo de Agregado	Ensayo	Resultado
NTP 400.017 ASTM C29/29M	Agregado Grueso	Peso Unitario Suelto	1334 kg/m ³
		Peso Unitario Compacto	1514 kg/m ³
NTP 400.017 ASTM C29/29M	Agregado Fino	Peso Unitario Suelto	1693 kg/m ³
		Peso Unitario Compacto	1784 kg/m ³

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

De acuerdo a la Tabla 21, el resultado obtenido de los agregados del peso unitario suelto es de 1334 kg/m³ y peso unitario compacto de 1514 kg/m³ del agregado grueso y un peso unitario suelto de 1693 kg/m³ y un peso unitario compacto de 1784 kg/m³ del agregado fino.

Por último, se realizaron los ensayos para la determinación del Contenido de Humedad de acuerdo a la NTP 400.017, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 22: Contenido de Humedad

Norma	Ensayo	Tipo de Agregado	Resultado
NTP 400.017 C -566	Contenido de Humedad	Agregado Fino	3.98 %
		Agregado Grueso	0.14 %

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Según la Tabla 22, El contenido de humedad de las muestras del agregado fino y grueso son de 3.98% y 0.14% respectivamente y fueron utilizados en la elaboración del diseño e mezcla.

4.2 Ensayo exudación del concreto en estado fresco

A continuación, se muestran los resultados del ensayo de exudación del concreto que consiste en determinar la cantidad relativa de agua que exuda una muestra fresca de concreto. Estará expresada en porcentajes.

Tabla 23: Exudación del concreto

Norma	Tipo de muestra	Ensayo	Rango	Desviación estándar (%)	Resultado Final (%)
NTP 339.077 MTC E 713	MA – M2 Patrón	Exudación del concreto	Exudación 0 – 10%	0.71	0
	M1 – 5% Hueso triturado		Exudación 0 – 10%	0.71	0.004
	M1 – 10% Hueso triturado		Exudación 0 – 10%	0.71	0.008
	M1 – 15% Hueso triturado		Exudación 0 – 10%	0.71	0.010

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Según la Tabla 23, sobre la exudación del concreto se muestra un aumento en la exudación en las diferentes muestras de concreto con hueso triturado de vacuno con respecto a la muestra patrón; pero siendo estos aumentos muy pequeños que no llegan ni al 0.1% de exudación. Por lo tanto, las muestras con hueso triturado de vacuno retienen en buena forma la cantidad del agua de la mezcla siendo esto favorable.

4.3 Ensayo de asentamiento del concreto en estado fresco

A continuación, se muestran los resultados del ensayo de asentamiento que es básicamente la medida de la consistencia del concreto, referido al

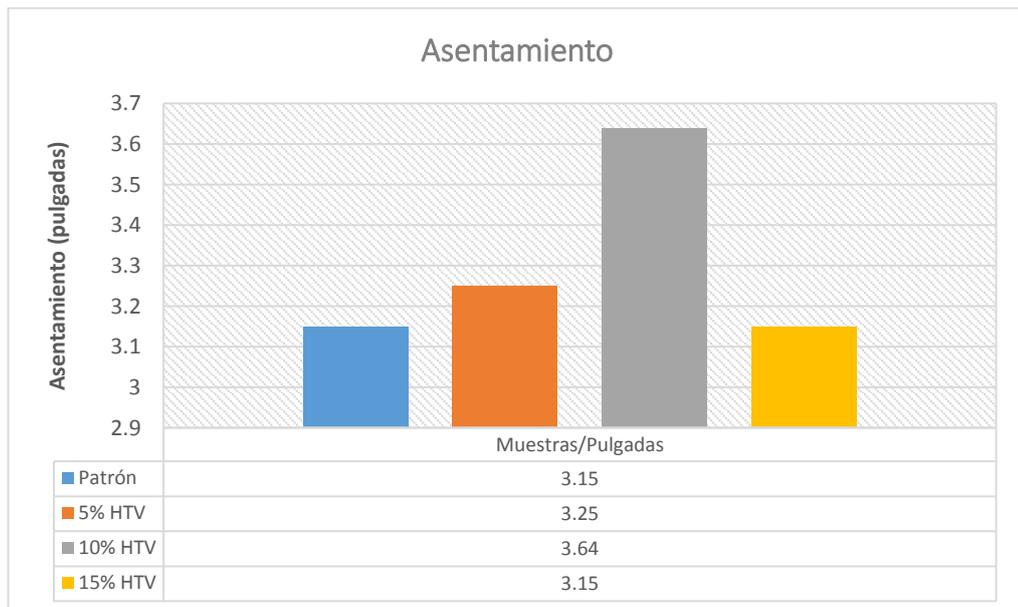
grado fluidez de la mezcla e indica que tan seco o fluido está el concreto. La distancia entre la posición inicial y la desplazada, medida en el centro de la superficie superior del concreto, se reporta como el asentamiento del concreto.

Tabla 24: Ensayo Asentamiento del Concreto Fresco con 0%, 5%, 10%, 15% de Hueso Triturado de vacuno

Concreto	Ensayo	Norma	Unidad	Patrón	Con Hueso Triturado de Vacuno			
					0% HTV	5% HTV	10% HTV	15% HTV
Estado Fresco	Asentamiento	NTP 339.035 - MTC E 705	Pulg.	3.15	3.25	3.64	3.15	

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Figura 22: Resultado de Asentamiento del Concreto Fresco



Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Se puede apreciar mediante la figura 22, que el asentamiento del concreto se mantiene dentro de los límites de diseño establecido (3" a 4") siendo la muestra patrón de 3.15". y los otros valores 3.25", 3.64" y 3.15" para 5%, 10% y 15% respectivamente, de acuerdo a la cantidad de

porcentaje de Hueso Triturado de Vacuno como agregado fino utilizado. Por ende, se muestra que la plasticidad conseguida es adecuada y está dentro de los límites.

4.4 Ensayo resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido

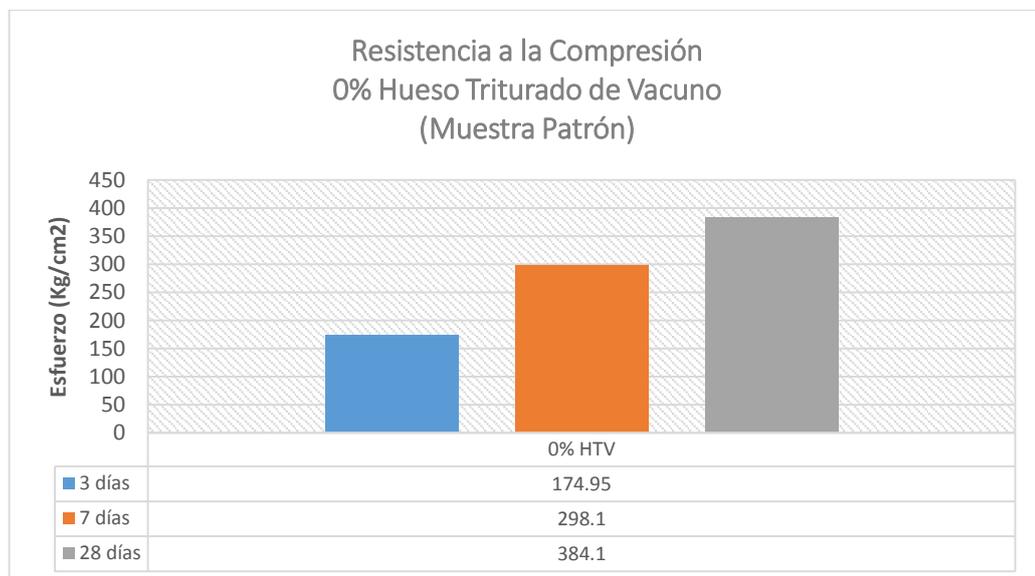
Se obtuvo los resultados de resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de cada una de las muestras de 0%, 5%, 10%, 15% de Hueso Triturado de Vacuno como agregado fino.

Tabla 25: Resistencia a la Compresión con 0% de Hueso Triturado de Vacuno

Concreto	Ensayo	Norma	F'c de Diseño	Unidad	Edades	Concreto Patrón	
						0% HTV	% Alcanzado
Estado Endurecido	Resistencia a Compresión	NTP 339.034	F'c=210 kg/cm ²	kg/cm ²	3 Días	174.95	83.00%
					7 Días	298.1	142.00%
					28 Días	384.1	183.00%

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Figura 23: Columna de Resistencia a la compresión con 0% de Hueso Triturado de Vacuno



Fuente: Elaboración Propia, 2020.

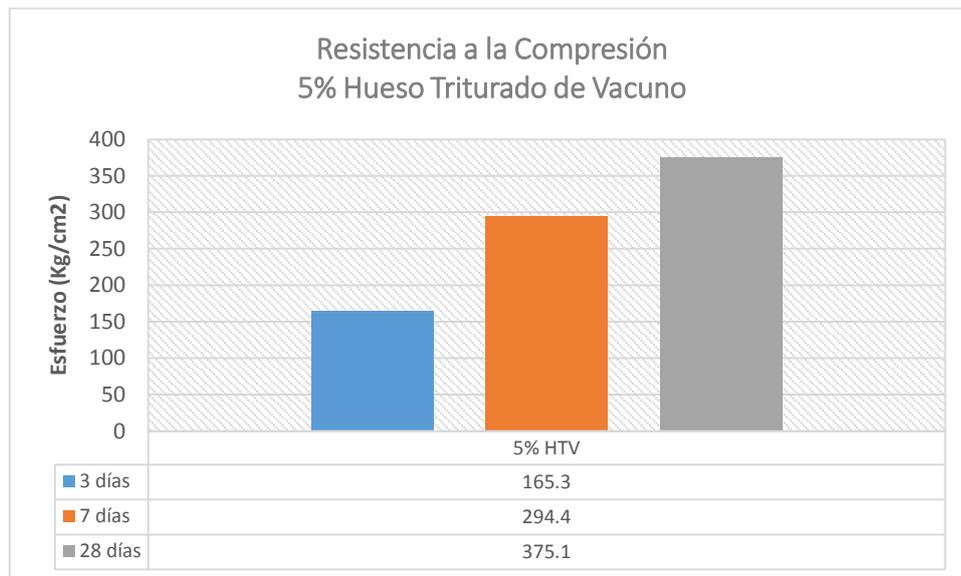
Se puede estimar según la (figura 23) que el concreto con 0% de Hueso Triturado (Concreto Patrón), a la edad de los 28 días alcanza una resistencia a la compresión de 384.1 kg/cm².

Tabla 26: Resistencia a la Compresión con 5% de Hueso Triturado de Vacuno

Concreto	Ensayo	Norma	F'c de Diseño	Unidad	Edades	Concreto Patrón	
						Con 5% HTV	% Alcanzado
Estado Endurecido	Resistencia a Compresión	NTP 339.034	F'c=210 kg/cm ²	kg/cm ²	3 Días	165.30	100.50%
					7 Días	294.40	140.50%
					28 Días	375.10	179.00%

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Figura 24: Columna de Resistencia a la compresión con 5% de Hueso Triturado de Vacuno



Fuente: Elaboración Propia, 2020.

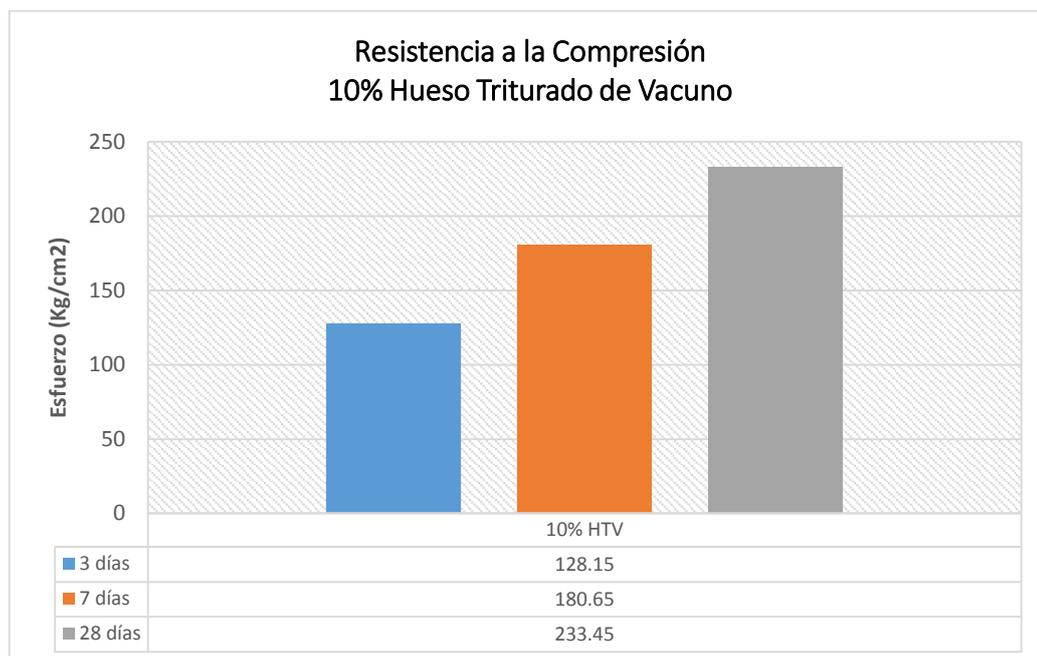
Como podemos observar la (figura 24) el concreto con 5% de Hueso Triturado de Vacuno como agregado fino, a la edad de los 28 días alcanza una resistencia a la compresión de 375.10 kg/cm², incrementando su resistencia en un 4.00 % respecto al concreto patrón.

Tabla 27: Resistencia a la Compresión con 10% de Hueso Triturado de Vacuno

Concreto	Ensayo	Norma	F'c de Diseño	Unidad	Edades	Concreto Patrón	
						Con 10% HTV	% Alcanzado
Estado Endurecido	Resistencia a Compresión	NTP 339.034	F'c=210 kg/cm ²	kg/cm ²	3 Días	128.15	61.00%
					7 Días	180.65	86.00%
					28 Días	233.45	111.50%

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Figura 25: Columna de Resistencia a la compresión con 10% de Hueso Triturado de Vacuno



Fuente: Elaboración Propia, 2020.

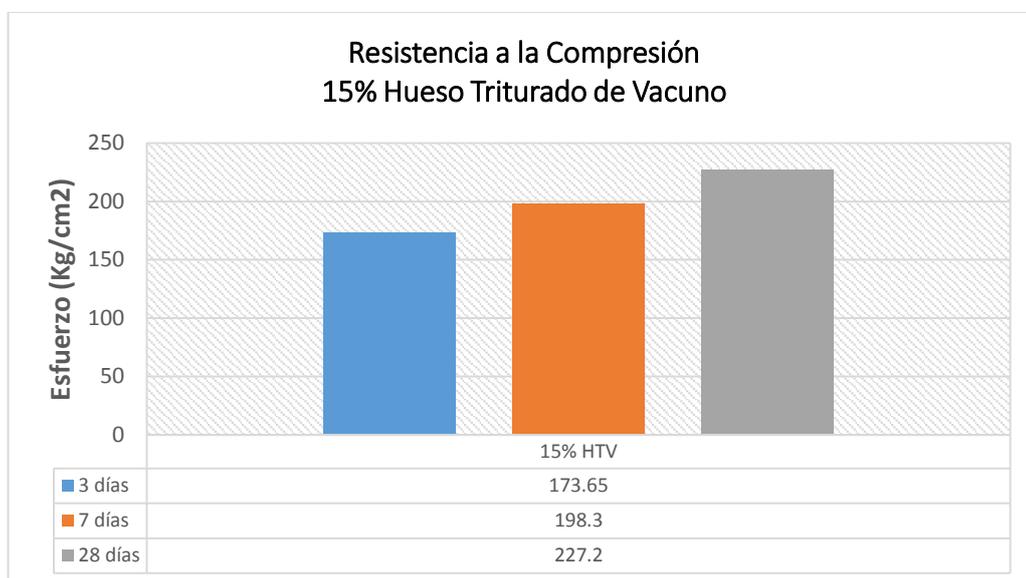
Como podemos observar la (figura 25) el concreto con 10% de Hueso Triturado de Vacuno como agregado fino, a la edad de los 28 días alcanza una resistencia a la compresión de 233.45 kg/cm², disminuyendo su resistencia en un 71.50% respecto al concreto patrón, pero manteniendo una adecuada resistencia de concreto, ya que supera a la propuesta base de 210 kg/cm² en 23.45 kg/cm².

Tabla 28: Resistencia a la Compresión con 15% de Hueso Triturado de Vacuno

Concreto	Ensayo	Norma	F'c de Diseño	Unidad	Edades	Concreto Patrón	
						Con 15% HTV	% Alcanzado
Estado Endurecido	Resistencia a Compresión	NTP 339.034	F'c=210 kg/cm ²	kg/cm ²	3 Días	173.65	83.00%
					7 Días	198.30	94.50%
					28 Días	227.20	108.50%

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Figura 26: Columna de Resistencia a la compresión con 15% de Hueso Triturado de Vacuno



Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Como podemos observar la (figura 26) el concreto con 15% de Hueso Triturado de Vacuno como agregado fino, a la edad de los 28 días alcanza una resistencia a la compresión de 227.2 kg/cm², disminuyendo su resistencia en un 74.5 % respecto al concreto patrón, pero manteniendo una adecuada resistencia de concreto, ya que supera a la propuesta base de 210 kg/cm² en 17.2 kg/cm².

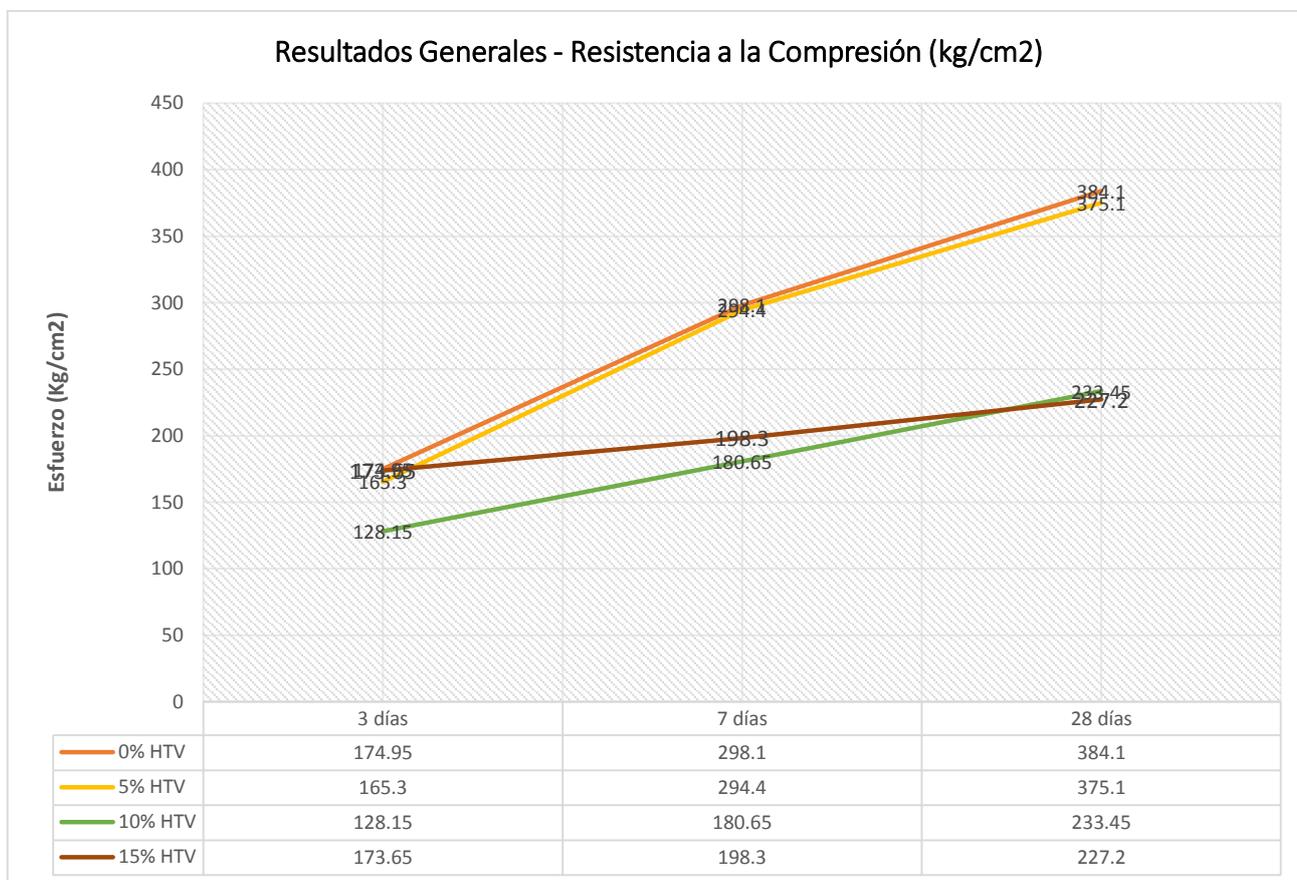
Tabla 29: Resumen Resultados de Resistencia a la Compresión

Unidad	Edades	Concreto Patrón		Con Hueso Triturado de Vacuno					
		Con 0% HTV	% Alcanzado	Con 5% HTV	% Alcanzado	Con 10% HTV	% Alcanzado	Con 15% HTV	% Alcanzado
Kg/cm ²	3 Días	174.95	83.00%	165.30	100.50%	128.15	61.00%	173.65	83.00%
	7 Días	298.1	142.00%	294.40	140.50%	180.65	86.00%	198.30	94.50%
	28 Días	384.1	183.00%	375.10	179.00%	233.45	111.50%	227.20	108.50%

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

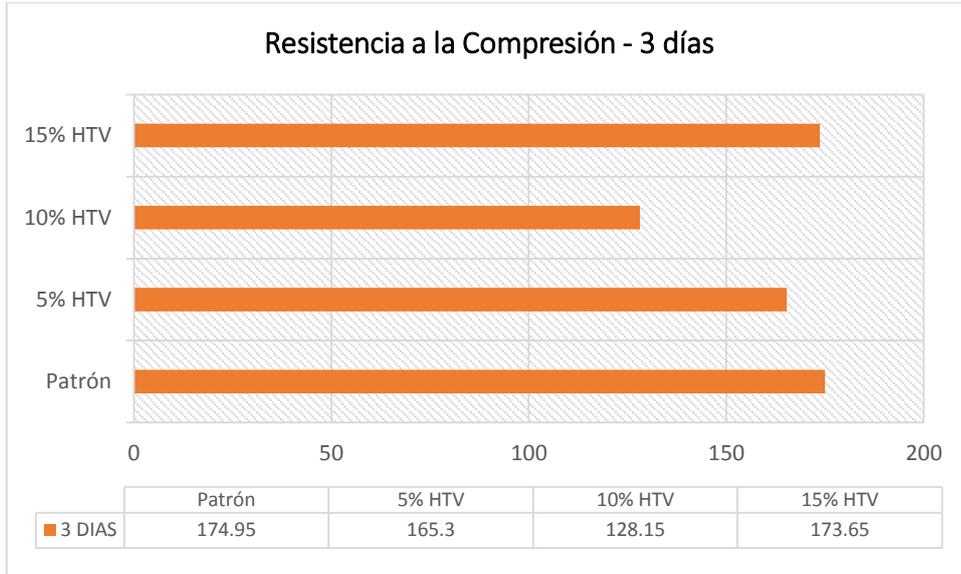
Como podemos observar la (tabla 29) el concreto con 5%, 10% y 15% de Hueso Triturado de Vacuno como agregado fino, a la edad de los 28 días alcanza resistencias por encima del diseño propuesto de 210 kg/cm², siendo el de 5% el de mejor resistencia. Asimismo, a los 3 días de edad ninguno logra alcanzar el diseño propuesto.

Figura 27: Resultados Generales



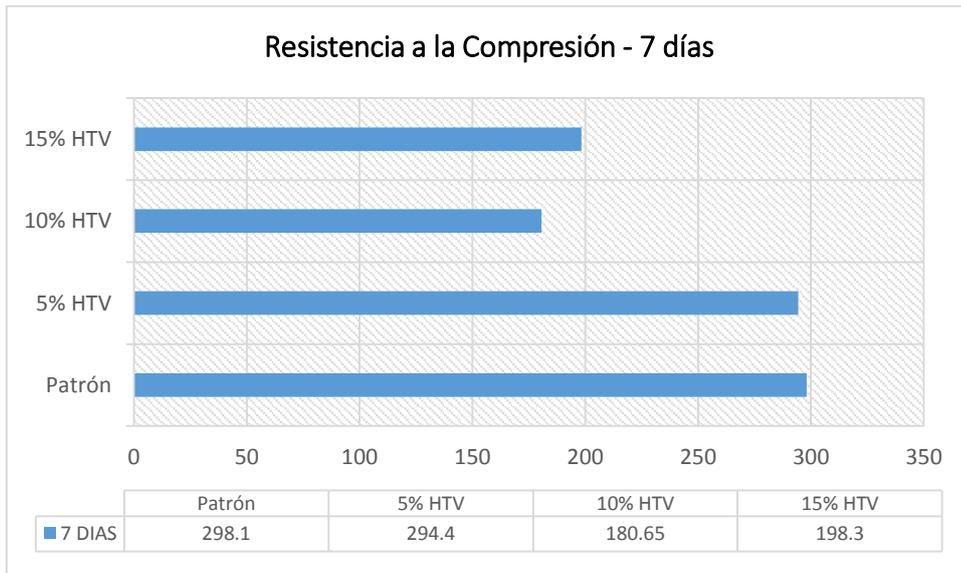
Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Figura 28: Resultado de Resistencia a la Compresión a los 3 Días



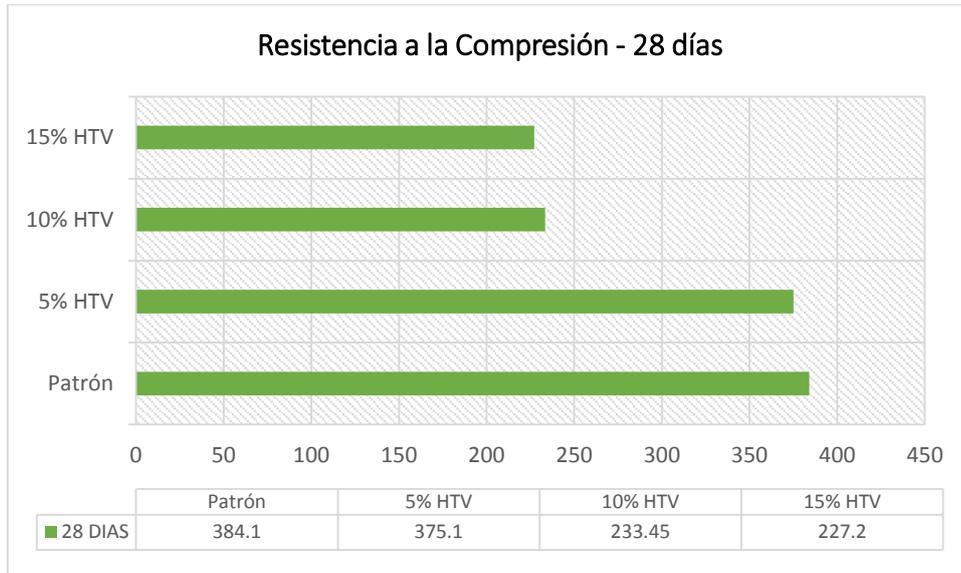
Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Figura 29: Resultado de Resistencia a la Compresión a los 7 Días



Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Figura 30: Resultado de Resistencia a la Compresión a los 28 Días



Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Se logra apreciar en las (figuras 27, 28, 29 y 30) que la resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días el concreto patrón de 0% de hueso triturado de vacuno alcanza una resistencia de 174.95 kg/cm², 298.1 kg/cm² y 384.1 kg/cm², a los 3 días el concreto de mayor resistencia resulta ser el de 15% de hueso triturado de vacuno como agregado fino con un 173.65 kg/cm², por su parte, a los 7 días el concreto de mayor resistencia resulta ser el de 5% de hueso triturado de vacuno como agregado fino con un 294.4 kg/cm² y finalmente a los 28 días el concreto que mayor resistencia resulta ser el de 5% de hueso triturado de vacuno como agregado fino con 375.1 kg/cm², seguidamente de la muestra de 10% con una resistencia de 233.45 kg/cm²; por otro lado, el concreto de menor resistencia adquirida a los 28 días resulto ser el de 15% de hueso triturado de vacuno como agregado fino con 227.2

kg/cm² pero manteniéndose por encima de la resistencia requerida,
que es de 210 kg/cm².

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el trabajo de investigación **“Modificación del diseño de mezcla del concreto convencional a partir del uso del hueso triturado como agregado grueso para ensayos de resistencia a la compresión”** realizada por Jorge Ardila Barreto y Jhon Echeverry Arias (2018), los resultados que se obtuvo para la prueba de compresión para una edad de 14 días con 10% de hueso triturado, dio un valor promedio de 20.72 Mpa (211.29 kg/cm²), siendo el valor más alto encontrado de 23.86 Mpa (243.30 kg/cm²). Mientras que para una edad de 28 días con el mismo porcentaje de hueso triturado se dio un valor promedio 25.44 Mpa (259.42 kg/cm²) de resistencia a compresión, siendo e valor más alto encontrado de 27.11 Mpa (276.45 kg/cm²). Siendo el porcentaje de 10% de hueso triturado, donde se obtuvieron los mejores resultados. **Por consiguiente, de acuerdo a esta investigación** los resultados obtenidos al reemplazar parcialmente el agregado fino por hueso triturado se obtuvo como resultado que el concreto con 10% de hueso triturado de vacuno a los 28 días alcanzó en promedio 233.45 kg/cm²; pero no precisamente es el valor más alto; ya que, al adicionar al concreto 5% de hueso triturado de vacuno como agregado fino se obtuvo uno mayor de 375.1 kg/cm² por lo que se puede evidenciar en relación al trabajo de investigación de Jorge Ardila Barreto y Jhon Echeverry Arias que ambos resultados lograron una resistencia a compresión mayor a la de diseño (210 kg/cm²); en porcentajes de 10%.

En la tesis **“Influencia de los huesos calcinados por arena, módulo de finura y relación cemento:arena sobre la resistencia a la compresión,**

densidad y capilaridad durante la elaboración de morteros modificados”

realizada por Lewis Galvez Escalante, (2018) dio como resultado a su investigación de tesis que el concreto con 0% de huesos calcinados reciclados alcanzaron una resistencia a la compresión de 258.9 kg/cm² lo cual cumple con el diseño de $f'c = 210$ kg/cm²; seguidamente los especímenes con 10% de huesos calcinados reciclados alcanzaron una resistencia de 295.5 kg/cm²; luego los especímenes con 20% de huesos calcinados reciclados alcanzaron una resistencia de 372.2 kg/cm² siendo la resistencia máxima alcanzada, para los especímenes con 30% de huesos calcinados reciclados se alcanzó una resistencia de 337.1 kg/cm²; para especímenes con 40% de huesos calcinados reciclados alcanzaron una resistencia de 319.6 kg/cm² y por último para especímenes con 50% de huesos calcinados reciclados alcanzaron una resistencia de 261.9 kg/cm² siendo esta última la de menor resistencia alcanzada; pero igual por encima del diseño requerido. Comparando con la muestra patrón demuestra que al reemplazar hueso calcinados reciclados en 10% y 20% en el concreto hace aumentar su resistencia a compresión en 14.14% y 43.76%; pero a partir del 30% empieza a disminuir. **De acuerdo a la presente investigación** los resultados obtenidos al reemplazar parcialmente el agregado fino por hueso triturado de vacuno se obtuvo como resultado que el concreto con 0% de hueso triturado de vacuno alcanza una resistencia a la compresión de 384.1 kg/cm² por lo que cumple con el diseño propuesto de $f'c = 210$ kg/cm², el concreto con 5% de hueso triturado de vacuno alcanza una resistencia de 375.1 kg/cm², el de 10% de hueso triturado de vacuno alcanza una resistencia de 233.45 kg/cm² y el concreto de 15% de hueso triturado de vacuno llega a una resistencia de 227.2 kg/cm², de todo estos resultados obtenidos al sustituir el

agregado fino podemos evidenciar en relación a la tesis mencionada de Julio Cholan de la Cruz, 2017, que nuestros porcentajes de sustitución de hueso triturado de vacuno nos brindan también buenos resultados de resistencia a la compresión, siendo el concreto de 5% de hueso triturado de vacuno uno de los más altos superando al diseño propuesto en 78.62%; si bien con 10% y 15% disminuye aún se mantiene por encima del diseño propuesto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

En el trabajo de investigación **“Influencia del óxido de calcio en la trabajabilidad, fraguado, compresión, densidad, porosidad y absorción del concreto para elementos estructurales, Trujillo 2017”** elaborado por Adriana Durand Ciudad, (2017), los resultados que obtuvo para el asentamiento fueron “teniendo en cuenta el diseño de mezcla considerando un asentamiento de 3” a 4”, donde se observó que el asentamiento de la muestra patrón sin ningún tipo de adición fue de 3 ¼” (8.26 cm) con consistencia media, dicho valor se encuentra en el rango de diseño. Por otro lado, la mezcla patrón sin adición de óxido de calcio, pero si de superplastificante al 0.2% del peso del cemento, se observó que tiene un asentamiento de 8 ½” (21.60 cm) cambiando su consistencia a húmeda y con trabajabilidad alta”. **Por lo tanto, de acuerdo a esta investigación** los resultados obtenidos al reemplazar parcialmente el agregado fino por hueso triturado de vacuno se obtuvieron como resultado que el concreto con 0%, 5%, 10% y 15% de hueso triturado de vacuno alcanzaron cada uno un asentamiento de 3.15, 3.25, 3.64 y 3.15 pulgadas por lo que se puede deducir de ambos trabajos de investigación mantienen un asentamiento adecuado para el cual fue diseñado en este caso entre los parámetros de 3 a 4 pulgadas.

En la tesis **“Influencia de las fibras de polipropileno en la fisuración asociadas a la retracción plástica en pavimentos de concreto, Huancayo 2014”** elaborado por Jhoner Frank Valero Galarza, (2015), los resultados que obtuvo para la exudación del concreto muestran que “existe una reducción en la exudación de las diferentes muestras de concreto fibroreforzadas en relación al concreto patrón. Obteniendo para concretos con fibra de 19mm en las proporciones de 400, 900 y 1500 g/m³ se obtuvieron reducciones del 3%, 29.6% y 50.3% respectivamente; por su parte, para concretos con fibra de 50mm en las proporciones de 400, 900 y 1500 g/m³ se obtuvieron reducciones del 6.6%, 32.3% y 58.1% respectivamente. Estos decrementos generan que el concreto retenga más agua; por consiguiente, logra hidratarse de manera proporcional; por su parte, la retracción en estado plástico es menor; siendo la retracción en este estado dependiente de la pérdida de agua por evaporación con respecto al contenido inicial de agua del cemento”. **Por lo tanto, de acuerdo a esta investigación** los resultados obtenidos al reemplazar parcialmente el agregado fino por hueso triturado de vacuno se obtuvo como resultado que el concreto con 0%, 5%, 10% y 15% de hueso triturado de vacuno alcanzaron cada uno una exudación de 0% para la muestra patrón y generándose decrementos del 0.4%, 0.75% y 0.1% respectivamente; por lo que se puede deducir de ambos trabajos de investigación que al agregar un nuevo material como reemplazo del agregado se genera decrementos en la exudación del concreto, siendo para esta investigación con hueso triturado mucho menor la reducción a diferencia del polipropileno.

CONCLUSIONES

1. Se efectuaron las muestras con hueso triturado de vacuno en proporciones de 5%, 10% y 15%, dichas muestras se sometieron a ensayos de asentamiento y exudación del concreto en estado fresco, ensayo de resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido, concluyendo que los efectos generados al incorporar el hueso triturado de vacuno en las propiedades del concreto son favorables hasta en un 15% respecto a la resistencia a compresión. Siendo el de mejor respuesta el de 5% de adición de hueso triturado de vacuno en todas las edades propuestas; ya que supero el diseño de resistencia propuesto de 210 kg/cm^2 . Respecto al asentamiento se dio un aumento respecto a la muestra patrón, pero manteniéndose dentro del rango del slump de diseño demostrando una buena plasticidad de la mezcla. Por último, con respecto a la exudación del concreto se muestran valores muy bajos de exudación al agregar los porcentajes de hueso triturado en 5%, 10% y 15%; siendo el valor de 0% de exudación de la muestra patrón y el máximo de los otros 0.75%, demostrando que el hueso triturado retiene el agua del concreto, pero de igual manera no se aleja del valor de la muestra patrón.
2. Se identificó el efecto que genera la incorporación de hueso triturado de vacuno en las propiedades del concreto fresco, llegando a resultar favorable tanto en asentamiento como en la exudación, para su utilización en todas las proporciones propuestas como sustituto del agregado fino. En cuanto al asentamiento se utilizó un slump de diseño de 3" – 4" para un F'C de diseño de 210 kg/cm^2 ; donde se obtuvo los siguientes resultados: la muestra patrón de 3.15". y los otros valores 3.25", 3.64" y 3.15" para 5%, 10% y 15% de

adición de hueso triturado respectivamente, demostrando una buena plasticidad de la mezcla tanto en su muestra patrón, así como con la adición de hueso triturado de vacuno, siendo favorable para su elaboración y dando una nueva opción como agregado fino al hueso triturado de vacuno. Por otro lado, la exudación del concreto mostro los siguientes valores en porcentajes: 0% para la muestra patrón y los otros valores de 0.4%, 0.75% y 0.1% para 5%, 10% y 15% de adición de hueso triturado respectivamente; demostrando que los valores de exudación al agregar hueso triturado como agregado fino son muy bajos, lo que conlleva a decir que el hueso triturado de vacuno retiene gran porcentaje de agua en el concreto lo cual es favorable para la mezcla.

3. Se evaluó los resultados obtenidos del concreto endurecido, llegando a determinar el resultado más óptimo de la resistencia a la compresión, siendo el concreto con el 5% de hueso triturado de vacuno el que mejores resultados de resistencia nos brinda a la edad de 28 días obteniéndose 375.1 kg/cm². Vale decir, que las resistencias obtenidas con el 10% y 15% de adición de hueso triturado de vacuno también cumplieron adecuadamente con la resistencia de diseño establecida (210 kg/cm²) siendo mayores a esta; 233.45 kg/cm² y 227.2 kg/cm² respectivamente. Concluyendo que en los tres porcentajes propuestos de hueso triturado de vacuno se obtienen resistencias por encima de la resistencia de diseño a los 28 días. Esto conlleva, a que se pueda tomar en cuenta al hueso de vacuno como una opción real para reemplazar en porcentajes de hasta 15% al agregado fino; generando así la utilización de un nuevo material en el diseño de mezcla de concreto, promoviendo también el reciclaje de este material orgánico, dándole una nueva utilidad en bienestar de la población.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los bachilleres de ingeniería civil que desean realizar investigaciones sobre concreto, que puedan realizar ensayos con porcentajes de hueso triturado de vacuno a partir de 20%, 25% o 30% para poder determinar si continua la constante de disminución de resistencia, o caso contrario se mantenga un equilibrio sin bajar del diseño de resistencia propuesto.
2. A los bachilleres de ingeniería civil se recomienda realizar ensayos de laboratorio con la incorporación de hueso triturado de vacuno, tales como el ensayo para determinar la absorción del concreto, ensayo de resistencia a la flexión del concreto. Asimismo, poder utilizar otras partes óseas del ganado vacuno, para ver su efectividad en los ensayos de concreto; tales como: costillas, cráneo, entre otros restos óseos que son desechados y no tienen una segunda utilización.
3. Para un estudio a futuro se invita a los bachilleres de ingeniería civil poder evaluar el concreto con un 5%, 10% y 15% de hueso triturado de vacuno en la utilización de adoquines de concreto para un tránsito ligero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABANTO, Flavio. *Tecnología del Concreto*. Lima: Editorial San Marcos, 2017. 242 pp. ISBN: 0978612315463

ABANTO, Flavio. *Tecnología del Concreto*. 2ª. ed. Lima: Editorial San Marcos, 2009. 244 pp. ISBN: 9786123020606

ABSALÓN, Víctor y SALAS, Ringo. *Influencia en el diseño de mezcla de agregados de diferente procedencia en el Estado de Mérida*. Tesis de titulación de: Ingeniería Civil. Mérida: Universidad de los Andes, 2008. Disponible en http://bdigital.ula.ve/storage/pdftesis/pregrado/tde_arquivos/7/TDE-2010-05-05T05:20:33Z-863/Publico/Absalon_Salas.pdf

AGUINAGA, Héctor. *Osteología*. [En línea]. Nanopdf.com. 2018. [Fecha de consulta: 25 de Julio de 2020]. Disponible en https://nanopdf.com/download/osteologia-5b2f0ef527387_pdf

ANÓNIMO (s.f.). *CoDeco nutriline*. [Fecha de consulta: 25 de Julio de 2020]. Disponible en <http://www.codeconutriline.com/ingredientes-colageno/>

ARANGO, J. *Metodología de la investigación*. [En línea]. SlideShare. 2011. [Fecha de consulta: 25 de Julio de 2020]. Disponible en <http://es.slideshare.net/jcarangoq72/tema-3-escoger-el-tema-y-formular-el-problema-de-investigación>

ARANIBAR, Alexander. *Determinación predictiva de la cavitación por parámetros sónicos*. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2016. Disponible en

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3237/MCarcaaa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ARDILA, Jorge y ECHEVERRY, Jhon. *Modificación del diseño de mezcla del concreto convencional a partir del uso del hueso triturado como agregado grueso para ensayos de resistencia a la compresión*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Colombia: Universidad Piloto de Colombia, 2018. Disponible en <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00004849.pdf>

ARIAS, Fidias. *El proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica*. 6ª. ed. Caracas: Editorial Episteme, 2012. 143 pp.

ARRIOLA, José. *Diseño de morteros con cementos hidráulicos para la construcción de muros con elementos de mampostería*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos, 2009. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3077_C.pdf

ASOCIACIÓN Colombiana de Productores de Concreto (Colombia). *Tecnología del Concreto: Materiales Propiedades y Diseño de Mezcla*. 3ª.ed. Colombia: Nomos Impresores, 2010. ISBN: 9789588564036

ATLAS de histología vegetal y animal. [En línea]. 2016, [Fecha de consulta: 22 de Julio de 2020]. Disponible en https://mmegias.webs.uvigo.es/a-imagenes-grandes/oseo_compacto.php

BIONDI, Ana. *Después del agua, es el concreto lo que más consume la humanidad*. CAPECO: *Materiales. Construcciones e Industria*. Revista de la cámara peruana de la construcción. 2016. [Fecha de consulta: 2 de

Agosto de 2020]. N°. 326. 66 – 69 pp. Disponible en <https://issuu.com/capeco.org/docs/rcei1216>

BORJA, Manuel. *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. 2012. Disponible en <https://es.slideshare.net/manborja/metodologia-de-inv-cientifica-para-ing-civil>

CAEIRO, J., Gonzales, P. y Guede, D. *Biomecánica y huesos (y II): ensayos en los distintos niveles jerárquicos del hueso y técnicas alternativas para la determinación de la resistencia ósea*. Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral. 2013. [Fecha de consulta: 20 de Julio de 2020]. 99 – 108 pp. Disponible en http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1889-836X2013000200007. ISSN: 21732345

CARACTERÍSTICAS mecánicas dinámicas de la tibia aislada de perro sometida a prueba de impacto por Fioretti, Rita. [et al.]. Scielo. [en línea].2013. [Fecha de consulta: 18 de Julio de 2020]. Disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0717-95022013000200033&lng=es&nrm=iso. ISSN: 07179502

CHANGOLUISA, Diego y OÑA, Gloria. *Diseño de hormigón biocompuesto a partir de residuos de osamentas de animales*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Quito: Universidad Central del Ecuador, 2018. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/14413>

COMPARISON of three-point bending test and peripheral quantitative computed tomography analysis in the evaluation of the strength of mouse femur and

tibia por TJämsä [et al.]. Science Direct. [en línea]. 1998, 155 – 161 pp.
[Fecha de consulta: 20 de Julio de 2020]. Disponible en
[https://www.researchgate.net/publication/13582770_Comparison_of_thre
e-
point_bending_test_and_peripheral_quantitative_computed_tomography
_analysis_in_the_evaluation_of_the_strength_of_mouse_femur_and_tibi
a](https://www.researchgate.net/publication/13582770_Comparison_of_three-point_bending_test_and_peripheral_quantitative_computed_tomography_analysis_in_the_evaluation_of_the_strength_of_mouse_femur_and_tibia)

DURAND, Adriana. *Influencia del óxido de calcio en la trabajabilidad, fraguado, compresión, densidad, porosidad y absorción del concreto para elementos estructurales*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2018. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12743>

ENSAYO de compresión en la mitad de la diáfisis del hueso tibia de perro por Rita Fioretti [et al.]. Morfovirtual. [en línea]. 2016. [Fecha de consulta: 18 de Julio de 2020]. Disponible en <http://www.morfovirtual2016.sld.cu/index.php/Morfovirtual/2016/paper/view/131>

ESCUELA Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. *Máquina de Impacto*. Laboratorio de Producción. 2011. [Fecha de consulta: 25 de Julio de 2020]. Disponible en http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7124_impacto.pdf

ESPERANTE, Raúl. *Los Neandertales construían casas con huesos de mamut*. *Geoscience*. 2013. [Fecha de consulta: 20 de Julio de 2020]. Disponible

en <https://www.grisda.org/espanol/los-neandertales-construian-casas-con-huesos-de-mamut>

FERNÁNDEZ, Manuel. *Hormigón*. 9ª. ed. Trujillo: Editorial Colegio de Ingenieros de Caminos, canales y puertos, 2013. 692 pp. ISBN: 9788415452508

GÁLVEZ, Lewis. *Influencia de los huesos calcinados por arena, módulo de finura y relación cemento:arena sobre la resistencia a la compresión, densidad y capilaridad durante la elaboración de morteros modificados*. Tesis (Título de Ingeniero de Materiales). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2018.

GLOOBE, Hanan. *Anatomía aplicada del bovino*. En H. Gloobe, *Anatomía aplicada del bovino*. 1989, 226 pp. [Fecha de consulta: 20 de Julio de 2020]. Disponible en <https://books.google.nl/books?id=MeU2Ru8k1qoC&printsec=copyright&hl=es#v=onepage&q&f=false>. ISBN: 929039160-X

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. *Metodología de la investigación*. México: McGraw-HILL/Interamericana Editores. 2014, 6ª. ed. 600 pp. ISBN: 9781456223960

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. *Metodología de la investigación*. México: McGraw-HILL/Interamericana Editores. 2010, 5ª. ed. 600 pp. ISBN: 9786071502919

INSTITUTO Mexicano del cemento y del concreto. *Conceptos básicos del concreto*. 2004. Cap. 2. Disponible en <http://www.imcyc.com/cyt/julio04/CONCEPTOS.pdf>

MAMLOUK, Michael. y ZANIEWSKI, John. *Materiales para ingeniería civil*.

Editorial Pearson. 2009, 2ª. ed. 618 pp. ISBN: 9788483225103

MAYTA Rojas, Jhonatan. *Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2014. Disponible en

<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/403>

MEDLINE Plus. *Medline Plus*. 2017. Disponible en

<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002249.htm>

MEDLINE Plus. *Medline Plus*. 2017. Disponible en

<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002249.htm>

MENDOZA, Alvaro. *Estudio de las propiedades mecánicas del sistema óseo*.

Revista ingeniería e investigación. [en línea]. 1998, 53 -56 pp. [Fecha de

consulta: 18 de Julio de 2020]. Disponible en

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingevinv/article/view/21059>. ISSN:

22488723

MICHAEL, H. Texto y atlas color con biología celular y molecular. Editorial

Panamericana. 2013. 4ª. ed. 994 pp. ISBN: 9789500603225

MORA, Jaime. Tejido óseo, una nueva alternativa en agregados para el concreto.

Revista ingeniería solidaria. [en línea]. 2019, Vol. 25, n°1. [Fecha de

consulta: 27 de Julio de 2020]. Disponible en

<https://doi.org/10.16925/2357-6014.2019.01.07>

NTP 339.033 Practica normalizada para la elaboración y curado de especímenes

de concreto en campo (INDECOPI-CNB 13 de 09 de 2009).

- NTP 339.034, Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas (INDECOPI-CRT 25 de 01 de 2008).
- NTP 339.035, Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland (INDECOPI-CNB 20 de 02 de 2010).
- NTP 339.046, Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón, concreto (INDECOPI-CNB 26 de 09 de 2008).
- NTP 339.077, Métodos de ensayo normalizados para exudación del concreto (INDECOPI-CNB 01 de 02 de 2013).
- NTP 339.088, Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland, requisitos (INDECOPI-CRT 06 de 03 de 2006).
- NTP 339.185, Método de ensayo normalizado para contenidos de humedad total evaporable de agregados por secado (CNB-INDECOPI 07 de 08 de 2013).
- NTP 400.010, Extracción y preparación de las muestras (INDECOPI-CRT 24 de 01 de 2001).
- NTP 400.012, Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global (INDECOPI.CRT 31 de 05 de 2001).
- NTP 400.013, Método de ensayo normalizado para determinar el efecto de las impurezas orgánicas del agregado fino sobre la resistencia de morteros y hormigones (INDECOPI-CRT 18 de 07 de 2018).

NTP 400.017, Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado (INDECOPI-CRT 21 de 04 de 1990).

NTP 400.021, Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso (INDECOPI-CRT 16 de 05 de 2002).

NTP 400.022, Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino (CNB-INDECOPI 26 de 12 de 2013).

NTP 400.037, Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón, concreto (INDECOPI-CRT 27 de 02 de 2002).

PASQUEL, Enrique. *Tópicos de Tecnología de Concreto*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú. [en línea]. 1998. 2ª. ed. [Fecha de consulta: 23 de Julio de 2020]. Disponible en https://es.slideshare.net/cmanuel_locky/topicos-de-tecnologia-del-concreto-en-el-peru

PÉREZ, J. *Comportamiento físico mecánico (resistencia a compresión, resistencia a flexión y resistencia a tracción) del concreto con fibras de polipropileno – Trujillo-La Libertad*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2016.

RIVVA, Enrique. *Naturaleza y materiales de concreto*. Lima: ACI-Perú. [en línea]. 2000, 402 pp. [Fecha de consulta: 20 de Julio de 2020]. Disponible en <https://es.scribd.com/doc/298319772/Materiales-Para-El-Concreto-Enrique-Rivva-Lopez>

- RODRÍGUEZ, F. (s.f.). *Biblioarqueología*. [Fecha de consulta: 23 de Julio de 2020]. Disponible en <http://www.biblioarqueologia.com/doc/080306RODRIGUEZ2005.pdf>
- SABÁ, Carlos. *Evaluación de la incidencia de la cal en las propiedades físico – mecánicas de tres tipos de mortero de albañilería*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos, 2006. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2619_C.pdf
- SÁNCHEZ, E. *Histología de tejido óseo*. [en línea]. 2016. [Fecha de consulta: 20 de Julio de 2020] Disponible en http://terapiahistoerika.blogspot.com.co/2016/08/histologia-de-tejido-oseo-la-histologia_19.html
- SANZANA, Edgardo. *Estudio comparativo de la utilidad de los cementos y vidrios basados en fosfatos de calcio como sustitutivos óseos en defectos cavitatorios experimentales*. Barcelona. Universitat de Barcelona, 2004. Disponible en <https://www.tdx.cat/handle/10803/1221#page=1>
- SCHLUMBERGER. Oilfield Glossary. *Resistencia a la compresión uniaxial*. [Fecha de consulta: 20 de Julio de 2020]. Disponible en https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/u/uniaxial_compressive_strength.aspx
- SEMFYC. *Osteoporosis Manejo: Prevención, Diagnóstico y Tratamiento*. Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria. Barcelona: semFYC ediciones. [en línea] 2014, [Fecha de consulta: 20 de Julio de 2020]. Disponible en

file:///C:/Users/WINDOWS/AppData/Local/Temp/Libro_Osteoporosis14_Def.pdf. ISBN: 9788415037439

SIKA. *Concreto, Aditivos para el concreto*. [Fecha de consulta: 25 de Julio de 2020]. Disponible en <https://per.sika.com/es/construccion/mineria/obras-civiles/aditivos-para-concreto.html>

SILVERSTEIN, Jeffrey, MOELLER, James y HUTCHINSON, Mark. Common Issues In Orthopedics. [Fecha de consulta: 19 de Julio de 2020]. Disponible en <https://musculoskeletalkey.com/common-issues-in-orthopedics/>

SINC. *Cuanto más corra, mayor será la densidad de sus huesos*. [en línea]. 2016. [Fecha de consulta: 19 de Julio de 2020]. Disponible en <http://www.agenciasinc.es/Noticias/Cuanto-mas-corra-mayor-sera-la-densidad-de-sus-huesos>

SISSON, S. y Grossman, D. *Anatomía de los animales domésticos*. Madrid: Editorial Masson S.A. 1985, 5ª. ed. 1416 pp. ISBN: 9788445807224

TAMAYO, Mario. *El proceso de la investigación científica*. [en línea]. México: Editorial. 2002, 4ª. ed. [Fecha de consulta: 15 de Julio de 2020]. Disponible en <http://evirtual.uaslp.mx/ENF/220/Biblioteca/Tamayo%20Tamayo-El%20proceso%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%20cient%C3%ADfica2002.pdf>

VALERO, Jhoner. *Influencia de las fibras de polipropileno en la fisuración asociadas a la retracción plástica en pavimentos de concreto, Huancayo*

2014. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015.

VILLARROEL, Juan. *Evaluación del porcelanato reciclado y dosificación en mortero de asentado sobre la resistencia a compresión, absorción, densidad y flujo, Trujillo 2017*. Tesis (Título de ingeniero civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2017. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10191>

VOEGELI, Antonio. *Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor*. [en línea]. Barcelona: Industrias Grafiques Ferré Olsina. 2001. Disponible en <https://books.google.com.co/books?id=SQLjKjpZwY8C&pg=PA50&lpg=PA50&dq=resistencia+a+la+flexion+del+hueso&source=bl&ots=guKCiq1AYb&sig=fSPdaZq6NAfRNHvm1mmbqjUG2Nc&hl=es->. ISBN: 8407001988

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia.

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tema: UTILIZACIÓN DE HUESO TRITURADO DE VACUNO COMO AGREGADO FINO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>P. General. ¿De qué manera la adición de hueso triturado de vacuno como agregado fino influye en el mejoramiento de las propiedades del concreto?</p> <p>P. Específicos a) ¿Cómo afecta la adición de hueso triturado de vacuno como agregado fino en las propiedades en estado fresco del concreto?</p> <p>b) ¿En qué afecta la aplicación de hueso triturado de vacuno como agregado fino en las propiedades en estado endurecido del concreto?</p>	<p>O. General. Determinar la influencia de la adición de huesos triturados de vacuno como agregado fino en las propiedades del concreto.</p> <p>O. Específicos a) Identificar el efecto de la adición de hueso triturado de vacuno como agregado fino en las propiedades en estado fresco del concreto. b) Evaluar el efecto de la aplicación de hueso triturado como agregado fino en las propiedades en estado endurecido del concreto.</p>	<p>Antecedentes Internacionales: Ardila y Echeverry (2018) realizaron su trabajo de grado "Modificación del diseño de mezcla del concreto convencional a partir del uso del hueso triturado como agregado grueso para ensayos de resistencia a la compresión"</p> <p>Changoluisa y Oña (2018) realizaron su proyecto de investigación "Diseño de hormigón biocompuesto a partir de residuos de osamentas de animales"</p> <p>Mora (2018) realizó un artículo de investigación "Tejido óseo, nueva alternativa en agregados para el concreto"</p> <p>Antecedentes Nacionales: Gálvez (2018) realizó su tesis "Influencia de los huesos calcinados por arena, módulo de finura y relación cemento:arena sobre la resistencia a la compresión, densidad y capilaridad durante la elaboración de morteros modificados"</p> <p>Durand (2017) realizó su tesis "Influencia del óxido de calcio en la trabajabilidad, fraguado, compresión, densidad, porosidad y absorción del concreto para elementos estructurales, Trujillo 2017"</p> <p>Valero (2015) realizó su tesis "Influencia de las fibras de polipropileno en la fisuración asociadas a la retracción plástica en pavimentos de concreto, Huancayo 2014"</p>	<p>Hipótesis General La adición de hueso triturado de vacuno como agregado fino mejora positivamente las propiedades del concreto.</p> <p>Hipótesis Específico a) La adición de hueso triturado de vacuno como agregado fino en las propiedades en estado fresco del concreto afecta positivamente. b) La aplicación de hueso triturado de vacuno como agregado fino incrementa las propiedades en estado endurecido del concreto.</p>	<p>Variable (X): Hueso triturado de vacuno Es tejido conectivo que mantiene constante el ambiente iónico dentro del organismo mediante regulación homeostática, proporciona locomoción y presta soporte a los tejidos.</p> <p>Variable (Y): Propiedades del Concreto Características físicas que determinan el estado del concreto en sus dos estados (fresco y endurecido).</p>	<p>TIPO: Aplicada NIVEL: Descriptiva - Explicativa MÉTODO: Científico DISEÑO: Cuasi Experimental ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN El enfoque de la investigación será cuantitativo y cualitativo POBLACIÓN Y MUESTRA Población: La población en la presente investigación será el diseño de mezcla de concreto convencional y el diseño de mezcla de concreto con adición de hueso triturado de vacuno como agregado fino; dicho hueso que será recogido, procesado y triturado, proveniente del mercado Modelo de Huancayo, El Tambo y Chilca sector carnes; así como, carnicerías y restos óseos de vacuno de restaurantes, de la Provincia de Huancayo, Departamento de Junín. Muestra: La muestra será determinada según el tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia, será de 16 muestras para ensayos de concreto en estado fresco y 48 probetas para ensayos de concreto en estado endurecido. Siendo un total de 64 muestras.</p>

Fuente: Elaboración Propia, 2020