

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Propuesta de diseño de mezcla de concreto liviano usando arcilla expandida, Huánuco – 2021”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA: Justiniano Hurtado, Lizeth Adelaida

ASESOR: Jacha Rojas, Johnny Prudencio

HUÁNUCO – PERÚ

2023

U

D

H



TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Gestión en la construcción

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 46865618

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 40895876

Grado/Título: Maestro en ingeniería de sistemas e informática con mención en: gerencia de sistemas y tecnologías de información

Código ORCID: 0000-0001-7920-1304

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Lambruschini Espinoza, Reyder Alexander	Título oficial de máster universitario en ingeniería hidráulica y medio ambiente	45250659	0000-0003-0701-2621
2	Guarniz Flores, Joel Luis	Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	46064394	0000-0003-1651-8683
3	Gomez Valles, Jhon Elio	Maestro en diseño y construcción de obras viales	45623860	0000-0001-6424-6032



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO (A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:00 horas del día martes 18 del mes de julio del año 2023, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

MG. REYDER ALEXANDER LAMBRUSCHINI ESPINOZA	(PRESIDENTE)
MG. JOEL LUIS GUARNIZ FLORES	(SECRETARIO)
MG. JHON ELIO GOMEZ VALLES	(VOCAL)

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 1460-2023-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "PROPUESTA DE DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO LIVIANO USANDO ARCILLA EXPANDIDA, HUÁNUCO - 2021", presentado por el (la) Bach. Lizeth Adelaida JUSTINIANO HURTADO, para optar el Título Profesional de Ingeniero (a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) aprobado por unanimidad con el calificativo cuantitativo de 15 y cualitativo de Buena (Art. 47)


Siendo las 16:55 horas del día 18 del mes de Julio del año 2023, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



MG. REYDER ALEXANDER LAMBRUSCHINI ESPINOZA
ORCID: 0000-0003-0701-2621
PRESIDENTE



MG. JOEL LUIS GUARNIZ FLORES
ORCID: 0000-0003-1651-8683
SECRETARIO



MG. JHON ELIO GOMEZ VALLES
ORCID: 0000-0001-6424-6032
VOCAL



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, ...Johnny Prudencio JACHA ROJAS..... ,
asesor(a) del PA Ingeniería Civil..... y designado(a)
mediante documento ..RESOLUCIÓN N.º 0741-2020-D-FI-UDH..... del (los)
estudiante(s) **JUSTINIANO HURTADO, LIZETH ADELAIDA**.....

....., de
la investigación titulada:

..... **PROPUESTA DE DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO LIVIANO USANDO
ARCILLA EXPANDIDA, HUÁNUCO - 2021**.....

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del²³ %
verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el
Software Antiplagio Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no
constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de
Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime
conveniente.

Huánuco, 21... de JULIO.....de .2023...


 Johnny P. Jacha Rojas
INGENIERO DE SISTEMAS
Mg. Jacha Rojas Johnny Prudencio
DNI: 40895876
ORCID. 0000-0001-7920-1304
Asesor

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	3%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
5	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	2%
6	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	1%
9	Submitted to Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote	1%



Johnny P. Jacha Rojas
INGENIERO DE SISTEMAS

Mg. Jacha Rojas Johnny Prudencio

DNI: 40895876

ORCID. 0000-0001-7920-1304

Asesor

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a DIOS, que es quien me ha dado la fuerza necesaria para continuar con mi trabajo.

A mis padres, por su ayuda incondicional, su comprensión, su cariño y sus consejos para conseguir mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a DIOS por todas sus bendiciones y por permitirme disfrutar cada logro con mi familia, agradecer también a la universidad y a sus docentes porque fue a través de ellos que me formé como profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
CAPITULO I.....	13
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	14
1.3. OBJETIVOS	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	15
1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	15
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	15
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	16
CAPITULO II.....	17
MARCO TEORICO	17
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	17
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	19
2.2. BASES TEORICAS.....	22
2.2.1. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	22
2.2.2. ENSAYO AL CONCRETO ENDURECIDO	25
2.2.3. CONCRETO LIGERO.....	28

2.2.4.	CONCRETO LIGERO CON ARCILLA EXPANDIDA.....	31
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	33
2.4.	HIPÓTESIS.....	34
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL.....	34
2.4.2.	HIPÓTESIS ESPECIFICAS	34
2.5.	VARIABLES	35
2.5.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE	35
2.5.2.	VARIABLE DEPENDIENTE	35
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	36
CAPITULO III.....		37
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		37
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	37
3.1.1.	ENFOQUE	37
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL	37
3.1.3.	DISEÑO	37
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	38
3.2.1.	POBLACIÓN	38
3.2.2.	MUESTRA	38
3.3.	TECNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS ..	
	39
3.3.1.	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	39
3.3.2.	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	40
3.3.3.	PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	
	40
CAPITULO IV		43
RESULTADOS		43
4.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS	43
4.1.1.	PROPIEDADES DEL AGREGADO FINO.....	43
4.1.2.	PROPIEDADES DE LA ARCILLA EXPANDIDA	51
4.1.3.	FASE EXPLORATORIA.....	64
4.1.4.	ANÁLISIS DE PORCENTAJE (%) DE DISMINUCIÓN DEL	
	PESO ENTRE EL DISEÑO CONTROL Y DISEÑO MUESTRAL.....	75
4.1.5.	ANÁLISIS DE PESO ENTRE EL DISEÑO CONTROL Y	
	DISEÑO MUESTRAL.....	75

4.1.6. ANÁLISIS RESISTENCIA DEL CONCRETO MODIFICADO ENTRE EL DISEÑO CONTROL Y DISEÑO MUESTRAL.....	76
4.1.7. ANÁLISIS DE COSTOS ENTRE EL DISEÑO CONTROL Y DISEÑO MUESTRAL.....	76
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.	77
4.2.1. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL.....	77
4.2.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECIFICAS	78
CAPITULO V	82
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	82
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES.....	90
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	91
ANEXOS.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de los hormigones ligeros.	29
Tabla 2 Resultados de datos del laboratorio, volumen del agua.....	32
Tabla 3 Operacionalización de Variables.....	36
Tabla 4 Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino M-1.....	45
Tabla 5 Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino M-2.....	46
Tabla 6 Análisis granulométrico del agregado fino M-3	47
Tabla 7 Módulo de fineza del agregado fino – promedio	48
Tabla 8 Peso unitario suelto del agregado fino	49
Tabla 9 Peso unitario compactado del agregado fino	49
Tabla 10 Contenido de humedad.....	50
Tabla 11 Materiales que pasan por el tamiz N° 200 de la grava fina	50
Tabla 12 Análisis granulométrico de la arcilla expandida M-1	52
Tabla 13 Análisis granulométrico de la arcilla expandida M-2	53
Tabla 14 Análisis granulométrico de la arcilla expandida M-3	54
Tabla 15 Peso Unitario de la Arcilla Expandida – Promedio	55
Tabla 16 Peso unitario suelto de la arcilla expandida	55
Tabla 17 Masa única petrificada de la arcilla expandida.....	56
Tabla 18 Absorción de arcilla expandida	56
Tabla 19 Análisis Granulométrico muestra M-1 arcilla expandida	57
Tabla 20 Análisis Granulométrico muestra M-2 arcilla expandida	59
Tabla 21 Análisis Granulométrico muestra M-3 arcilla expandida	61
Tabla 22 Módulo de fineza de la arcilla expandida	63
Tabla 23 El material pasó por el tamiz número 200 de los agregados de arcilla expandida	64
Tabla 24 Peso unitario de concreto estructural de baja densidad.....	66
Tabla 25 Asentamiento de concreto estructural con arcilla expandida	68
Tabla 26 Temperatura del concreto estructural arcilla expandida.....	69
Tabla 27 Durabilidad en la compactación de la arcilla expandida de acuerdo al día de curado	72
Tabla 28 Módulo de flexibilidad.....	74
Tabla 29 Porcentaje (%) de disminución del peso	75
Tabla 30 Peso x m3 del diseño de concreto control y muestral	75

Tabla 31 Resistencia a la compresión Kg/cm ² del diseño de concreto control y muestral	76
Tabla 32 Costo por m ³ de concreto muestral	76
Tabla 33 Costo por m ³ de concreto control	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Selección de la grava fina por método de tamaños de las partículas de arena.....	43
Figura 2 Cribado por análisis granulométrico.....	44
Figura 3 Tamizado de agregado fino para el ensayo granulométrico.	44
Figura 4 Arcilla expandida para los ensayos de laboratorio.....	51
Figura 5 Curva granulométrica muestra M-1 arcilla expandida.....	58
Figura 6 Curva granulométrica muestra M-2 arcilla expandida.....	60
Figura 7 Curva granulométrica muestra M-3 arcilla expandida.....	62
Figura 8 Proporciones de agregados y cemento para la elaboración del concreto liviano con arcilla expandida	64
Figura 9 Proceso de preparación de la mezcla para el concreto liviano	65
Figura 10 Prueba de asentamiento.....	67
Figura 11 Exudación de muestras de concreto con arcilla expandida.	68
Figura 12 Preparación de las muestras de concreto de acuerdo a lo que estipula la norma.....	69
Figura 13 Terminación de las probetas de concreto.....	70
Figura 14 Control de temperatura durante el curado del concreto para un óptimo desarrollo de resistencia	70
Figura 15 Testigos para ensayos de resistencia.....	71
Figura 16 Ruptura de probetas	71
Figura 17 Resistencia de acuerdo al día de curado.....	73

RESUMEN

El objetivo de nuestra investigación, fue diseñar una mezcla de concreto ligero con arcilla expandida para aligerar elementos estructurales, de esta manera a través de pruebas y ensayos de laboratorio podemos establecer realizar un diseño con la finalidad para contribuir a la gran demanda del uso del concreto y obtener edificaciones de mayor altura y ligeras. La investigación fue de tipo básica, nivel correlacional, de diseño transaccional. La muestra estuvo conformada por 75 ensayos de compresión. El instrumento que se utilizó, fue la fichas normailizadas y la resistencia a la compresión del concreto.

La presente investigación se encuentra dentro de la línea de investigación en estructuras. Como resultados se tuvo que el uso de arcilla expandida aligera el peso del concreto con un diseño de 210 kg/cm², pero no logra la resistencia a la compresión para ser estructural, por tanto, se acepta la Hipótesis Nula (H₀) y se rechaza la hipótesis alterna (H_a). A los 28 días, la densidad y resistencia del concreto alcanzadas al sustituir el 14% de uso de arcilla expandida fueron de 1618.49 kg/m³ y $f'c = 175.55$ kg/cm², con lo cual queda probado que el concreto obtenido se encuentra en el rango de resistencia a la compresión, para concreto liviano no estructural. En la prueba de contrastación de hipótesis, puede advertir que el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida, alcanzó una disminución del 31.36%, por lo que frente esos resultados rechazamos la hipótesis nula (H₀) y se acepta la Hipótesis de Investigación (H_i).

Palabras clave: diseño de mezcla, concreto liviano, arcilla expandida, variación de peso, concreto modificado.

ABSTRACT

The objective of our research was to design a mixture of lightweight concrete with expanded clay to lighten structural elements, in this way, through tests and laboratory trials, we can establish a design with the purpose of contributing to the great demand for the use of concrete. and obtain taller and lighter buildings. The research was of a basic type, correlational level, transactional design. The sample consisted of 75 compression tests. The instrument that was used was the normalized file and the compressive strength of the concrete.

This research is within the line of research on structures. As results, it was found that the use of expanded clay lightens the weight of the concrete with a design of 210 kg/cm², but it does not achieve the compression resistance to be structural, therefore, the Null Hypothesis (H₀) is accepted and rejected. the alternate hypothesis (H_a). After 28 days, the density and resistance of the concrete reached by substituting 14% of the use of expanded clay were 1618.49 kg/m³ and f'_c = 175.55 kg/cm², which proves that the concrete obtained is in Compressive strength range for non-structural lightweight concrete. In the hypothesis contrast test, you can see that the lightweight concrete mix design with expanded clay reached a decrease of 31.36%, therefore, in view of these results, we reject the null hypothesis (H₀) and accept the Research Hypothesis (H_i).

Keywords: mix design, lightweight concrete, expanded clay, weight variation, modified concrete

INTRODUCCIÓN

Como resultado del gran desarrollo de la ingeniería civil, ahora nos encontramos con edificios de concreto de distintas características. Por ello, este proyecto de investigación tiene en cuenta la importante influencia del peso de la estructura. El concreto estructural ligero se ha utilizado en el mundo durante décadas y ofrece muchas ventajas sobre el concreto convencional.

La gran mayoría de las estructuras requieren un concreto resistente y compacto, pero al mismo tiempo necesitan un concreto ligero para reducir el peso de la estructura y la carga sísmica del edificio. El problema es, por tanto, construir con áridos ligeros que reduzcan el peso del concreto y al mismo tiempo den resistencia a la estructura. Los áridos más utilizados para este fin son la arcilla expandida (arrita), la pizarra, la piedra pómez, las cenizas volantes y la escoria expandida.

La arcilla expandida se produce al exponer la arcilla a temperaturas de hasta 1.200 °C, lo que permite crear varias celdas de aire acumulado en la arcilla. La aportación de estas células mejora el aislamiento térmico (0,7 kcal/m hora °C), permite el libre paso del vapor de agua y mejora el aislamiento acústico frente a los impactos. La arcilla expandida es un producto neutro, resistente a la descomposición y que no se ve afectado por parásitos, moho o roedores. No le influyen los productos químicos y es resistente a las heladas y a los grandes cambios de temperatura.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el Perú y en el ámbito mundial, debido a la alta resistencia a la compresión que presenta, la economía, mayor durabilidad y fácil manejo, el concreto es el medio constructivo más empleado.

Gestión (2019), nos indica que Huánuco creció 41,24% en inscripciones de compraventas de inmuebles pasando de 1,690 inscripciones en el año 2018 a 2,387 en el año 2019, de los cuales el 65% son departamentos.

La construcción tradicional en la ciudad de Huánuco es el concreto armado, y en los últimos años se realizaron construcciones en altura, es en estas edificaciones con gran altura que requieren de mucho peso, porque los elementos estructurales que lo conforman (zapatas, columnas, vigas, losas y otros) son de mayor magnitud.

Al controlar sus componentes, las propiedades del concreto varían considerablemente. Por tanto, resulta económico utilizar concreto con las características requeridas para una estructura específica. Una de las características más importantes del concreto es la densidad, cuanto menor es la densidad, menor es el peso de los elementos estructurales, por lo que se reduce la carga y se reduce el costo de construcción.

La arcilla expansiva es una alternativa a los agregados por su forma esférica, su peso ligero, su resistencia a la compresión y su baja absorción de agua, se considera un aditivo ideal para obtener concretos ligeros y resistentes.

El propósito básico del concreto estructural ligero es reducir las cargas muertas de la estructura de concreto, lo que a su vez permite a los diseñadores de estructuras reducir las dimensiones de las columnas, zapatas y otros elementos portantes (cimientos).

Las mezclas de concreto ligero pueden ser diseñadas para conseguir resistencias similares a las del concreto de peso tradicional y proporcionar una relación resistencia-peso más eficaz en los elementos estructurales.

En muchos casos, el mayor coste marginal del concreto ligero se ve compensado por el menor tamaño de los elementos estructurales, la menor cantidad de refuerzo y la menor cantidad de concreto, lo que reduce el coste global.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en aligerar elementos estructurales?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿En qué medida el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en la variación del peso del concreto modificado?
- ¿En qué medida el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en la resistencia del concreto modificado?
- ¿En qué medida el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en el costo del concreto modificado?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar como el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en aligerar elementos estructurales.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar como el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en la variación del peso del concreto modificado.
- Determinar como el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en la resistencia del concreto modificado.
- Determinar como el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en el costo del concreto modificado.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

En la presente investigación, se encontró una propuesta de diseño de concreto liviano que influya en la variación del peso del concreto y la resistencia de la misma a través de la arcilla expandida como elemento aditivo, ya que la mayoría de los diseños tradicionales de este tipo presentan problemas en cuanto a peso y esto a su vez conlleva a sobredimensionamiento de elementos estructurales en su etapa de diseño y construcción y que gracias a esta propuesta se podría mejorar.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La investigación, aporta de manera positiva y significativa a futuras investigaciones, ya que servirá como antecedente para diseños de mezcla con otros aditivos con la finalidad de mejorar el concreto estructural liviano y generar mejoras en la construcción tradicional que sirva como bases para proyectos de similares características.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Para poder lograr los objetivos del estudio, se realizó un proceso de manera sistematizada, se utilizaron técnicas de investigación cuantitativas en relación al diseño de mezcla, la dosificación, los resultados de resistencia a la compresión, y otras pruebas realizadas, aportaron con datos reales y consistentes.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La mayor limitante fue la pandemia que atravesamos, ya que la pericia de obtener los datos necesarios para sustentar la tesis se vio afectada por esta y por ende con los objetivos de la investigación.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo de investigación necesito recursos administrativos, logísticos y humanos por parte del investigador, por lo que fue superado por mi parte ya que no demanda de costos de inversión alta, y considero el presente trabajo como viable. Además, se contó con los permisos y resultados requeridos de los ensayos del laboratorio de la Universidad de Huánuco.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

León (2019), realizó la investigación denominada “Concreto Liviano Estructural con Arcillas Expandidas y Humo de Sílice: Evaluación Experimental de la Resistencia a Compresión y el Módulo de Elasticidad Secante”. (tesis de grado). Llegan a las siguientes conclusiones: (1) En el trabajo de investigación, las perlas de arcilla expandida y humo de sílice se utilizan como agregados ligeros para determinar el módulo de elasticidad secante y la resistencia a la compresión del concreto liviano estructural a través de experimentos para desarrollar un nuevo concreto de alto rendimiento. (2) Se diseñan 8 tipos de proporciones de mezcla dentro del límite del peso unitario del concreto ligero estructural, de los cuales 4 son mezclas de tipo A y 4 son mezclas de tipo B. (3) La masa específica media del hormigón ligero que se obtuvo en este estudio fue de 1860 kg/m³, que es un 22% inferior al peso específico medio del concreto tradicional. (4) La sedimentación fue similar y la diferencia entre ellas no superó los 1,1 cm. Estas mezclas son trabajables y proporcionan una gran comodidad a la hora de lanzar en la obra. (5) Las composiciones alcanzaron una durabilidad requerida y las ondulaciones incremento se han desarrollaron normalmente. Además, aunque los resultados de la durabilidad de la compactación de diferentes hormigones fueron muy similares, el hormigón liviano con la adición de Aliven tuvo una mayor durabilidad del hormigón realizado con Livitek, siendo la resistencia del hormigón con Aliven un 10% mayor. (6) Si bien se obtuvo buena resistencia a la mezcla, se esperaba que tuviera mayor resistencia a la compresión, pero resultó que la calidad del agregado grueso utilizado no fue muy buena debido a que la muestra falló debido al agregado. (7) El equipo utilizado para la prueba de cálculo experimental del módulo de elasticidad secante dará el valor correcto

porque la diferencia entre valor teórico y el valor experimental es solo de 0 a 33%. Además, la curva de esfuerzo-deformación tienen un desarrollo esperado.

Mejia y Zuluaga (2016), realizó la investigación: Estudio de la durabilidad de una mezcla de concreto aligerado mediante la utilización de Arcilla Expandida de Sumicol. (tesis de grado). Llegando a las siguientes conclusiones: (1) Al utilizar la arcilla térmicamente expandida en el concreto reduce el peso del mismo, la consistencia de la proporción media es de 1884 kg/m³, donde es mucho menor que el valor del concreto convencional, lo que reduce el peso entre un 18% y un 25%. (2) En los concretos estudiados, la durabilidad $f'c$ en 28 días resultó ser de 34 MPa y 42 MPa en función al cemento/agua de 0,45 con composiciones del 100% y 50% de arcilla térmicamente expandida, correspondientemente. Siendo resultados por encima del mínimo exigido en la normativa NSR – 10, así catalogarlo a hormigón armado (17MPa). (3) Los datos conseguidos, se destaca en la composición de 2 categorías de áridos (peso ligero y masa estándar), se consigue reducir significativamente, los orificios instaurados en los áridos, ya que tienen desigual figura, creando así tener un acoplamiento entre los áridos y consiguiendo menorar los orificios observados. (4) La arcilla expandida tiene la propiedad de liberar gradualmente el fluido húmedo de su composición, generando así una humedad en la masa y consiguiendo una mejor durabilidad resistente a la presión en el hormigón convencional. (5) Mediante el uso de la arcilla expandida en el concreto, se logró conseguir durabilidad que permitirán su uso en el hormigón armado; a ello, se demuestran los datos medios que se incrementa el receptáculo de la arcilla. y debe utilizarse más cantidades de hormigón a ciertas especificaciones. (6) El proceso de curado gradual con agua y cal de la mezcla de arcilla expandida no fue posible evidenciarse en este ensayo durante los 28 días, ya que los cilindros se saturaron completamente, donde no se evidenciaron el aumento en la resistencia a compresión. (7) Se debe tener consideraciones o precauciones en los

diversos tipos de estructura en base a los resultados obtenidos al usar el concreto liviano.

Soto y Marín (2019), realizaron la investigación titulada “Análisis del concreto con caucho como aditivo para Aligerar elementos Estructurales”. (tesis de grado). La investigación llegó a las siguientes conclusiones: (1) Comparado con 0% de agregado de caucho, el peso del cilindro es menor en diferentes proporciones, lo que se ha logrado es una importante meta de evaluación, en la presente investigación. (2) Se puede apreciar que las tablas (18, 19 y 20) son como el peso en un 5% de los insumos del caucho reduce considerablemente la masa. Después de 7 días de curado, la pérdida de peso fue del 6,1%, la pérdida de peso más obvia después de 14 días de curado fue del 5% del agregado de caucho con 7,4% más ligero y la pérdida de peso del 6,32% del cilindro sin caucho en 28 días. (3) El peso de las probetas (0% de agregado de caucho) es de 13.13 Kg, 13.63 Kg y 13.6 Kg. El peso de las probetas con 5 % de agregado es de 12.33 Kg, 12.63 Kg, y 12,74 Kg. Estas masas, se seleccionaron a los 7, 14 y 28 días de curado. Hay resultados positivos para un considerable porcentaje de los agregados de caucho, pero el 5% es mejor en términos de minimizar la masa, que es una pérdida de peso promedio del 6,6%. (4) En cuanto a la resistencia a la compresión, basada en el tubo base (0%), no hay disminución, y todas superan la durabilidad estimada fue de 21 MPa. Este dato de estudio fue satisfactorio, porque es el factor de diseño más importante en el concreto. (5) En la tabla 21, se observa se puede ver como el cilindro con 5% logra la durabilidad de 23.1 MPa. Con los resultados se evidencia que el hecho de que el caucho triturado se mezcle no afecta la resistencia. El 5 % es un resultado adecuado que minimiza la masa del concreto.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Vera (2018), realizó la investigación titulada, *Diseño de un concreto liviano con Poliestireno expandido para la ejecución de losas en el Asentamiento Humano Amauta – Ate – Lima Este 2018*. (tesis de grado).

El trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones: (1) Para las mezclas con una relación agua/cemento de 0,56, la adición de perlas de poliestireno expandido como agregado aumentó significativamente el asentamiento del concreto. El asentamiento del diseño estándar fue de 3,0 pulgadas, 6,0 pulgadas para la mezcla de DPE-01, 6,5 pulgadas para la mezcla de DPE-02 y 7,0 pulgadas para la mezcla de DPE-03. Sin embargo, cuando se añadió el plastificante Viscocrete 1110 al 1% y se redujo la cantidad de agua en un 25%, el asentamiento fue de 6,5 pulgadas para el DPEA-01, 7,0 pulgadas para el DPEA-02 y 7,0 pulgadas para el DPEA-03. A partir de estos resultados, se puede concluir que la adición de poliestireno expandido al hormigón aumenta el asentamiento porque no absorbe agua, pero la resistencia puede optimizarse añadiendo el aditivo plástico Viscocrete 1110-Sika para reducir el agua y mantener el asentamiento del concreto ligero. (2) Al aumentar la proporción de perlas de poliestireno espumado, se observó una reducción significativa del peso unitario del concreto liviano. También se observó que la resistencia es directamente proporcional al peso unitario. Cuanto mayor sea el peso unitario, mayor será la resistencia. Basándose en los resultados del estudio, se puede deducir, que añadir poliestireno al hormigón, no aumenta la durabilidad del mismo, mientras que la resistencia puede optimizarse reduciendo la cantidad de agua de amasado y añadiendo el aditivo plástico Viscocrete 1110 (Sika). (3) Cuesta un 321,34% más en la producción del 1 m³ del hormigón armado de poca cohesión en la durabilidad con una presión de 296 Kg/cm² que el concreto convencional con una resistencia a la compresión de 210 Kg/cm².

Silva y García (2018), realizó la investigación: *Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la Cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018.* (tesis de grado). Con este trabajo de investigación llegó a las siguientes conclusiones: (1) Los concretos livianos: según la Asociación de Cemento Portland, la densidad del concreto espumado, el concreto sin armadura de refuerzo

ligero y concreto con armadura de mínima densidad, es menor que el concreto convencional manteniendo una resistencia a la compresión aceptable. (2) La durabilidad $f'c$ del "hormigón armado con baja densidad" llegado a los 28 días se obtiene una durabilidad en relación a la presión de 296 kg / cm² con una densidad de 1652,52 kg / m³, por lo cual, puede decirse que el concreto de baja densidad es un 30% más ligero que el concreto estructural convencional. (3) Para la fase experimental indagadora, la resistencia $f'c$ del "concreto ligero no estructural-CL03", se obtuvo una durabilidad a la compresión de 175 kg/cm² con una densidad de 1484,49 kg/m³, de modo que, se puede considerar concreto estructural. (4) Para diseñar el concreto estructural de peso liviano, se utilizó 100 veces la dosis mínima sugerida por el fabricante del aditivo "Eucofel 1000". (5) Al usar sustancias sintéticas como "Neoplast 8500 HP y Eucofel 1000" para preparar concreto liviano, se reduce la proporción del suministro necesario, para el bosquejo mientras se mantiene, la mano de obra en la composición del concreto. (6) En todos los ensayos de tracción y compresión se calcula el coeficiente de variación y se obtiene un valor menor al 5%, donde se señala que existe mínima variabilidad entre las probetas. (7) El concreto con perlas de poliestireno ligero puede utilizarse en grandes superficies, ya que tiene una retracción muy baja y no se agrieta durante el fraguado, y no requiere juntas de dilatación.

Saldaña y Mego (2019), realizó la investigación denominada, "*Concreto Liviano no Estructural Sustituyendo el Agregado Grueso por Perlas de Poliestireno Expandido, Departamento de San Martín – 2019*". (tesis de grado). La investigación llegó a las siguientes conclusiones: (1) Los parámetros físicos y mecánicos del hormigón liviano no armado a diferentes proporciones de árido grueso sustituido por esferas de poliestireno del tamaño nominal máximo $\varnothing=1/8"$, satisfacen los requisitos especificados por la Asociación de Cemento Portland que se utilizan en la producción de concreto ligero no estructural, sustituidas por perlas de poliestireno, cumplían los requisitos especificados por la Asociación de Cemento Portland en la producción de hormigón ligero no

estructural, confirmándose la hipótesis propuesta en este estudio. (2) Para los concretos ligeros con 60%, 80% y 100% de sustitución, que fueron no estructurales en el estudio, se obtuvieron densidades dentro del rango de la clasificación de la Asociación de Cemento Portland. (3) Los "concretos ligeros no estructurales" alcanzaron resistencias medias a la presión de $f'c = 99 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 115 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 128 \text{ kg/cm}^2$, después de los 28 días con una sustitución del 60%, 80% y 100% correspondientemente. (4) El hormigón ligero no estructural alcanzó una densidad de 1.478,685 kg/m³ al 60% de sustitución, 1.458,046 kg/m³ al 80% de sustitución y 1.298,402 kg/m³ al 100% de sustitución. (5) En el concreto ligero con gránulos de poliestireno, la reducción del volumen del concreto es muy pequeña, lo que evita el agrietamiento durante el proceso de endurecimiento y curado del concreto y puede utilizarse para grandes superficies sin aumentar las juntas de dilatación. El concreto liviano que contiene perlas de Poliestireno, la reducción de volumen del concreto es extremadamente baja, lo que previene el agrietamiento en el proceso de la durabilidad del concreto, y es capaz de manipularlo en grandes superficies sin tener que aumentar juntas de dilatación.

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

El método más idóneo, apropiado y económico para seleccionar los componentes, tales como el agua, el cemento, los áridos (finos y gruesos) y los aditivos, con el fin de conseguir un producto suficientemente trabajable y consistente adecuadas en el estado fresco y que cumpla los criterios especificados por el proyectista o especificados en los requisitos y descripciones del diseño en estado curado.

La gravedad específica (densidad), el rendimiento del material y el volumen de aire se determinan en el diseño de la mezcla.

Está basado en los criterios específicos para las relaciones arena/piedra y agua/cemento y requiere información sobre las siguientes

características de los áridos finos y gruesos: granulometría, gravedad específica, porcentaje de humedad, índice de acumulación de la absorción de la carga bruto unitario, peso compactado indivisible, el patrón de delgadez, medida aparente máxima.

Niño (2010), afirma por su parte que, al conocer las características del hormigón armado en fase húmeda y dúctil, se utiliza principalmente para la determinación del diseño de la mezcla. La composición deberá ser diseñada para la fase húmeda y el dúctil. Los objetivos principales de una mezcla fresca adecuada son la trabajabilidad y la rentabilidad, y para el concreto endurecido, la resistencia, la durabilidad y, en ocasiones la densidad.

Para asegurar los componentes de la composición del hormigón, se siguieron los procedimientos, donde se emplearon diversos métodos, incluyendo métodos metódicos, empíricos y semi- metódicos.

La metodología usada en el diseño de las mezclas del hormigón para este proyecto fue el del Instituto Americano del concreto (ACI).

- **Volúmenes absolutos**, se basa en el concepto fundamental de la proporción cemento/agua de Abraham, en el que la relación de cada material en peso y volumen por 01 m³ de concreto se determina en una secuencia de pasos.

De acuerdo con el método ACI, la dosificación de los áridos se realiza para asegurar que los áridos cumplen con las especificaciones de granulometría, espesor tolerable y la aptitud de los delgados y robustos áridos, excluyendo los áridos ligeros y robustos, entre otros a lo citado en la normativa ASTM C - 33.

Las metodologías con dosis, en composiciones del hormigón armado, fue de la siguiente forma:

- Selección de un lugar.
- Selección del espesor tolerable de los áridos gruesos.

- Evaluación del espacio del gas airoso.
- Estimación del espacio del líquido en la composición.
- Estimación en la dosificación del cemento/agua (a/c).
- Cálculo de la proporción del hormigón.
- Comprobación que los áridos efectúan las directrices de granulometría.
- Estimación del volumen del agregado.
- Cálculo del contenido de áridos finos.
- Regulación del volumen del agua al porcentaje de humedad de los áridos.
- Regulación de la composición experimental.

En la presente investigación, en la situación de la composición empírica, **se sustituyó a la piedra triturada por arcilla expandida**, atendido especialmente al bosquejo creado, para ello se utilizó un aditivo que garantice la adherencia entre el EPS o arcilla expandida y la composición del hormigón, para evitar la separación.

El procedimiento de mezclado de las mezclas fue el siguiente:

- Se humedeció una batidora de 40 litros con agua.
- La mezcla del agua mezcla se dividieron en dos partes: la inicial fue de una capacidad de 01 litro, en la última fue el fluido excesivo, donde se añadió en principio a la composición del hormigón.
- A continuación, se agregaron grava y se dieron cinco vueltas a la batidora.
- A continuación, se añadieron la arena y el cemento, cerrando el cuello de la mezcladora a fin de evitar la pérdida de materiales, y se mezclaron éstos durante 01 minuto.
- Al final del tiempo de mezcla, se comprobó el estado seco del material y añadió el agua que quedó del litro de agua original, poco a poco durante el tiempo de mezcla.
- El tiempo de mezcla fue de 05 minutos para todas las variaciones de mezcla.

2.2.2. ENSAYO AL CONCRETO ENDURECIDO

La durabilidad a la presión (NTP 339.034): Se define a la firmeza del hormigón en la tolerancia máxima de esfuerzo que éste puede ser tolerable sin presentarse fallas.

Dado que el concreto es trazado fundamentalmente para resistir tensiones a la compresión, el cálculo de la firmeza a estas tensiones se utilizó como ratio de medición a la calidad del hormigón. La durabilidad a las compactaciones es la más importante, para un hormigón compacto y se utiliza comúnmente como una medida de aceptación o rechazo. Procedimiento de ensayo de la durabilidad con la presión en probetas cúbicas de hormigón. Objetivo: Esta normativa fija una metodología afín de conocer la durabilidad con la presión ejercida en las probetas cúbicas coladas en el concreto o de núcleos de diamante tomados del concreto endurecido. Se limita al concreto con una gravedad específica superior a 800 kg/cm². En el proceso realizado, se aplica una compactación axial a formas cilíndricas o barras a una velocidad tal que se mantiene en una categoría específica hasta que se produce el fallo. La tirante de aplastamiento en la pieza de ensayo, se logra de la partición en una fuerza máxima aplicada durante la prueba por el espacio del corte oblicuo en la probeta.

$$R_c = \frac{4G}{\pi d^2}$$

Donde:

R_c = Resistencia máxima de fractura de la compactación, en la unidad de Kg/cm².

G = Capacidad tolerante de fractura, en unidad de Kg.

d = Espesor de la probeta tubular, en unidad de cm.

Durabilidad con la presión del diámetro (NTP 339.084): El estudio consta de la aplicación de una fuerza de compactación en una probeta cilíndrica de concreto hasta el punto de su ruptura en todo lo largo de su diámetro. Esta carga induce tensiones de tracción en el plano en el que se aplica y tensiones de compresión en la región en la que se aplica la

carga. Por lo tanto, la fractura por tracción se produce antes de la fractura por compresión porque las zonas de cargas se hallan en un estado de compresión triaxial a lo largo de la longitud de la probeta de concreto, lo que permite que la probeta soporte un nivel de esfuerzo de compresión mucho mayor que el obtenido mediante un esfuerzo de compresión unilateral, que permite la fractura por tracción a lo largo de la longitud de la probeta de concreto.

$$T = \frac{2P}{\pi * L * D} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

Donde:

T = Aguante de la tensión del espesor (kg/cm²)

P = Es la capacidad inscrita (KN) – transformada en Kg-f

L = Es la amplitud del ejemplar muestral (cm)

D = Es el espesor del ejemplar muestral (cm)

El estudio del patrón de la flexibilidad (Normativa ASTM C 469-94): El ensayo del patrón de la flexibilidad, donde la capacidad portante del hormigón para desfigurarse bajo presión para no sufrir deformaciones permanentes. Se entiende por tal la relación entre la tensión normal y la correspondiente tensión unitaria cuando la resistencia a la tracción o a la compresión es inferior al límite proporcional del concreto. Se utiliza para calcular la durabilidad de los cimientos reforzados. El hormigón, no es un componente flexible. No se comporta linealmente en ningún punto del esquema de la capacidad de carga Vs de la desfiguración por la compactación. Ha ello es habitual determinar el "patrón de la flexibilidad estática" del hormigón en una línea tangente al inicio del esquema, que conecta el inicio del esquema en un espacio fijo (normalmente una relación de presión). Los productos de "E" suelen estar entre 280.000 kg/cm² y 350.000 kg/cm² y están directamente relacionados en función a la durabilidad en presencia de una compactación y el vínculo del cemento/agua del concreto, siendo las mezclas con más cemento las que tienen siempre un mayor módulo de elasticidad y una mayor deformabilidad. En general, cuanto mayor sea la resistencia y la densidad del hormigón, mayor será el patrón de la flexibilidad, pero los

valores pueden variar considerablemente en función de la composición y la cantidad de concreto y mortero (QUINBAY, 2012).

Entre las propiedades que influyen en la misma se encuentran la densidad aparente del hormigón, el patrón de la flexibilidad (determina la durabilidad adyacente y la etapa nativa de la agitación de la estructura), la presentación de una ondulación de la tensión-desfiguración de un hormigón, su actuación plástica y la forma del bucle de histéresis (que determina la disminución el amortiguamiento inflexible esperado) (BAZAN & MELI, 2001).

$$E = (S_2 - S_1) / (\epsilon_2 - 0.000050)$$

Donde:

E = Es el patrón elástico cortante MPa (psi).

S_2 = Fuerza oportuna al 40% de la capacidad del rompimiento.

S_1 = Fuerza de la desfiguración única prolongada, ϵ_1 , de millonésimas, MPa (psi).

ϵ_2 = Desfiguración única prolongada, generada por una fuerza S_2

La prueba de durabilidad a la tensión del hormigón (ASTM C78): La durabilidad a la flexibilización de las vigas, medida de la durabilidad al arrastre del hormigón. Donde se calcula la durabilidad de las vigas y losas de concreto no armado al momento de rotura. La prueba se realiza empleando una capacidad portante a un tirante de hormigón con un componente de 6 x 6 pulgadas (150 mm x 150 mm) y una luz de al menos tres veces el grosor de la viga. La durabilidad a la tensión, expresada aquí como el módulo de ruptura (MoJ) en libra por pulgada cuadrada (MPa), se determina mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (carga de un tercio de punto) o ASTM C293 (carga de punto medio). El valor determinado con una carga puntual de un tercio es un 15% menor que el valor determinado con una carga de equilibrio (National Ready Mixed Concrete Association, 2016). Si el fallo empieza en el plano de tracción, en el punto medio de la longitud del vano o del soporte, el factor de fallo se calcula de la siguiente manera:

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

Donde:

M_r = Patrón de la fractura, en MPa

P = Capacidad de fractura generada por un equipo, en Kg-f

L = Luminosidad entre soportes, en cm.

b = Ancho medio del tirante seccional de la grieta, en cm.

h = Altura media del tirante seccional de la grieta, en cm.

Si el fallo se produce en la sección de tracción del punto medio de la longitud del vano o de la distancia entre soportes no superiores al 5% de la longitud del vano, el patrón de la grieta, se calculará con la formula siguiente:

$$R = \frac{3Pa}{bd^2}$$

Donde:

R = Patrón de desfiguración, en MPa (lb/pulg²)

P = Capacidad tolerante especificada por el equipo de prueba, N (lbf)

a = Trayecto medio entre la fisura y la tensión cercana al objeto más colindante del apoyo del tirante, mm (pulg.)

b = Extensión promedio de la muestra, en la fisura, mm (pulg.)

d = Grosor medio de la muestra, en la fisura, en mm (pulg.)

Si se produce un fallo en un componente de tracción en un tercio mediano del vacío o si la amplitud del vacío se incrementa en más de un 5 %, deseche los resultados del ensayo.

2.2.3. CONCRETO LIGERO

Neville y Brooks (2010), en su libro "Tecnología del hormigón", clasifican el concreto ligero en tres tipos, entre ellas se encuentran las siguientes:

- Cuando se utiliza un árido ligero y poroso con un peso específico aparente bajo, por ejemplo, inferior a 2.6, estos tipos de concreto se denomina concreto de áridos ligeros.

- Cuando se introducen grandes huecos en la masa de concreto o mortero, hay que distinguirlos de los huecos extremadamente pequeños formados por el aire arrastrado. Este tipo de hormigón se denomina hormigón aireado, hormigón celular, hormigón espumado u concreto celular.
- Cuando se excluyen los áridos finos de la composición, donde aparece una cantidad de huecos intersticiales, se suelen utilizar áridos gruesos de peso normal. Este tipo de hormigón se denomina hormigón de grano no fino.

Quesada Víquez (2014); compiló una tabla de doble entrada con una categorización ligera.

Clasificación del hormigón ligero, basado en los conceptos de la Asociación de Cemento Portland.

Tabla 1

Clasificación de los hormigones ligeros

Diseño (meta)	Densidad (kg/m³)	Resistencia a la compresión (Mpa)	Descripción
A	Menor a 1000	Menor a 5	Espuma de concreto
B	1000 - 1800	5 - 17	Concreto liviano no estructural
C	1800 - 2100	Mayor a 17	Concreto liviano estructural

Fuente: Quesada Víquez (2014), Informe de Tesis.

El ACI 213R-87, "Manual de Concreto Estructural de Agregados Ligeros", manual de práctica concreta, parte 1); ha desarrollado la siguiente clasificación para distinguir entre los diferentes tipos de concreto ligero:

- **El concreto ligero para aplicaciones no estructurales**, es un concreto con una densidad entre 1120 y 1920 kg/m³, que suele estar formado por una mezcla de áridos ligeros con áridos de peso normal.

Debe tener una resistencia a la compresión de al menos 17 MPa para cumplir los requisitos estructurales.

- **El concreto de resistencia moderada**, es un concreto con una densidad inferior a la del concreto ligero para usos estructurales, normalmente utilizado para el aislamiento térmico. La durabilidad a la tensión debe estar entre 7 MPa y 17 MPa.
- **Concreto de baja densidad**, para este concreto la consistencia está entre 300 kg/m³ y 800 kg/m³; y donde emplean para finalidades no fines no armados, tales como un aislante de calor.

Por otro lado, un libro sobre el concreto de Mindes, Young y Darwin propone una codificación diferente, donde se abarque sólo dos ejemplos de ligero concreto, en función del árido utilizado en su fabricación.

- **Concreto celular**: Este concreto se producen como material aislante (ya que la matriz porosa actúa como aislante, gracias a la tenue conductividad del gas mencionada anteriormente) o específicamente como material ligero. En su producción, usan instrumentos usados como el aire, cemento, agua y arena, siendo el primero, el más importante para este tipo de concreto. La mayoría de estos hormigones "celulares" requieren un aditivo que genere gas y forme burbujas, que posteriormente se introducen en la matriz, de ahí que estos hormigones se llamen también "espumados".

Los concretos, se forman sumergiendo la probeta en calor, lo que impide que la fuente principal de orificios no se desplome, constituyendo una malla extremadamente fuerte y bien cuidada.

- **Hormigón con áridos livianos**. El hormigón fabricado con áridos específicos de distintos de los derivados en gravas de calizas, que normalmente se fabrica el concreto convencional. Estos agregados especiales tienen una alta porosidad, lo que explica su baja densidad. Uno de los áridos más empleados para estos concretos se encuentran los áridos de arcilla expandida, que son de naturaleza natural y que se vuelven porosos al ser tratados térmicamente (por

ejemplo, arcilla expandida). Por otra parte, existen áridos de origen artificial que, aunque tienen una conductividad muy baja, ofrecen una durabilidad adecuada con el paso del calor a través de su estructura, donde su inicio es de polímeros.

2.2.4. CONCRETO LIGERO CON ARCILLA EXPANDIDA

Se trata del hormigón, producido mediante la mezcla de áridos de arcilla expandida, agua, arena y cemento.

El hormigón se caracteriza y sobresale de otros hormigones. La tipología del hormigón, se distingue de nuevos hormigones ligeros por las características donde se presentan en los hollines de arcilla expandida.

Recomendaciones de dosificación

Kasmatka et. al. (2012), nos refieren que es relevante conocer, antes de fabricar el concreto ligero, es importante conocer algunas pautas teóricas que servirán de ayuda una vez que se haya endurecido, entre ellas tenemos:

- En el concreto ligero, hay una dependencia entre la durabilidad y la consistencia, de modo que cuando la densidad aumenta, la resistencia también lo hace.
- La arcilla tiene una resistencia inferior a la de los áridos comúnmente utilizados; es por ello, que la arcilla produce fallos por atención. Para evitarlo, hay que preparar una masa con el cemento que aumente la firmeza del concreto ligero, donde las fuerzas se transfieran al mortero.
- Se debe considerar una retención del agua de la arcilla expandida, donde se incita a la disminución de la fuente del agua en la mezcla de concreto, para no tener esta situación se recomienda hidratar los áridos antes de preparar el concreto ligero y también se recomienda añadir aditivos después de hidratar los áridos.

- Se debe utilizar suficiente agua, con la finalidad que el conglomerado del hormigón sea manejable y no se recomienda utilizar la composición húmeda o vertida para evitar la flotación o delaminación de los áridos de baja densidad.
- Se recomienda que para concreto ligero el tiempo de mezclado sea mayor que el del concreto con áridos convencionales.
- Debido a que los áridos de arcilla expandida almacenan agua en el interior ayuda a que el concreto ligero mantenga la medida del rocío externo e interno, de la composición y evita el agrietamiento debido a la contracción.
- Se recomienda que por metro cúbico de concreto no superar los 500 kg de cemento para evitar la sobredosificación y el aumento de la retracción.

Dosificación de la mezcla

Para dosificar la composición del hormigón con la arcilla expandida, se utilizó el bosquejo de la composición propuesta por Yagual Vera & Villacís Apolinario, (2015). Se ha tomado en consideración el bosquejo de la composición propuesta propuesto por Yagual Vera & Villacís Apolinario, (2015), que sugiere usar un 40% de árido suave y un 60% del árido de la arcilla expandida en la producción de hormigón armado de escasa consistencia.

Tabla 2

Resultados de datos del laboratorio, volumen del agua

PROPORCION DE LOS AGREGADOS							
ARCILLA EXPANDIDA		60%	AGREGADO FINO		40%		
DATOS DE LABORATORIO							
ARCILLA EXPANDIDA		AGREGADO FINO			DENSIDADES		
TAMAÑO	N° 7	D.S.S.S	1887	Kg/m ³	δCemento	2950	Kg/m ³
P.V.S	375	P.V.S	1245	Kg/m ³	δAgua	1000	Kg/m ³
% de absorcion	13.08%	%Absorción	7.32%		δArena	1245	Kg/m ³
δ relativa	1.05	δ relativa	1.55		δpiedra	375	Kg/m ³
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA							
REVENIMIENTO	TAMAÑO DEL AGREGADO	VOLUMEN TABULADO		VOL. CORREGIDO			
5	cm	N° 7	217.30	Its	261.63	Its	

Fuente: Yagual Vera & Villacís Apolinario (2015)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Cemento Portland:** Producto vendido para diversos fines y fácilmente disponible en la composición con el agua o con la arena, entre otros insumos análogos, donde se reacciona levemente con el agua para formarse una aglomeración, que finalmente se convierte en un bloque endurecido (UNICON, Defining Concrete Properties, 2015, p.2).
- **Concreto sin finos:** Se trata de un hormigón que no contiene áridos de grano fino porque han sido sustituidos por otros tipos de áridos, como grava, piedra triturada, clinker, ceniza sinterizada, arcilla expandida, escoria y piedra pómez.
- **Concreto de áridos ligeros:** Este tipo de concreto contiene áridos ligeros y finos como clinker, ceniza sinterizada, arcilla expandida, escoria expandida, poliestireno, entre otros.
- **Concreto ligero con aditivos sintéticos:** el hormigón puede producirse utilizando aditivos sintéticos como la polvareda de aluminio o el peróxido de hidrógeno. Donde, utilizan sustancias efervescentes, tales como el burbujeo premezclado o la infiltración de aire.
- **Agregado Fino:** El agregado fino consistirá en arenisca nativa, arenisca machacada o algunas composiciones entre ellas, que pase por un tamiz No. (4.75 mm) y quede en un tamiz No. 200, cumpliendo con los límites especificados en la NTC 174. El agregado fino consistirá en hollines limpios, duras, de un rasgo de un contorno anguloso, independiente del material orgánico e impurezas; esto se determinará por medio de pruebas de acuerdo con la norma ASTM C40 y se clasificará dentro de los límites especificados en la NTC 174.
- **El agregado grueso debe consistir en grava, gravilla triturada, piedra triturada o escoria de alto horno refrigerada por aire, pudiendo utilizarse también una combinación de ellas. Este material se retendrá en un tamiz de 4,75 mm (N 4), tal como lo exige la NTC 174. El material estará compuesto por partículas limpias, preferentemente de perfil angular, duras, compactas, resistentes y preferentemente de textura gruesa, será sintéticamente equilibrado y estará autónomo de las cáscaras, entre otros compuestos peligrosos.**

- Agua: Es uno de los componentes importante en la composición del hormigón, donde se desarrolló el hormigón con una carga aglutinante. La NTC 3459 trata de aptitud del agua con el hormigón. Silvestre (2016b) afirma que por cada cantidad de cemento, hay un determinado volumen del agua de la cantidad total de áridos necesaria para la hidratación del cemento, indicando que si un determinado volumen del agua con la composición del hormigón reacciona con el hormigón y da forma a una mezcla pastosa, donde el volumen del agua restante, tiene una responsabilidad de incrementar la naturalidad de la composición pastosa del hormigón, que actúa como recubrimiento o lubricante de los áridos con la composición de poder asegurar la suficiente trabajabilidad de las mezclas frescas (p. 14).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

H₀: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida no influye en aligerar elementos estructurales.

H_i: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en aligerar elementos estructurales.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS

H_{o1}: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida no influye en la variación del peso del concreto modificado.

H_{i1}: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en la variación del peso del concreto modificado.

H_{o2}: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida no influye en la resistencia del concreto modificado.

H_{i2}: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en la resistencia del concreto modificado.

H₀₃: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida no influye en el costo del concreto modificado.

H_{i3}: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en el costo del concreto modificado.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Diseño de mezcla de concreto liviano.

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Aligerar elementos estructurales.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 3

Operacionalización de Variables

	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA DE MEDICION
INDEPENDIENTE	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO	Dosificación del diseño de mezcla	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia característica Dosificaciones distintas Peso de los materiales 	<ul style="list-style-type: none"> Kg/cm² Kg 	Razón
		Porcentajes de arcilla expandida	<ul style="list-style-type: none"> Porcentajes de sustitución por agregado grueso Comportamiento en diferentes porcentajes 	<ul style="list-style-type: none"> Kg 	Razón
DEPENDIENTE	ALIGERAR ELEMENTOS ESTRUCTURALES	Variación del peso del concreto modificado	<ul style="list-style-type: none"> Mayor peso Menor peso 	<ul style="list-style-type: none"> Kg/cm³ 	Razón
		Resistencia del concreto modificado	<ul style="list-style-type: none"> Esfuerzo a la comprensión Densidad Módulo de elasticidad 	<ul style="list-style-type: none"> Kg/cm² Kg/cm³ Kg/cm² 	Razón
		Costo del concreto modificado	<ul style="list-style-type: none"> Costo mayor Costo menor 	<ul style="list-style-type: none"> \$/m³ 	Razón

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

El presente enfoque fue de tipo cuantitativo; según Tamayo et. al. (2007), “consiste en el contraste de teorías ya existentes a partir de una serie de hipótesis surgidas de la misma, siendo necesario obtener una muestra, ya sea en forma aleatoria o discriminada, pero representativa de una población o fenómeno objeto de estudio” (p.47).

Fue cuantitativo, ya que se abordó los resultados de forma más directa, a través de ensayos y un estudio comparativo de las propiedades mecánicas de este concreto frente al concreto tradicional desarrollados en el laboratorio de la Universidad de Huánuco.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El alcance fue de tipo correlacional. Según Hernández et. al. (2014), de tipo correlacional lo definen como: “Calcular el nivel de correlación relevante de más de 02 variables, y saber la conducta de la variable dependiente, generado de la variable independiente.” (p. 95).

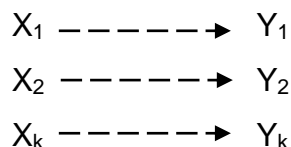
Fue correlacional porque los resultados obtenidos de la evaluación de cada ensayo, se realizaron tanto en los agregados como en las probetas.

3.1.3. DISEÑO

El diseño general de investigación fue Transeccional. (Según Hernández et al, 2014, p. 154), indica que: “Su finalidad fue de detallar las variables y estudiar su acontecimiento y relación en un suceso determinado”.

El diseño específico de investigación fue Transeccional. (Según Hernández et al, 2014, p. 157), indica que: “Los bosquejos relacionables de causalidad, son limitados a instaurarse entre variables, sin definir relaciones de causalidad”.

El diagrama del diseño se representó de la siguiente manera:



Donde:

X: Variable 1

Y: Variable 2

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Para Borja (2012), “En la parte estadística, se define población a la agrupación de individuos que fueron objetos de estudio” (p. 30).

La población estuvo constituida por los **100 especímenes** compuesto de **hormigón liviano con arcilla** expandida. De cada mezcla de prueba se hicieron especímenes cilíndricos de concreto ligero con un diámetro de 10 cm y una altura de 20 cm, de los cuales 15 especímenes se ensayaron a 01 día, 03 días, 07 días, 14 días y 28 días.

3.2.2. MUESTRA

Niño (2011), define al muestreo probabilística como: “Se le conoce por permitir elegir unidades muestrales, con un propósito determinado.”

Para el cálculo de la muestra de población finita, obtendremos mediante la siguiente formula:

$$n = \frac{N * Z\alpha^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z\alpha^2 * p * q} \dots \dots \dots (\alpha)$$

Donde:

$N = 100$ (Total de la población).

$Z\alpha = 1.96$ fuese una seguridad del 95%

$p = 0.5$ proporción esperada (50% maximiza el tamaño muestral)

$q = (1-p)$

$d = 0.05$ precisión o error (en la investigación)

Según diferentes seguridades el coeficiente es de $Z\alpha$ varían:

- Si la seguridad $Z\alpha$ fuse del 90% el coeficiente sería de 1.645
- Si la seguridad $Z\alpha$ fuse del 95% el coeficiente sería de 1.96
- Si la seguridad $Z\alpha$ fuse del 97% el coeficiente sería de 2.24
- Si la seguridad $Z\alpha$ fuse del 99% el coeficiente sería de 2.576

Reemplazando en la formula (α) la muestra es: **$n= 75$**

La muestra está conformada por 75 especímenes sometidos a ensayos a compresión elegidas aleatorio simple.

3.3. TECNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la presente investigación se optó por la técnica de la observación, la cual consistió en observar los resultados de los ensayos de laboratorio y pruebas de resistencia, realizados en el laboratorio de concreto de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Huánuco.

Los instrumentos que se emplearon en nuestra investigación son fichas normalizadas por el laboratorio de la Universidad de Huánuco:

- Formato de Contenido de Humedad de la Arena Fina. Universidad de Huánuco. Anexo 03.

- Formato de Ensayos Densidad Relativa de Agregado Grueso para Concreto. Universidad de Huánuco. Anexo 04.
- Resistencia específica del concreto ($F'c$). Universidad de Huánuco. Anexo 05.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

La recopilación de los datos se presentó mediante cuadros y gráficos, la cual se realizó el procedimiento y análisis de los datos que se realizaron mediante estadística descriptiva con el programa estadístico Microsoft Office Excel 2013, basados en los resultados del laboratorio.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Los datos que obtuvimos en nuestra investigación, mediante los ensayos de laboratorio realizadas en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco, se procesó, analizó y fueron interpretados cuantitativamente a través del uso de tablas y figuras, empleando para ello el software Excel 2013.

Los ensayos normalizados para el análisis e interpretación de datos, fueron realizados en el laboratorio Universidad de Huánuco y son los siguientes:

- Análisis Granulométrico

La granulometría es la distribución por tamaños de las partículas de arena. El análisis granulométrico por tamizado se realizará dentro de los límites sindicados en la norma técnica internacional: "ASTM C-136" y la norma técnica peruana: "NTP 400.012".

- Módulo de fineza

El estudio del patrón de la elasticidad del adherido selecto, se llevó de acuerdo en uso de la norma técnica internacional: "ASTM C-33" y la norma técnica peruana: "NTP 400.011".

- **Peso unitario del agregado fino**

La masa única de la grava fina, se determina por la proporción en la masa única con el volumen unitario; y se formula en Kg/m^3 . Este ensayo se modifica en función de las características como el tamaño y la forma, la absorción y el rocío obtenido, la granulometría del árido y sus componentes exógenos, tales como la como el grado de comprensión y el grosor tolerable.

- **Peso unitario suelto (PUS)**

La prueba de la masa única, se hizo de acuerdo a los límites indicados en la norma técnica internacional: "ASTM C-29" y la norma técnica peruana: "NTP 400.017".

- **Peso unitario compactado (PUC)**

Peso La prueba de la masa compactada, se hizo de acuerdo a los límites indicados en la norma técnica internacional: "ASTM C-29" y la norma técnica peruana: "NTP 400.017".

- **Peso específico y humedad**

La prueba de la masa específica y del contenido de humedad se hizo de acuerdo a los límites indicados en la norma técnica internacional: "ASTM C-128" y la norma técnica peruana: "NTP 400.022".

- **Material que pasa por el tamiz N° 200**

La prueba de la cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 y se realizó de acuerdo a los límites indicados en la norma técnica internacional: "ASTM C-117" y la y la norma técnica peruana: "NTP 400.018".

- **Asentamiento del concreto fresco**

Se realizó de acuerdo a los límites indicados en la norma técnica internacional: "ASTM C -143" conocido como "Cono de Abrams" o "Slump" y la norma técnica peruana: "NTP 339.045."

- **Peso unitario del concreto fresco**

Se realizó de acuerdo a los límites indicados en la norma técnica internacional: “ASTM 138-63” y la norma técnica peruana: “NTP 3390.46.”

- **Contenido de aire del concreto fresco**

Se realizó de acuerdo a los límites indicados en la técnica peruana: “NTP 339.083.”

- **Resistencia a la compresión concreto endurecido**

El método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto, se realizó de acuerdo a los límites indicados en la técnica peruana: “NTP 339.034.”

- **Fraguado del concreto**

Se realizó de acuerdo a los límites indicados en la técnica peruana: “NTP 339.082.”

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. PROPIEDADES DEL AGREGADO FINO

Figura 1

Selección de la grava fina por método de tamaños de las partículas de arena



Interpretación: Se realizaron pruebas básicas con el agregado fino para elaborar los tipos de mezcla. La grava fina fue la arena gris de la cantería “Chullqui”, ubicada en la zona de Santa María del Valle, provincia y departamento de Huánuco.

Análisis Granulométrico

La granulometría es la distribución por tamaños de las partículas de arena.

Figura 2

Cribado por análisis granulométrico



Interpretación: Se realizó el análisis granulométrico por tamizado dentro de los límites y procedimientos indicados en "ASTM C-136 y NTP 400.012".

Figura 3

Tamizado de agregado fino para el ensayo granulométrico



Interpretación: La muestra se analizó mediante el método de tamizado. Los resultados se muestran en la tabla 4.

Análisis granulométricos por tamizado, realizados en el laboratorio de la Universidad de Huánuco

Tabla 4

Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino M-1

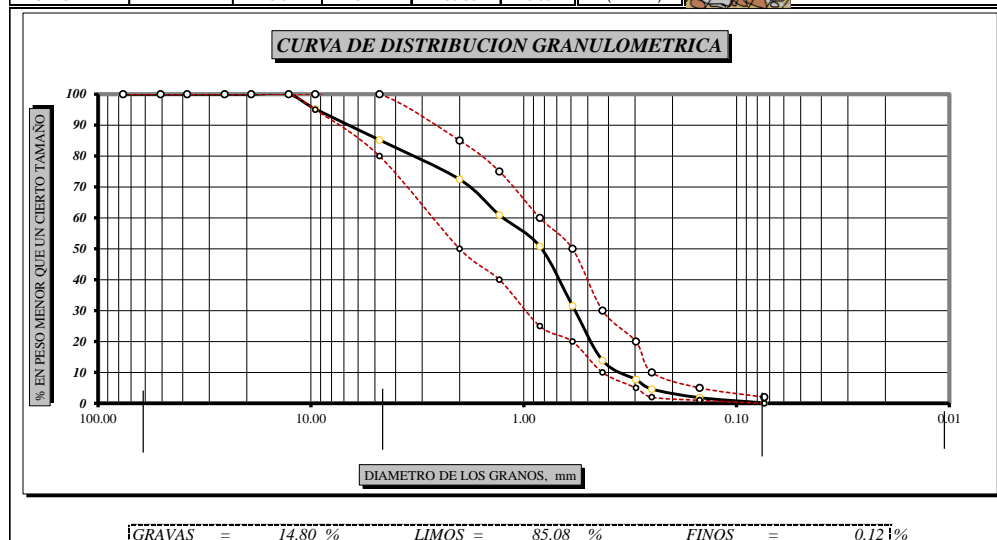


UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TEMA	"Propuesta de Diseño de Mezcla del Concreto Liviano Usando Arcilla Expandida"
TESISTA	Lizeth Adelaida Justiniano Hurtado
MUESTRA	AGREGADO FINO
FECHA	Feb-20

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM - D422									
TAMIZ No	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFI. TECN. ASTM	TAMAÑO MAXIMO =	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	76.200	0.0	0.00	0.00	100.00	(-- - --)		MATERIAL DE COLOR GRISACEO, DE ESTRUCTURA GRANULAR, DE TEXTURA ARENOSA, DE CONSISTENCIA DESMENUZABLE, SIN PLASTICIDAD, SIN COHESION, SUELO PERMEABLE	
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00	(-- - --)			
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00	(-- - --)			
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00	(-- - --)		CLASIFICACION SUCS : SM	
3/4"	19.050	0.0	0.00	0.00	100.00	(-- - --)		CLASIFICACION AASHTO : A - 2-4(0)	
1/2"	12.700	0.0	0.00	0.00	100.00	(-- - --)		Coeficiente de Uniformidad	
3/8"	9.525	312.0	4.80	4.80	95.20	100		Coeficiente de Curvatura	
No 4	4.760	650.0	10.00	14.80	85.20	(95 - 100)		CARACTERISTICAS DE LA FRACCION QUE PASA LA MALLA No 40	
No 10	2.000	830.0	12.77	27.57	72.43	(80 - 100)			
No 16	1.300	750.0	11.54	39.11	60.89	(50 - 85)		Límite Líquido = NP	
No 20	0.840	660.0	10.15	49.26	50.74	(-- - --)		Límite Plástico = NP	
No 30	0.590	1250.0	19.23	68.49	31.51	(25 - 60)		Índice de Plasticidad = NP	
No 40	0.426	1150.0	17.69	86.18	13.82	(-- - --)		SÍMBOLO DESCRIPCION	
No 50	0.297	400.0	6.15	92.34	7.66	(10 - 30)		ARENAS LIMPIAS BIEN GRADUADAS	
No 60	0.250	200.0	3.08	95.42	4.58	(-- - --)			
No 100	0.149	180.0	2.77	98.18	1.82	(2 - 10)			
No 200	0.074	110.0	1.69	99.88	0.12	(-- - --)			
CAZOLETA		8.0	0.12	100.00	0.00	(-- - --)			



Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: Los resultados del análisis granulométrico por tamizado agregado fino en la gráfica nos muestra la distribución del tamaño de sus partículas cumpliendo "ASTM C-136 y NTP 400.012" en la M1.

Tabla 5

Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino M-2

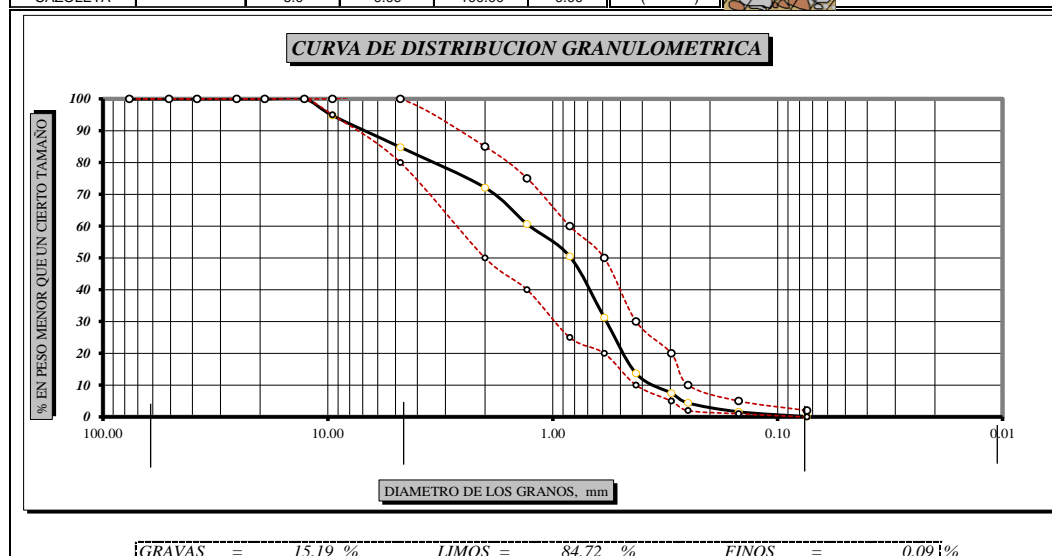


UNIVERSIDAD DE HUANOUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVL



TEMA	"Propuesta de Diseño de Mezcla del Concreto Liviano Usando Arcilla Expandida"
TESISTA	Lizeth Adelaida Justiniano Hurtado
MUESTRA	AGREGADO FINO
FECHA	Feb-20

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM - D422									
TAMIZ No	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFI. TEC ASTM	TAMAÑO MAXIMO =	1 "	
3"	76.200	0.0	0.00	0.00	100.00	(--- - ---)	DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00	(--- - ---)	MATERIAL DE COLOR GRISACEO, DE ESTRUCTURA GRANULAR, DE TEXTURA ARENOSA, DE CONSISTENCIA DESMENUZABLE, SIN PLASTICIDAD, SIN COHESION, SUELO PERMEABLE		
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00	(--- - ---)	CLASIFICACION SUCS : SC		
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00	(--- - ---)	CLASIFICACION AASHTO : A - 2-4(0)		
3/4"	19.050	0.0	0.00	0.00	100.00	(--- - ---)	Coeficiente de Uniformidad		
1/2"	12.700	0.0	0.00	0.00	100.00	(--- - ---)	Coeficiente de Curvatura		
3/8"	9.525	343.0	5.24	5.24	94.76	100	CARACTERISTICAS DE LA FRACCION QUE PASA LA MALLA No 40		
No 4	4.760	652.0	9.95	15.19	84.81	(95 - 100)	Límite Líquido = NP		
No 10	2.000	833.0	12.72	27.91	72.09	(80 - 100)	Límite Plástico = NP		
No 16	1.300	751.0	11.47	39.37	60.63	(50 - 85)	Indice de Plasticidad = NP		
No 20	0.840	668.0	10.20	49.57	50.43	(--- - ---)	SIMBOLO DESCRIPCION		
No 30	0.590	1259.0	19.22	68.79	31.21	(25 - 60)	ARENAS LIMPIAS BIEN GRADUADAS		
No 40	0.426	1149.0	17.54	86.34	13.66	(--- - ---)			
No 50	0.297	405.0	6.18	92.52	7.48	(10 - 30)			
No 60	0.250	203.0	3.10	95.62	4.38	(--- - ---)			
No 100	0.149	181.0	2.76	98.38	1.62	(2 - 10)			
No 200	0.074	100.0	1.53	99.91	0.09	(--- - ---)			
CAZOLETA		6.0	0.09	100.00	0.00	(--- - ---)			



Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: Interpretación: Los resultados del análisis granulométrico por tamizado agregado fino en la gráfica nos muestra la distribución del tamaño de sus partículas cumpliendo "ASTM C-136 y NTP 400.012" en la M2.

Tabla 6

Análisis granulométrico del agregado fino M-3



UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVL



TEMA	"Propuesta de Diseño de Mezcla del Concreto Liviano Usando Arcilla Expandida"
TESISTA	Lizeth Adelaida Justiniano Hurtado
MUESTRA	AGREGADO FINO
FECHA	Feb-20

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM - D422							
TAMIZ No	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFI. TEC ASTM	TAMAÑO MAXIMO = 1"
3"	76.200	0.0	0.00	0.00	100.00	(--- - ---)	MATERIAL DE COLOR GRISACEO, DE ESTRUCTURA GRANULAR, DE TEXTURA ARENOSA, DE CONSISTENCIA DESMENUZABLE, SIN PLASTICIDAD, SIN COHESION, SUELO PERMEABLE
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00	(--- - ---)	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00	(--- - ---)	
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00	(--- - ---)	
3/4"	19.050	0.0	0.00	0.00	100.00	(--- - ---)	
1/2"	12.700	0.0	0.00	0.00	100.00	(--- - ---)	
3/8"	9.525	335.0	5.08	5.08	94.92	100	
No 4	4.760	653.0	9.89	14.97	85.03	(95 - 100)	
No 10	2.000	835.0	12.65	27.62	72.38	(80 - 100)	
No 16	1.300	754.0	11.42	39.05	60.95	(50 - 85)	
No 20	0.840	669.0	10.14	49.18	50.82	(--- - ---)	
No 30	0.590	1260.0	19.09	68.27	31.73	(25 - 60)	
No 40	0.426	1150.0	17.42	85.70	14.30	(--- - ---)	
No 50	0.297	410.0	6.21	91.91	8.09	(10 - 30)	
No 60	0.250	208.0	3.15	95.06	4.94	(--- - ---)	
No 100	0.149	185.0	2.80	97.86	2.14	(2 - 10)	
No 200	0.074	105.0	1.59	99.45	0.55	(--- - ---)	
CAZOLETA		36.0	0.55	100.00	0.00	(--- - ---)	

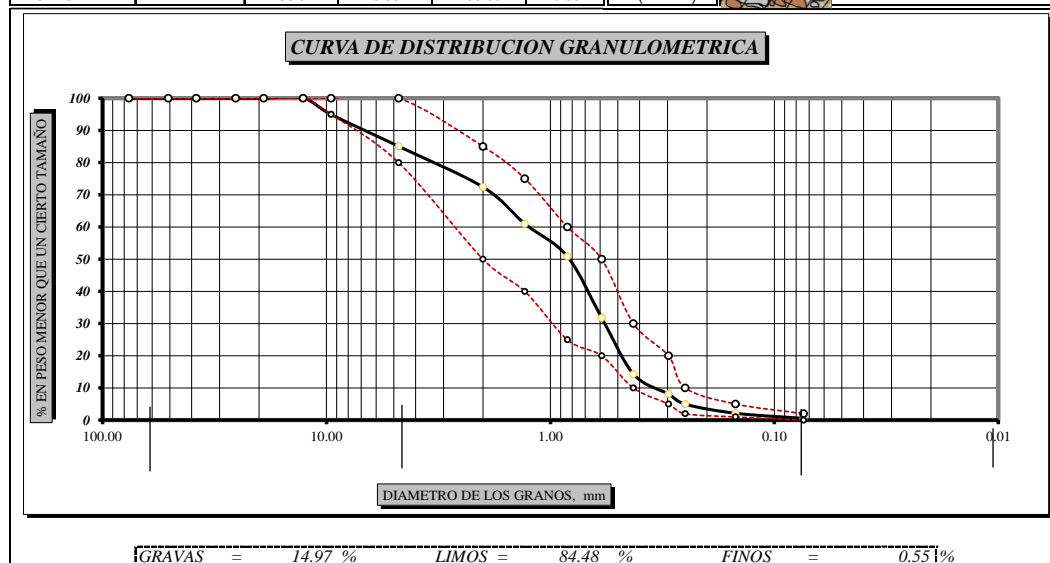
CLASIFICACION SUCS : **SM**
 CLASIFICACION AASHTO : **A - 2-4(0)**
 Coeficiente de Uniformidad
 Coeficiente de Curvatura

CARACTERISTICAS DE LA FRACCION QUE PASA LA MALLA No 40

Límite Líquido	=	NP
Límite Plástico	=	NP
Índice de Plasticidad	=	NP

SIMBOLO **DESCRIPCION**

ARENAS LIMPIAS BIEN GRADUADAS



Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: Los resultados del análisis granulométrico por tamizado agregado fino en la gráfica nos muestra la distribución del tamaño de sus partículas cumpliendo "ASTM C-136 y NTP 400.012" en la M3.

Módulo de fineza

El estudio del patrón de la elasticidad del adherido selecto, se llevó de acuerdo en uso de la normativa ASTM C-33 y la NTP 400.011. El módulo de elasticidad no discrimina entre tamaños de grano, pero para los agregados dentro de ciertos porcentajes, sirve como control de homogeneidad. Este cuadro presenta los resultados de los ensayos realizados:

Tabla 7

Módulo de fineza del agregado fino – promedio

RESUMEN DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				
DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			MF – PROMEDIO (%)
	M-1	M-2	M-3	
MÓDULO DEL FINO	0.12	0.09	0.55	0.253

Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: El patrón de finura promedio de la grava fina fue de 0.253.

Peso unitario del agregado fino

La masa única de la grava fina, se determina por la proporción en la masa única con el volumen unitario; y se formula en Kg/m^3 . Este ensayo se modifica en función de las características como el tamaño y la forma, la absorción y el rocío obtenido, la granulometría del árido y sus componentes exógenos, tales como la como el grado de comprensión y el grosor tolerable.

Peso unitario suelto (PUS)

La prueba de la masa única, se hizo de acuerdo a la normativa ASTM C-29 y la NTP 400.017. A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 8*Peso unitario suelto del agregado fino*

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO - NTP 400.017			
MUESTRA	M-1	M-2	M-3
Peso del agregado suelto + recipiente (gr.)	11992	12081	12092
Peso del recipiente (gr.)	7482	7482	7482
Volumen de recipiente (m ³ ,)	4177.3	4177.3	4177.3
Peso del recipiente (gr.)	4510	4599	4610
Peso unitario suelto seco (gr/m ³ ,)	1079.6	1101.0	1103.6

Peso Volumetrico del agregado seco Suelto = 1094.727 Kg/m³,

Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: La masa unitaria **promedio** desprendida del hormigón selecto, resultó **1094.727 kg/m³**.

Peso unitario compactado (PUC)

La prueba de la masa compactada, se hizo de acuerdo con la normativa ASTM C-29 y la NTP 400.017. Los datos obtenidos de las pruebas realizadas, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9*Peso unitario compactado del agregado fino*

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO - NTP 400.017			
MUESTRA	M-1	M-2	M-3
Peso del agregado compactado + recipiente	12503	12578	12638
Peso del recipiente	7482	7482	7482
Volumen de recipiente	4177.3	4177.3	4177.3
Peso del recipiente	5021	5096	5156
Peso unitario suelto seco	1202.0	1219.9	1234.3

Peso Volumetrico del agregado seco compactado= 1218.731 Kg/m³,

Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: El peso unitario **medio** petrificado del árido fino resulta **1218,731 kg/m³**.

Peso específico y humedad

La prueba de la masa específica y del contenido de humedad se llevó a cabo de acuerdo con la normativa ASTM C-128 y la NTP 400.022. En consecuencia, de los ensayos realizados se muestran en esta tabla:

Tabla 10

Contenido de humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD ω (%)				
1	Tara No.	M-1	M-2	M-3
2	Peso de la tara (gr)	58	58	58
3	Peso de la tara + Peso del suelo húmedo (gr)	586.60	546.20	586.10
4	Peso de la tara + Peso del suelo seco (gr)	582.00	543.00	584.00
5	Peso del Agua Contenida (gr)	4.60	3.20	2.10
6	Peso del suelo seco (gr)	524.00	485.00	526.00
7	Contenido de Humedad (%)	0.88	0.66	0.40
8	HUMEDAD PROMEDIO (%)	0.65		

Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: La **masa** selecta del adherido delgado resulta **2.630 gr/cm³** y el **índice de permeabilidad** del hormigón suave es de **0,65%**.

Material que pasa por el tamiz N° 200

La prueba de la cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 se realizó de acuerdo con la **norma** ASTM C-117 y la NTP 400.018. Los resultados de las pruebas se muestran en esta tabla:

Tabla 11

Materiales que pasan por el tamiz N° 200 de la grava fina

MUESTRA	M - 1	MUESTRA	M - 2	MUESTRA	M - 3
W NAT + Bandeja	7230.00 gr	W NAT + Bandeja	7085.00 gr	W NAT + Bandeja	7204.00 gr
W Seco + Bandeja	7155.00 gr	W Seco + Bandeja	7010.00 gr	W Seco + Bandeja	7139.00 gr
W Lav. Seco + Band. Bandeja	6617.00 gr	W Lav. Seco + Band. Bandeja	6617.00 gr	W Lav. Seco + Band. Bandeja	6617.00 gr
	818.00 gr		818.00 gr		818.00 gr
MUESTRA NATURAL=	6412.00 g.	MUESTRA NATURAL=	6267.00 g.	MUESTRA NATURAL=	6388.00 g.
MUESTRA SECA=	6337.00 g.	MUESTRA SECA=	6192.00 g.	MUESTRA SECA=	6321.00 g.
Error Mecánico < al 0.3%	165.00 g 2.60 %	Error Mecánico < al 0.3%	165.00 g 2.66 %	Error Mecánico < al 0.3%	165.00 g 2.61 %
Peso del AGUA	75.00 g	Peso del AGUA	75.00 g	Peso del AGUA	65.00 g
Contenido de AGUA	1.18 %	Contenido de AGUA	1.21 %	Contenido de AGUA	1.03 %
TAMANO MAXIMO	9.50 mm	TAMANO MAXIMO	9.50 mm	TAMANO MAXIMO	9.50 mm
TAMANO NOMNAL	4.75 mm	TAMANO NOMNAL	4.75 mm	TAMANO NOMNAL	4.75 mm
Módulo de Finesa	4.44	Módulo de Finesa	4.44	Módulo de Finesa	4.44
% Contenido de Grueso	16.01 %	% Contenido de Grueso	15.96 %	% Contenido de Grueso	16.16 %
% Contenido de Finos	83.08 %	% Contenido de Finos	83.04 %	% Contenido de Finos	83.84 %
% Contenido < a 200	0.91 %	% Contenido < a 200	1.00 %	% Contenido < a 200	0.00 %

Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: El porcentaje promedio de la grava fina, que pasa por el tamiz de la malla N°200, resultó ser de **0.637%**.

4.1.2. PROPIEDADES DE LA ARCILLA EXPANDIDA

Análisis Granulométrico

Se realizaron pruebas básicas con la arcilla expandida. Para preparar los diseños de mezclas se compró arcilla expandida de la empresa ARGEX – Arcilla Expandida, S.A.

Figura 4

Arcilla expandida para los ensayos de laboratorio



Interpretación: Se realizó la selección de la muestra de acuerdo a La técnica del cuarteo.

Tabla 12

Análisis granulométrico de la arcilla expandida M-1

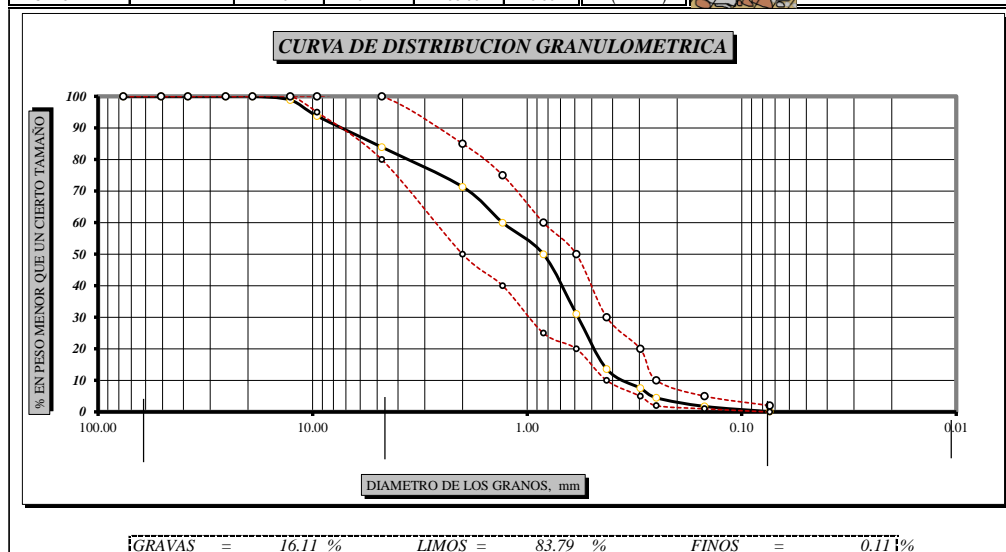


UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVL



TEMA	"Propuesta de Diseño de Mezcla del Concreto Liviano Usando Arcilla Expandida"
TESISTA	Lizeth Adelaida Justiniano Hurtado
MUESTRA	ARCILLA EXPANDIDA
FECHA	Feb-20

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM - D422							TAMAÑO MAXIMO =	1 "
TAMIZ No	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFI. TEC ASTM	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	76.200	0.0	0.00	0.00	100.00	(-- - --)	MATERIAL DE COLOR MARRON , DE ESTRUCTURA GRANULAR, DE TEXTURA ARENOSA, DE CONSISTENCIA DESMENUZABLE, DE MEDIANA PLASTICIDAD, SUELO SEMIPERMEABLE	
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00	(-- - --)	CLASIFICACION SUCS : SC	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00	(-- - --)	CLASIFICACION AASHTO : A - 2-4(0)	
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00	(-- - --)	Coeficiente de Uniformidad	
3/4"	19.050	0.0	0.00	0.00	100.00	(-- - --)	Coeficiente de Curvatura	
1/2"	12.700	78.0	1.18	1.18	98.82	(-- - --)	CARACTERISTICAS DE LA FRACCION QUE PASA LA MALLA No 40	
3/8"	9.525	335.0	5.08	6.26	93.74	100	Límite Líquido = NP	
No 4	4.760	650.0	9.85	16.11	83.89	(95 - 100)	Límite Plástico = NP	
No 10	2.000	830.0	12.58	28.68	71.32	(80 - 100)	Índice de Plasticidad = NP	
No 16	1.300	750.0	11.36	40.05	59.95	(50 - 85)	SÍMBOLO DESCRIPCION	
No 20	0.840	660.0	10.00	50.05	49.95	(-- - --)	ARCILLA EXPANDIDA	
No 30	0.590	1250.0	18.94	68.98	31.02	(25 - 60)		
No 40	0.426	1150.0	17.42	86.41	13.59	(-- - --)		
No 50	0.297	400.0	6.06	92.47	7.53	(10 - 30)		
No 60	0.250	200.0	3.03	95.50	4.50	(-- - --)		
No 100	0.149	180.0	2.73	98.23	1.77	(2 - 10)		
No 200	0.074	110.0	1.67	99.89	0.11	(-- - --)		
CAZOLETA		7.0	0.11	100.00	0.00	(-- - --)		



Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: Los resultados del análisis granulométrico por tamizado agregado grueso – arcilla expandida en la gráfica nos muestra la distribución del tamaño de sus partículas cumpliendo "ASTM C-136 y NTP 400.012" en la M1.

Tabla 13

Análisis granulométrico de la arcilla expandida M-2

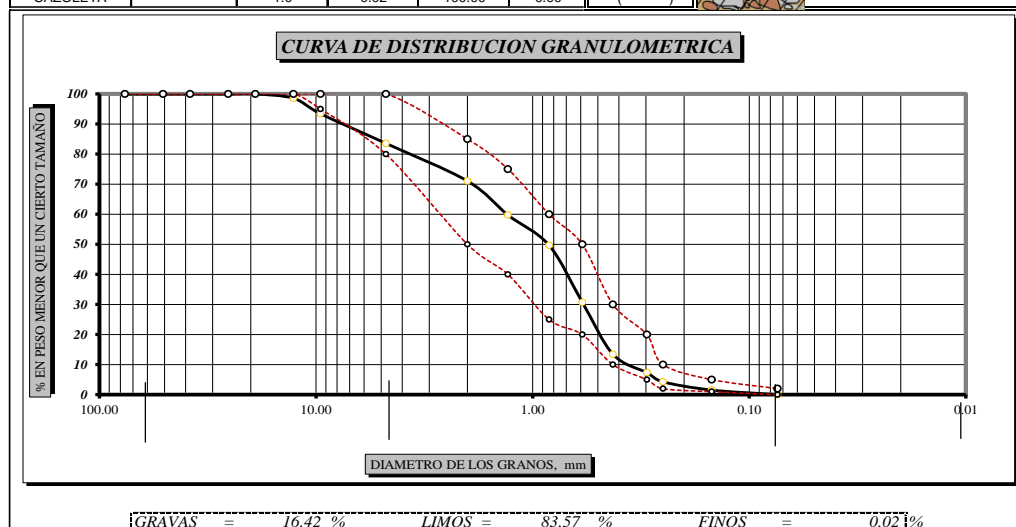


UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TEMA	"Propuesta de Diseño de Mezcla del Concreto Liviano Usando Arcilla Expandida"
TESISTA	Lizeth Adelaida Justiniano Hurtado
MUESTRA	ARCILLA EXPANDIDA
FECHA	Feb-20

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM - D422							
TAMIZ No	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFI. TEC ASTM	TAMAÑO MAXIMO = 1"
3"	76.200	0.0	0.00	0.00	100.00	(-- - --)	DESCRIPCION DE LA MUESTRA MATERIAL DE COLOR MARRON, DE ESTRUCTURA GRANULAR, DE TEXTURA ARENOSA, DE CONSISTENCIA DESMENUZABLE, DE MEDIANA PLASTICIDAD, SUELO SEMIPERMEABLE
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00	(-- - --)	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00	(-- - --)	
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00	(-- - --)	
3/4"	19.050	0.0	0.00	0.00	100.00	(-- - --)	
1/2"	12.700	95.0	1.43	1.43	98.57	(-- - --)	
3/8"	9.525	343.0	5.17	6.60	93.40	100	
No 4	4.760	652.0	9.82	16.42	83.58	(95 - 100)	
No 10	2.000	833.0	12.55	28.96	71.04	(80 - 100)	
No 16	1.300	751.0	11.31	40.27	59.73	(50 - 85)	
No 20	0.840	668.0	10.06	50.33	49.67	(-- - --)	
No 30	0.590	1259.0	18.96	69.29	30.71	(25 - 60)	
No 40	0.426	1149.0	17.30	86.60	13.40	(-- - --)	
No 50	0.297	405.0	6.10	92.70	7.30	(10 - 30)	
No 60	0.250	203.0	3.06	95.75	4.25	(-- - --)	
No 100	0.149	181.0	2.73	98.48	1.52	(2 - 10)	
No 200	0.074	100.0	1.51	99.98	0.02	(-- - --)	
CAZOLETA		1.0	0.02	100.00	0.00	(-- - --)	



Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: Los resultados del análisis granulométrico por tamizado agregado grueso – arcilla expandida en la gráfica nos muestra la distribución del tamaño de sus partículas cumpliendo "ASTM C-136 y NTP 400.012" en la M2.

Tabla 14

Análisis granulométrico de la arcilla expandida M-3

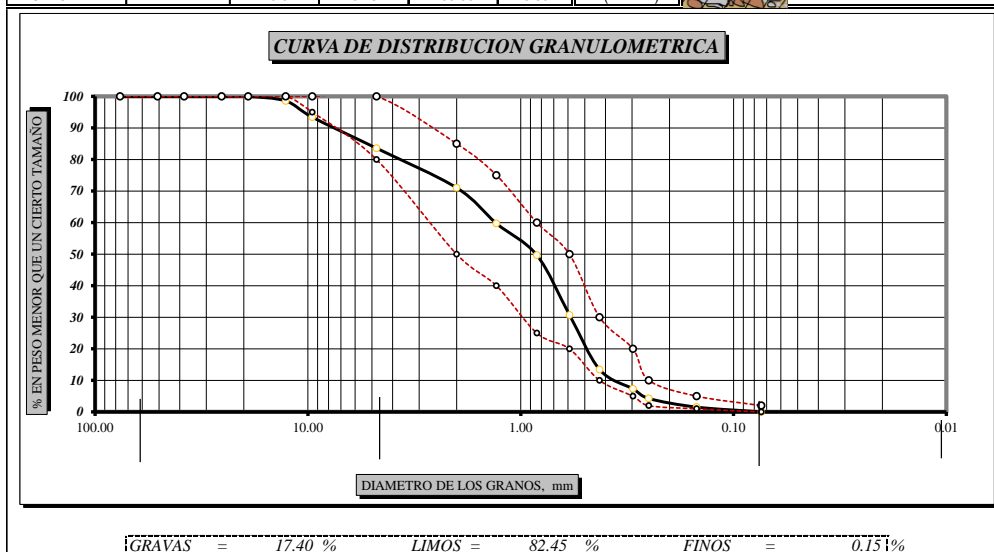


UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TEMA	"Propuesta de Diseño de Mezcla del Concreto Liviano Usando Arcilla Expandida"
TESISTA	Lizeth Adelaida Justiniano Hurtado
MUESTRA	ARCILLA EXPANDIDA
FECHA	Feb-20

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM - D422							
TAMIZ No	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFI. TEC ASTM	TAMAÑO MAXIMO = 1"
3"	76.200	0.0	0.00	0.00	100.00	(-- - --)	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00	(-- - --)	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00	(-- - --)	MATERIAL DE COLOR MARRON, DE ESTRUCTURA GRANULAR, DE TEXTURA ARENOSA, DE CONSISTENCIA DESMENUZABLE, DE MEDIANA PLASTICIDAD, SUELO SEMIPERMEABLE
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00	(-- - --)	CLASIFICACION SUCS : SC
3/4"	19.050	88.0	1.29	1.29	98.71	(-- - --)	CLASIFICACION AASHTO : A - 2-4(0)
1/2"	12.700	96.0	1.41	2.70	97.30	(-- - --)	Coefficiente de Uniformidad
3/8"	9.525	348.0	5.10	7.80	92.20	100	Coefficiente de Curvatura
No 4	4.760	655.0	9.60	17.40	82.60	(95 - 100)	CARACTERISTICAS DE LA FRACCION QUE PASA LA MALLA No 40
No 10	2.000	834.0	12.23	29.63	70.37	(80 - 100)	
No 16	1.300	753.0	11.04	40.67	59.33	(50 - 85)	Límite Líquido = NP
No 20	0.840	670.0	9.82	50.50	49.50	(-- - --)	Límite Plástico = NP
No 30	0.590	1290.0	18.91	69.41	30.59	(25 - 60)	Índice de Plasticidad = NP
No 40	0.426	1160.0	17.01	86.42	13.58	(-- - --)	SÍMBOLO DESCRIPCION
No 50	0.297	410.0	6.01	92.43	7.57	(10 - 30)	 ARCILLA EXPANDIDA
No 60	0.250	210.0	3.08	95.51	4.49	(-- - --)	
No 100	0.149	190.0	2.79	98.30	1.70	(2 - 10)	
No 200	0.074	106.0	1.55	99.85	0.15	(-- - --)	
CAZOLETA		10.0	0.15	100.00	0.00	(-- - --)	



Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: Los resultados del análisis granulométrico por tamizado agregado grueso – arcilla expandida en la gráfica nos muestra la distribución del tamaño de sus partículas cumpliendo "ASTM C-136 y NTP 400.012" en la M3.

Peso unitario suelto (PUS)

Las pruebas de la masa única desprendidos se han realizado de acuerdo con la norma ASTM C-29 y la NTP 400.017. Los valores de las pruebas se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 15

Peso Unitario de la Arcilla Expandida – Promedio

RESUMEN PESO UNITARIO (gr/m3)				
DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			PESO UNITARIO
	M-1	M-2	M-3	PROMEDIO
PESO UNITARIO SUELTO	211.6	206.4	206.1	208.029
PESO UNITARIO COMPACTADO	232.9	228.6	233.6	231.729

Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: Las muestras M1, M2 y M3 se realizaron de acuerdo a la NTP400.017/(ASTM C-29) obteniendo peso promedio que se muestran en la tabla 15.

Tabla 16

Peso unitario suelto de la arcilla expandida

PESO UNITARIO SECO SUELTO - NTP 400.017			
MUESTRA	M-1	M-2	M-3
Peso del agregado suelto + recipiente (gr.)	8366	8344	8343
Peso del recipiente (gr.)	7482	7482	7482
Volumen de recipiente (m ³ ,)	4177.3	4177.3	4177.3
Peso del recipiente (gr.)	884	862	861
Peso unitario suelto seco (gr/m ³ ,)	211.6	206.4	206.1

Peso Volumetrico del agregado seco Suelto = 208.029 Kg/m³,

Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: La masa única liberada **medio** de la arcilla expandida fue de **208,029 kg/m³**.

Peso unitario compactado (PUC)

La prueba de la masa petrificada se efectuó de acuerdo con la normatividad ASTM C-29 y la NTP 400.017. Los valores de la prueba se indican en la siguiente tabla.

Tabla 17

Masa única petrificada de la arcilla expandida

PESO UNITARIO SECO COMPACTADO - NTP 400.017			
MUESTRA	M-1	M-2	M-3
Peso del agregado varillado + recipiente	8455	8437	8458
Peso del recipiente	7482	7482	7482
Volumen de recipiente	4177.3	4177.3	4177.3
Peso del recipiente	973	955	976
Peso unitario suelto seco	232.9	228.6	233.6

Peso Volumetrico del agregado seco compactado= 231.729 Kg/m³.

Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: La masa única petrificada **medio** de la arcilla expandida fue de **231.729 kg/m³**.

Peso específico y absorción

El peso específico y la prueba de absorción se realizaron de acuerdo con la normativa ASTM C-128 y la NTP 400.022. Los valores de la prueba realizada se indican en la siguiente tabla:

Tabla 18

Absorción de arcilla expandida

DENSIDAD RELATIVA AGREGADO GRUESO				
1	Tara No.	1	2	3
2	Masa aparente del agregado saturado en agua (peso sumergido) (gr)	1423	1553	1600
3	Peso de la tara (gr)	1346.00	1346.00	1346.00
4	Masa saturado superficialmente seco del agregado (gr)	2210.00	2444.00	2505.00
5	Masa seco del agregado al horno (gr)	2199.00	2410.00	2490.00
6	Estado seco del agregado P.E. aparente (gr)	1750.00	1860.00	1840.00
7	Estado saturado del agregado (gr)	77.00	207.00	254.00
8	Humedad absorbida por el agregado (%)	0.50	1.41	0.60

DENSIDADES	DENSIDAD RELATIVA (Densidad Especifica)	DENSIDAD DE MASA (Densidad)	ABSORCION DE AGUA
Estado seco del agregado para el concreto (gr)	1816.67	1635.00	0.84
Estado saturado del agregado concreto (gr)	179.33	161.40	

Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: La masa específica de la arcilla expandida resulta fue de 0,811 gr/cm³ y su porcentaje de permeabilidad de la arcilla expandida resultó ser de 0,84%.

Análisis granulométrico

Los datos de las pruebas realizadas se recogen en esta tabla:

Tabla 19

Análisis Granulométrico muestra M-1 arcilla expandida

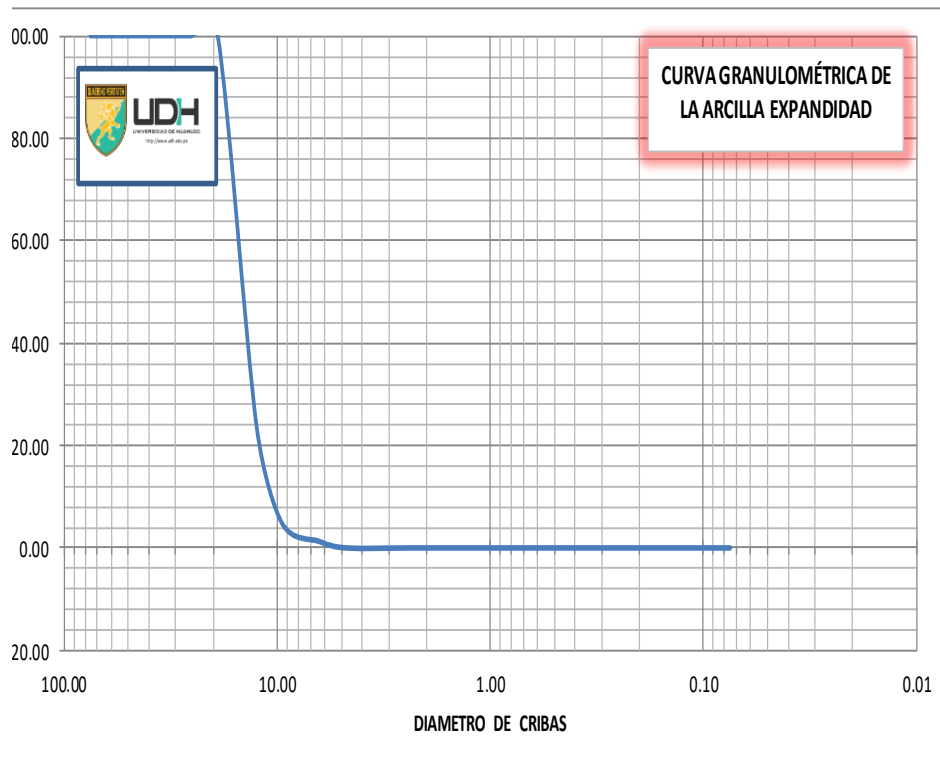
CRIBAS		Peso Reten Gramos	% Retenidos	% Reten Acumulados	% Pasan PASAN
Pulg	mm				
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2 "	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1 "	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	312.00	76.10	76.10	23.90
3/8"	9.50	78.00	19.02	95.12	4.88
1/4"	6.30	15.00	3.66	98.78	1.22
4	4.75	5.00	1.22	100.00	0.00
8	2.36	0.00	0.00	100.00	0.00
10	2.00	0.00	0.00	100.00	0.00
12	1.70	0.00	0.00	100.00	0.00
16	1.18	0.00	0.00	100.00	0.00
18	1.00	0.00	0.00	100.00	0.00
30	0.60	0.00	0.00	100.00	0.00
35	0.500	0.00	0.00	100.00	0.00
40	0.425	0.00	0.00	100.00	0.00
50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00
60	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00
100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00
200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00
cazoleta:		0.00		100.33	-0.33
TOTAL		410.00		100.00	-0.33

Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: Resultados de los estudios de la arcilla expandida en los tamices que se llevaron a cabo según la norma ASTM C-136 y la NTP 400.012.

Figura 5

Curva granulométrica muestra M-1 arcilla expandida



Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: Los resultados del análisis granulométrico por tamizado agregado grueso – arcilla expandida en la gráfica nos muestra la distribución del tamaño de sus partículas cumpliendo en la M1.

Tabla 20*Análisis Granulométrico muestra M-2 arcilla expandida*

CRIBAS		Peso Reten Gramos	% Retenidos	% Reten Acumulados	% Pasan PASAN
Pulg	mm				
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2 "	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1 "	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	343.00	81.67	81.67	18.33
3/8"	9.50	66.00	15.71	97.38	2.62
1/4"	6.30	10.00	2.38	99.76	0.24
4	4.75	2.00	0.48	100.24	-0.24
8	2.36	0.00	0.00	100.24	-0.24
10	2.00	0.00	0.00	100.24	-0.24
12	1.70	0.00	0.00	100.24	-0.24
16	1.18	0.00	0.00	100.24	-0.24
18	1.00	0.00	0.00	100.24	-0.24
30	0.60	0.00	0.00	100.24	-0.24
35	0.500	0.00	0.00	100.24	-0.24
40	0.425	0.00	0.00	100.24	-0.24
50	0.300	0.00	0.00	100.24	-0.24
60	0.300	0.00	0.00	100.24	-0.24
100	0.150	0.00	0.00	100.24	-0.24
200	0.075	0.00	0.00	100.24	-0.24
cazoleta:		0.00	0.61	100.84	-0.84
TOTAL		421.00		100.00	-0.84

Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: Resultados de los estudios de la arcilla expandida M2, en los tamices que se llevaron a cabo según la norma ASTM C-136 y la NTP 400.012.

Tabla 21*Análisis Granulométrico muestra M-3 arcilla expandida*

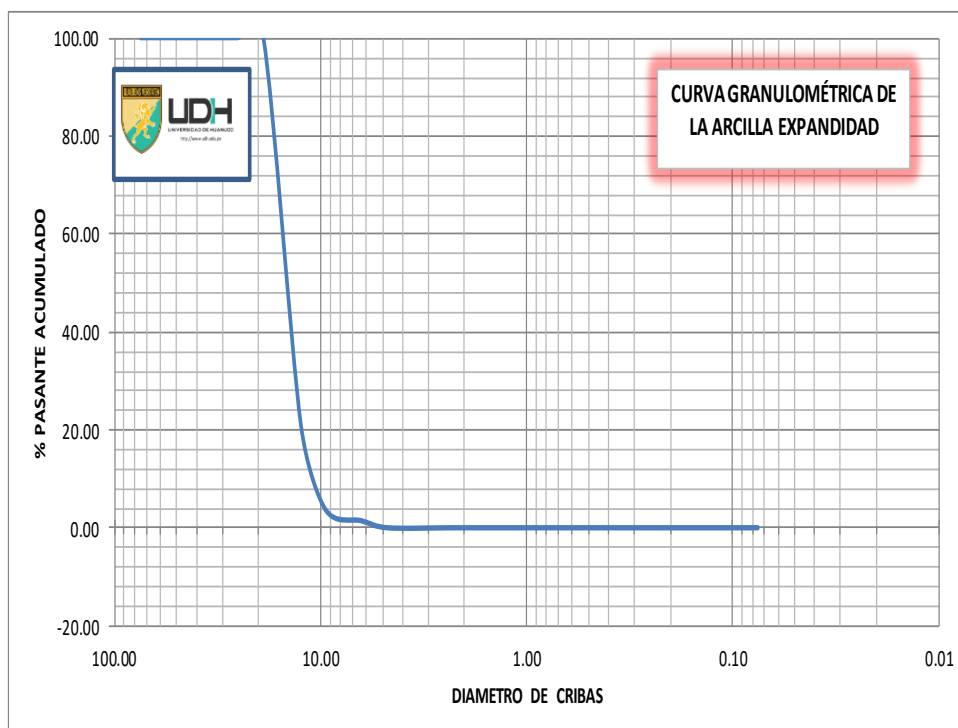
CRIBAS		Peso Reten Gramos	% Retenidos	% Reten Acumulados	% Pasan PASAN
Pulg	mm				
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2 "	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1 "	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	335.00	78.82	78.82	21.18
3/8"	9.50	74.00	17.41	96.24	3.76
1/4"	6.30	10.00	2.35	98.59	1.41
4	4.75	6.00	1.41	100.00	0.00
8	2.36	0.00	0.00	100.00	0.00
10	2.00	0.00	0.00	100.00	0.00
12	1.70	0.00	0.00	100.00	0.00
16	1.18	0.00	0.00	100.00	0.00
18	1.00	0.00	0.00	100.00	0.00
30	0.60	0.00	0.00	100.00	0.00
35	0.500	0.00	0.00	100.00	0.00
40	0.425	0.00	0.00	100.00	0.00
50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00
60	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00
100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00
200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00
cazoleta:		0.00	0.50	100.50	-0.50
TOTAL		425.00		100.00	-0.50

Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: Resultados de los estudios de la arcilla expandida M3, en los tamices que se llevaron a cabo según la norma ASTM C-136 y la NTP 400.012.

Figura 7

Curva granulométrica muestra M-3 arcilla expandida



Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: Resultados de los estudios de la arcilla expandida M3, en los tamices que se llevaron a cabo según la norma ASTM C-136 y la NTP 400.012.

Módulo de fineza

Los estudios de los patrones de finura de la arcilla expandida, se llevó a cabo según la norma ASTM C-33 y la NTP 400.011. Los datos de las pruebas realizadas se recogen en esta tabla:

Tabla 22*Módulo de fineza de la arcilla expandida*

MUESTRA	M 1	MUESTRA	M 2	MUESTRA	M 3
W NAT + Bandeja	531.00 gr	W NAT + Bandeja	541.00 gr	W NAT + Bandeja	544.00 gr
W Seco + Bandeja	529.50 gr	W Seco + Bandeja	539.50 gr	W Seco + Bandeja	542.50 gr
W Lav. Seco + Band.	529.00 gr	W Lav. Seco + Band.	539.00 gr	W Lav. Seco + Band.	542.00 gr
Bandeja	120.00 gr	Bandeja	120.00 gr	Bandeja	120.00 gr
MUESTRA NATURAL=	410.00 g.	MUESTRA NATURAL=	420.00 g.	MUESTRA NATURAL=	423.00 g.
MUESTRA SECA=	409.00 g.	MUESTRA SECA=	419.00 g.	MUESTRA SECA=	422.00 g.
Error Mecánico < al	1.00 g	Error Mecánico < al	2.00 g	Error Mecánico < al	3.00 g
0.3%	0.24 %	0.3%	0.48 %	0.3%	0.71 %
Peso del AGUA.	1.50 g	Peso del AGUA.	1.50 g	Peso del AGUA.	1.50 g
Contenido de AGUA.	0.24 %	Contenido de AGUA.	0.24 %	Contenido de AGUA.	0.24 %
TAMANO MAXIMO	6.300 mm	TAMANO MAXIMO	6.300 mm	TAMANO MAXIMO	25.000 mm
TAMANO NOMINAL	2.360 mm	TAMANO NOMINAL	2.360 mm	TAMANO NOMINAL	12.500 mm
Módulo de Fineza	6.00	Módulo de Fineza	6.01	Módulo de Fineza	6.00

Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: El patrón de finura media de la arcilla expandida resultó tener 6.003.

Material que pasa tamiz N° 200

La prueba del volumen de la arcilla expandida tamizada a través del tamiz 200, se analizó en relación a la normativa ASTM C-117 y la NTP 400.018. Los datos de las pruebas realizadas se recogen en esta tabla:

Tabla 23

El material pasó por el tamiz número 200 de los agregados de arcilla expandida

MUESTRA M1		MUESTRA M2		MUESTRA M3	
W NAT + Búsqueda	531.00 gr	W NAT + Búsqueda	541.00 gr	W NAT + Búsqueda	544.00 gr
W seco + Búsqueda	529.50 gr	W seco + Búsqueda	539.50 gr	W seco + Búsqueda	542.50 gr
W Liv. Seco + Búsqueda	529.00 gr	W Liv. Seco + Búsqueda	539.00 gr	W Liv. Seco + Búsqueda	542.00 gr
Búsqueda	120.00 gr	Búsqueda	120.00 gr	Búsqueda	120.00 gr
MUESTRA NATURAL=	410.00 g.	MUESTRA NATURAL=	420.00 g.	MUESTRA NATURAL=	423.00 g.
MUESTRA SECA=	409.00 g.	MUESTRA SECA=	419.00 g.	MUESTRA SECA=	422.00 g.
Error Mecánico < al	1.00 g	Error Mecánico < al	2.00 g	Error Mecánico < al	3.00 g
0.3%	0.24 %	0.3%	0.48 %	0.3%	0.71 %
Peso del AGUA	1.50 g	Peso del AGUA	1.50 g	Peso del AGUA	1.50 g
Contenido de AGUA	0.24 %	Contenido de AGUA	0.24 %	Contenido de AGUA	0.24 %
TAMANO MAXIMO	6.300 mm	TAMANO MAXIMO	6.300 mm	TAMANO MAXIMO	25.000 mm
TAMANO NOMINAL	2.360 mm	TAMANO NOMINAL	2.360 mm	TAMANO NOMINAL	12.500 mm
Modulo de Finesa	6.00	Modulo de Finesa	6.01	Modulo de Finesa	6.00
% Contenido de Grueso	100.00 %	% Contenido de Grueso	100.00 %	% Contenido de Grueso	100.00 %
% Contenido de Fines	0.00 %	% Contenido de Fines	0.00 %	% Contenido de Fines	0.00 %
% Contenido < a 200	0.00 %	% Contenido < a 200	0.00 %	% Contenido < a 200	0.00 %

Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: La **media** del porcentaje que fluctúa por la malla N° 200 de la arcilla expandida resultó ser **0.00%**

4.1.3. FASE EXPLORATORIA

Diseño de mezclas

Figura 8

Proporciones de agregados y cemento para la elaboración del concreto liviano con arcilla expandida



Interpretación: Se elaboró un diseño de mezcla con agregado de arcilla expandida, a partir de los resultados basados en la tabla de

"Categorización del hormigón ligero" de la Tabla N°1. Con este fin, se validó el diseño de la mezcla seleccionada ajustando el volumen real de aire y de agua. Se desarrollaron **dos (02), diseños de mezcla: hormigón estructural con arcilla expandida (grupo de muestra) y hormigón estructural óptimo (grupo de control)**. Se incluyó la gravedad específica, la fluidez y la cantidad de aire atrapado de acuerdo la norma ASTM C-138 y las correcciones necesarias.

Figura 9

Proceso de preparación de la mezcla para el concreto liviano



Ensayos al concreto fresco

Las pruebas de hormigón húmedo, se llevaron a cabo de acuerdo con la norma ASTM C-172 y la mezcla se sacó de un tambor mezclador de 09 pies³, poniendo cuidado en evitar la segregación durante la descarga en el contenedor. Las pruebas se realizaron en los 10 minutos siguientes a la toma de la primera muestra.

Peso unitario

La prueba de peso unitario se llevó acabo de acuerdo con la normativa ASTM C-138 y la NTP 339.046. Estas tablas muestran los datos de los ensayos realizados:

Tabla 24

Peso unitario de concreto estructural de baja densidad

FECHA	CONCRETO CON ARCILLA EXPANDIDA (MUESTRA)				Tandas
	Temperat.	SLUMP	Peso (Kg)	γ Unitario	
12/02/2020	26.60 °C	3.00 Pul	12398	1.7315	1
12/02/2020	26.10 °C	3.20 Pul	12406	1.7343	2
12/02/2020	26.20 °C	3.10 Pul	12436	1.7449	3
13/02/2020	26.00 °C	3.20 Pul	12287	1.6924	4
13/02/2020	26.70 °C	3.00 Pul	12323	1.7051	5

Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: El peso promedio del peso unitario de concreto estructural de baja densidad fue de 1.7345.

Asentamiento

La prueba de asentamiento se llevó acabo de acuerdo con la normativa ASTM C-143 y la NTP 339.035. Estas tablas muestran los datos de los ensayos realizados:

Figura 10

Prueba de asentamiento



Interpretación: *Se realizó la prueba de asentamiento para la verificación del grado de fluidez de la mezcla y obtuvo resultados positivos.*

Tabla 25

Asentamiento de concreto estructural con arcilla expandida

ASENTAMIENTO	CE-OP	
DESCRIPCION	TANDA	RESULTADO
Asentamiento N° 01 (pulg)	1	3.00
Asentamiento N° 02 (pulg)	2	3.20
Asentamiento N° 03 (pulg)	3	3.10
Asentamiento N° 04 (pulg)	4	3.20
Asentamiento N° 05 (pulg)	5	3.00
PROMEDIO (cm)		3.10 pulg

Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: La distancia promedio del Asentamiento de concreto estructural con arcilla expandida fue de 3.10 pulg.

Exudación

La prueba de exudación se llevó a cabo conforme a la normativa ASTM C-232 y NTP 339.077. **Ninguno** de los diseños mostró exudación alguna y fueron óptimos.

Figura 11

Exudación de muestras de concreto con arcilla expandida.



Interpretación: Preparación del diseño mezcla de concreto liviano, usando arcilla expandida.

Temperatura del concreto

Los ensayos de calor al hormigón, se llevaron acabo de acuerdo con la norma ASTM C-1064 y la NTP 339.184. Las tablas siguientes muestran los datos en relación a los estudios realizados:

Tabla 26

Temperatura del concreto estructural arcilla expandida

FECHA	CONCRETO CON ARCILLA EXPANDIDA (MUESTRA)				Tandas
	Temperat.	SLUMP	Peso (Kg)	γ Unitario	
12/02/2020	26.60 °C	3.00 Pul	12398	1.7315	1
12/02/2020	26.10 °C	3.20 Pul	12406	1.7343	2
12/02/2020	26.20 °C	3.10 Pul	12436	1.7449	3
13/02/2020	26.00 °C	3.20 Pul	12287	1.6924	4
13/02/2020	26.70 °C	3.00 Pul	12323	1.7051	5

Nota: Adoptado de resultado de laboratorio de suelos UDH.

Interpretación: La temperatura promedio fue de 26.32 °C.

Ensayos al concreto endurecido

Figura 12

Preparación de las muestras de concreto de acuerdo a lo que estipula la norma



Interpretación: El hormigón fresco fue ensayado de acuerdo a la norma utilizando probetas de acero de 6" x 12" proporcionadas por el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad de Huánuco y dio un turno de espera del curado necesario. Todos los ensayos de concreto curado se realizaron con la misma tanda de la mezcla diseñada.

Figura 13

Termino de las probetas de concreto



Interpretación: Probetas de concreto terminadas de acuerdo a mezcla establecida.

Figura 14

Control de temperatura durante el curado del concreto para un óptimo desarrollo de resistencia



Interpretación: Proceso de curado de las probetas de concreto.

Resistencia a la compresión

Figura 15

Testigos para ensayos de resistencia



Interpretación: Los análisis de durabilidad, se efectuaron acorde con la normativa ASTM C-39 y la NTP 339.034 en una cantidad muestral de **15 probetas** para tiempos de 01, 03, 07, 14 y 28 días. Los cuadros siguientes muestran los resultados de la discontinuidad con las correspondientes desviaciones estándar y coeficientes de variación.

Figura 16

Ruptura de probetas



Interpretación: Prueba de ruptura de probetas para determinar resistencia a la compresión.

Tabla 27

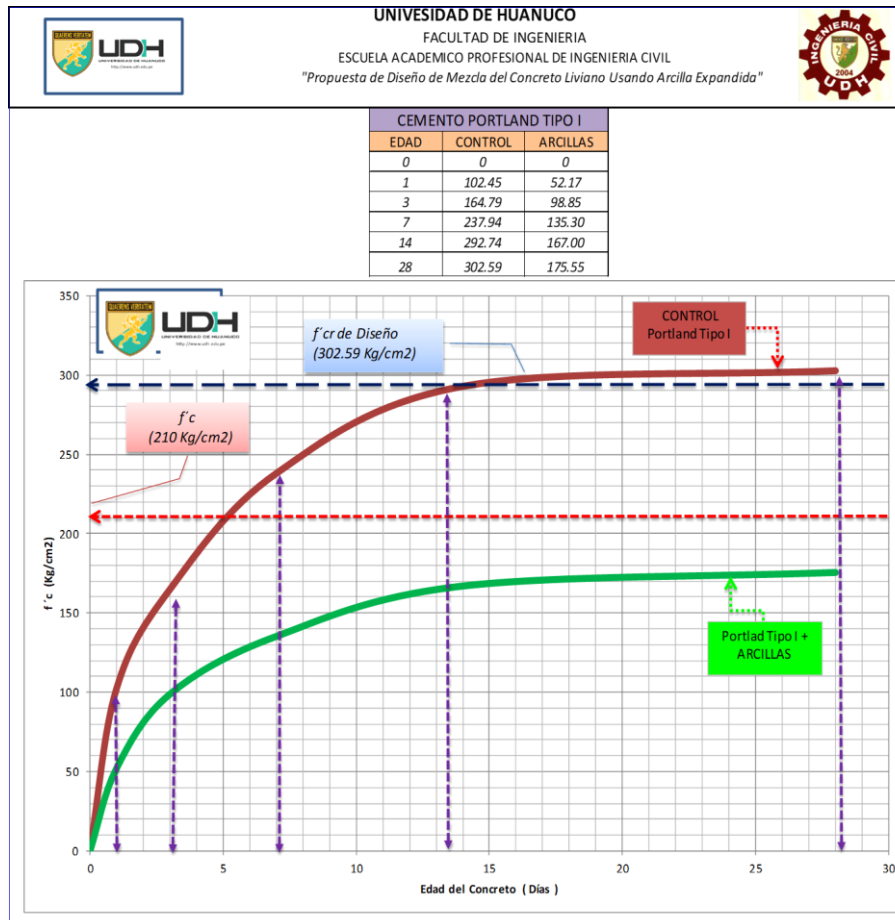
Durabilidad en la compactación de la arcilla expandida de acuerdo al día de curado

FASE ÓPTIMA		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		
CONCRETO ESTRUCTURAL DE BAJA DENSIDAD		
EDAD (días)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	F'c
1	52.17	24.84%
3	98.85	47.07%
7	135.30	64.43%
14	166.99	79.52%
28	175.55	83.60%

Interpretación: Valores de Durabilidad en la compactación de la arcilla expandida o prueba de resistencia a la compresión de acuerdo al día de curado. Ahora resultó que a los 28 días se obtuvo 175.55 kg/cm².

Figura 17

Resistencia de acuerdo al día de curado



Interpretación: Valores de prueba de resistencia a la compresión de acuerdo al día de curado.

Ensayo de módulo de elasticidad

Tabla 28

Módulo de flexibilidad

FASE ÓPTIMA			
MÓDULO DE ELASTICIDAD			
CONCRETO ESTRUCTURAL TIPO I ARCILLA EXPANDIDA			
PROBETA (N°)	EDAD (días)	Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad promedio
1	28	192982.304	
2	28	203812.029	
3	28	199478.886	
4	28	199550.679	
5	28	200624.502	
6	28	205909.635	
7	28	213424.549	
8	28	198109.861	
9	28	190742.588	
10	28	190667.478	
11	28	205909.635	198610.017
12	28	190441.969	
13	28	189688.338	
14	28	191342.409	
15	28	206465.397	

Interpretación: Las pruebas de los prototipos de flexibilidad, donde se efectuaron según la norma ASTM C-469 sobre una muestra de 15 probetas a los 28 días de edad.

A continuación, se aprecian los datos obtenidos del laboratorio.

El patrón de la **flexibilidad** media del hormigón en compresión en los **28 días** de edad es de **198,610.017 kg/cm²**.

4.1.4. ANÁLISIS DE PORCENTAJE (%) DE DISMINUCIÓN DEL PESO ENTRE EL DISEÑO CONTROL Y DISEÑO MUESTRAL

Tabla 29

Porcentaje (%) de disminución del peso

Peso del Concreto del Diseño Control:	2357.82 Kg/m ³
Peso del Concreto del Diseño Muestral:	1618.49 Kg/m ³
Porcentaje (%) de disminución del peso	31.36%.

Interpretación: De la tabla 29 se tiene el **Porcentaje (%) de disminución del peso** entre el diseño control y diseño muestral, observándose que el **diseño de mezcla de concreto liviano** con arcilla expandida, **alcanzó una disminución del 31.36%** frente al **concreto convencional**.

4.1.5. ANÁLISIS DE PESO ENTRE EL DISEÑO CONTROL Y DISEÑO MUESTRAL

Tabla 30

Peso x m3 del diseño de concreto control y muestral

MATERIALES	UND	PESOS (Kg/m ³)	
		Diseño Control	Diseño Muestral
CEMENTO	Bls	456.96	456.96
AGUA	m ³	202.68	200.78
AG. COARSE (FAJA 89)	m ³	1187.55	504.64
AGREGADO FINO	m ³		
NATURAL		510.62	326.85
ARCILLAS EXPANDIDAS	Bls	0.00	129.26
PESO DEL CONCRETO		2357.82 Kg/m ³	1618.49 Kg/m ³

Interpretación: De la tabla 30 se tiene el **Peso (Kg/m³)** de disminución del peso entre el diseño control y diseño muestral, observándose que el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida, alcanzó una disminución del 739.33 Kg/m³ frente al concreto convencional.

4.1.6. ANÁLISIS RESISTENCIA DEL CONCRETO MODIFICADO ENTRE EL DISEÑO CONTROL Y DISEÑO MUESTRAL

Tabla 31

Resistencia a la compresión Kg/cm² del diseño de concreto control y muestral

<i>Resistencia a la compresión Kg/cm²</i>		
Edad (días)	Control Kg/cm ²	Muestral Kg/cm ²
1	102.45	52.17
3	164.79	98.85
7	237.94	135.30
14	292.74	167.00
28	302.59	175.55

Fuente: Elaboración propia (2020)

Interpretación: De la tabla 31 se tiene que la resistencia a la compresión del muestral **alcanzó una resistencia** del 175.55 Kg/ cm² frente al concreto convencional que obtuvo del 302.59 Kg/ cm² siendo este superior.

4.1.7. ANÁLISIS DE COSTOS ENTRE EL DISEÑO CONTROL Y DISEÑO MUESTRAL

Es necesario calcular el valor monetario de la producción para hormigones. En la tabla 32 y 33 muestran los costos para cada uno de los concretos producidos (muestral y control)

Tabla 32

Costo por m³ de concreto muestral

MATERIALES	UND	CANT.	P.U. (s/.)	PRECIO PARCIAL
CEMENTO	Bls	9.66	22.30	215.42
AGUA	m ³	0.16	7.00	1.12
AGREGADO FINO NATURAL	m ³	0.60	32.30	19.38
ARCILLAS EXPANDIDAS	m ³	0.34	2078.60	706.72
TOTAL s/.				942.64

Interpretación: De la tabla 32, se tiene que el costo del **concreto muestral es de S/. 942.64/m³**

Tabla 33

Costo por m³ de concreto control

MATERIALES	UND	CANT.	P.U. (s/.)	PRECIO PARCIAL
CEMENTO	Bls	9.66	22.30	215.42
AGUA	m ³	0.16	7.00	1.12
AGREGADO FINO NATURAL	m ³	0.60	32.30	19.38
AGREGADO GRUESO NAT.	m ³	0.53	23.70	12.56
TOTAL s/.				248.48

Interpretación: De la tabla 33, se tiene que el costo del **concreto control o convencional** es de **S/. 248.48/m³**

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.2.1. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL

Nuestras hipótesis planteadas en el presente trabajo de investigación fueron:

Ho: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **no influye** en aligerar elementos estructurales.

Hi: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **influye** en aligerar elementos estructurales.

Para la verificación de la hipótesis, se utilizaron los resultados a la compresión realizados en el laboratorio de la Universidad de Huánuco.

Podemos mencionar que de los resultados obtenidos respecto a la mezcla de concreto liviano con arcilla expandida y su influencia en aligerar elementos estructurales, de la contrastación que realizamos de la tabla 29, se puede **advertir** que el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida, **alcanzó una disminución del 31.36%**, por lo que frente esos resultados **rechazamos** la hipótesis nula (**Ho**) y **se acepta** la Hipótesis de Investigación (**Hi**).

Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Mejía y Zuluaga (2016), quienes realizaron la investigación denominada: Estudio de la durabilidad de una mezcla de concreto aligerado mediante la utilización de Arcilla Expandida de Sumicol. (tesis de grado). Llegando a las conclusiones: (1) Al utilizar la arcilla térmicamente expandida en el concreto reduce el peso entre un 18% y un 25%. Del mismo modo nuestros resultados guardan relación los obtenidos por León (2019), realizó la investigación denominada “Concreto Liviano Estructural con Arcillas Expandidas y Humo de Sílice: Evaluación Experimental de la Resistencia a Compresión y el Módulo de Elasticidad Secante”. (tesis de grado). Llegan a las siguientes conclusiones: (1) En el trabajo de investigación, las perlas de arcilla expandida y humo de sílice se utilizan como agregados ligeros para determinar el módulo de elasticidad secante y la resistencia a la compresión del concreto liviano estructural a través de experimentos para desarrollar un nuevo concreto de alto rendimiento. (2) Se diseñan 8 tipos de proporciones de mezcla dentro del límite del peso unitario del concreto ligero estructural, de los cuales 4 son mezclas de tipo A y 4 son mezclas de tipo B. (3) La masa específica media del hormigón ligero que se obtuvo en este estudio fue de 1860 kg/m³, que es un 22% inferior al peso específico medio del concreto tradicional.

4.2.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECIFICAS

Contrastación de hipótesis específicas Ho1 y Hi1

Nuestras hipótesis planteadas en el presente trabajo de investigación fueron:

Ho₁: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **no influye** en la variación del **peso** del concreto modificado.

Hi₁: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **influye** en la variación del **peso** del concreto modificado.

Podemos mencionar que de los resultados obtenidos respecto a la mezcla de concreto liviano con arcilla expandida y su influencia en la variación del **peso** del concreto modificado, de la contrastación que realizamos de la tabla 30, que el **peso del concreto modificado fue de 1618.49 kg/m³** y se encuentra **por debajo** del peso del **concreto del Diseño Control** cuyo peso alcanzó los **2357.82 Kg/m³**. Frente esos resultados **rechazamos** la hipótesis nula (**Ho₁**) y **se acepta** la Hipótesis de Investigación (**Hi₁**).

Estos resultados guardan relación con los obtenidos por Soto y Marín (2019), quienes realizaron la investigación titulada “*Análisis del concreto con caucho como aditivo para Aligerar elementos Estructurales*”. (tesis de grado). La investigación llegó a las siguientes conclusiones referentes al peso: El peso de las probetas (0% de agregado de caucho) fue de 13.13 Kg, 13.63 Kg y 13.6 Kg. El peso de las probetas con 5 % de agregado fue de 12.33 Kg, 12.63 Kg, y 12,74 Kg. Estas masas, se seleccionaron a los 7, 14 y 28 días de curado. Hay resultados positivos para un considerable porcentaje de los agregados de caucho, pero el 5% es mejor en términos de minimizar la masa, que es una pérdida de peso promedio del 6,6%.

Contrastación de hipótesis específicas Ho₂ y Hi₂

Nuestras hipótesis planteadas en el presente trabajo de investigación fueron:

Ho₂: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **no influye** en la **resistencia** del concreto modificado.

Hi₂: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **influye** en la **resistencia** del concreto modificado.

Podemos mencionar que de los resultados obtenidos respecto a la mezcla de concreto liviano con arcilla expandida y su influencia en la **resistencia** del concreto modificado, de la contrastación que realizamos de la **tabla 31**, que la **durabilidad** a la compactación del hormigón muestral en los 28 días de edad, obtuvo un valor de **175.55 kg/cm²**,

equivalente a **17.22 Mpa**, utilizando el 14% de arcilla expandida en el diseño de mezcla propuesto; nuestro resultado se encuentra **dentro** de los parámetros para ser considerado como **concreto ligero**, establecido en la **Norma E.060 Concreto Armado, del Ministerio de Vivienda (2019)** y a la **podemos mencionar que el** diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **influye** en la **resistencia** del concreto modificado. Frente esos resultados **rechazamos** la hipótesis nula (**Ho₂**) y **se acepta** la Hipótesis de Investigación (**Hi₂**).

Estos resultados guardan relación con los obtenidos por Mejía y Zuluaga (2016), quienes realizaron la investigación denominada: *Estudio de la durabilidad de una mezcla de concreto aligerado mediante la utilización de Arcilla Expandida de Sumicol*. (tesis de grado). Llegando a las siguientes conclusiones: (1) Al utilizar la arcilla térmicamente expandida en el concreto reduce el peso del mismo, la consistencia de la proporción media es de 1884 kg/m³, donde es mucho menor que el valor del concreto convencional. En los concretos estudiados, la durabilidad con la presión en 28 días resultó ser de 34 MPa y 42 MPa en función al cemento/agua de 0,45 con composiciones del 100% y 50% de arcilla térmicamente expandida, correspondientemente.

Contrastación de hipótesis específicas Ho₃ y Hi₃

Nuestras hipótesis planteadas en el presente trabajo de investigación fueron:

Ho₃: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **no influye** en el **costo** del concreto modificado.

Hi₃: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **influye** en el **costo** del concreto modificado.

Podemos mencionar que de los resultados obtenidos respecto a la mezcla de concreto liviano con arcilla expandida y su influencia en el **costo** del concreto modificado, de la contrastación que realizamos de la tabla 32 y 33, tenemos que el **costo del concreto muestral** resultó **S/. 694.16 más caro** que el costo del **concreto control**. Frente esos

resultados **rechazamos** la hipótesis nula (**Ho₃**) y **se acepta** la Hipótesis de Investigación (**Hi₃**).

Estos resultados guardan relación con los obtenidos por Silva y García (2018), quienes realizaron la investigación denominada: *Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la Cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018*. (tesis de grado). Con este trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones: (1) Los concretos livianos: según la Asociación de Cemento Portland, la densidad del concreto espumado, el concreto sin armadura de refuerzo ligero y concreto con armadura de mínima densidad, es menor que el concreto convencional manteniendo una resistencia a la compresión aceptable. Para **diseñar** el concreto estructural de peso liviano, se utilizó 100 veces la dosis mínima sugerida por el fabricante del aditivo "Eucofel 1000" y a al usar sustancias sintéticas como "Neoplast 8500 HP y Eucofel 1000" para preparar concreto liviano, **se reduce la proporción del suministro necesario**, por tanto, podemos decir que **se reduce el costo**.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos se realiza un análisis del presente estudio de investigación y su comparación con los valores obtenidos en otros estudios de investigación, en los que se utilizó la arcilla expandida como componente de la mezcla de concreto, de donde se puede afirmar:

En relación al objetivo general: Determinar como el **diseño de mezcla** de concreto liviano con arcilla expandida influye en **aligerar** elementos estructurales.

Al evaluar los datos obtenidos en nuestra investigación acerca del **diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida** asociado con **aligerar** elementos estructurales, se encontró de la tabla 29 que el **Porcentaje (%) de disminución del peso** entre el diseño control y diseño muestral, se pudo observar que el **diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida, alcanzó una disminución del 31.36%** frente al **concreto convencional**; este resultado mantienen **similitud** a los obtenidos (Jaimes León, 2019), quien en su trabajo de investigación tesis **alcanzó una disminución del 22%** frente a los concretos convencionales; asimismo (Mejia Noreña & Zuluaga Gutiérrez, 2016) en su tesis alcanzó **una disminución del 18 y 25%** frente a los concretos convencionales; del mismo modo (Soto Londoño & Marín Rincón, 2019), en su tesis alcanzó una disminución del **6.32%** frente a los concretos convencionales.

En relación al objetivo específico 1. Determinar como el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **influye en la variación del peso** del concreto modificado.

Al evaluar los datos obtenidos en nuestra investigación acerca del **diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida** asociado con **la variación del peso** del concreto modificado, se encontró de la tabla 30, que el **peso del concreto modificado** fue de **1618.49 kg/m³**; nuestro resultado es más liviano y se encuentra por **debajo de los pesos obtenidos**

por (Jaimes León, 2019), quien en su trabajo de investigación tesis alcanzó **1860 kg/m³**; asimismo (Mejia Noreña & Zuluaga Gutiérrez, 2016) en su tesis alcanzó un peso **1884 kg/m³**; del mismo modo (Soto Londoño & Marín Rincón, 2019), en su tesis alcanzó una disminución del 6.32%. En todos los casos los pesos estuvieron por debajo de los pesos de los concretos convencionales.

En relación al objetivo específico 2. Determinar como el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **influye en la resistencia** del concreto modificado.

Al evaluar los datos obtenidos en nuestra investigación acerca del **diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida** asociado con la **resistencia** del concreto modificado, se encontró de la tabla 31, que la **durabilidad** a la compactación del hormigón muestral en los 28 días de edad, obtuvo un valor de **175.55 kg/cm²**, equivalente a **17.22 Mpa**, utilizando el 14% de arcilla expandida en el diseño de mezcla propuesto; este resultado se encuentra **por debajo** de los obtenidos en su trabajo de investigación de (Mejia Noreña & Zuluaga Gutiérrez, 2016) a los 28 días alcanzó para su diseño una resistencia de 34 Mpa (346.70 Kg/cm²); (Soto Londoño & Marín Rincón, 2019) en su tesis a los 28 días alcanzó para su diseño una resistencia de 21 Mpa (214.14 Kg/cm²); (Barba Silva & García Sánchez, 2018) en su tesis a los 28 días alcanzó para su diseño una resistencia de 29.03 Mpa (296 Kg/cm²).

En relación al objetivo específico 3. Determinar como el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **influye en el costo** del concreto modificado.

Al evaluar los datos obtenidos en nuestra investigación acerca del **diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida** asociado con el **costo** del concreto modificado, se encontró de la tabla 32 y 33, que el **costo del concreto muestral** resultó **S/. 694.16 más caro** que el costo del **concreto control que representa 379.36% de costo más que el concreto control**; estos resultados **guardan similitud** con los obtenidos por (Vera Pulido, 2018),

quien, en su trabajo de investigación de tesis, también alcanzó un valor de **321.34 % más caro** que un concreto convencional.

CONCLUSIONES

Del objetivo general

Respecto al **objetivo general**; sobre determinar como el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en aligerar elementos estructurales, se encontró de la tabla 29, que el **diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida, alcanzó una disminución del 31.36%** frente al **concreto convencional**.

De los objetivos específicos

Respecto al objetivo específico 1: Determinar como el **diseño de mezcla** de concreto liviano con arcilla expandida influye en la **variación del peso** del concreto modificado, se encontró que de la tabla 30, que el **peso del concreto modificado** fue de **1618.49 kg/m³**.

Respecto al objetivo específico 2: Determinar como el **diseño de mezcla** de concreto liviano con arcilla expandida influye en la **resistencia** del concreto modificado, de la **tabla 31**, que la **durabilidad** a la compresión del hormigón muestral en los 28 días de edad, obtuvo un valor de **175.55 kg/cm²**, equivalente a **17.22 Mpa**, utilizando el 14% de arcilla expandida en el diseño de mezcla propuesto.

Respecto al objetivo específico 3: Determinar como el diseño de **mezcla de concreto liviano** con arcilla expandida influye en el **costo** del concreto modificado, se encontró de la tabla 32 y 33, que el costo del concreto muestral resultó **S/. 694.16 más caro** que el costo del concreto convencional.

Respecto a la Contrastación de hipótesis general

Para la prueba de contrastación de hipótesis, se tuvo en cuenta las siguientes hipótesis:

H₀: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **no influye** en aligerar elementos estructurales.

H_i: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **influye** en aligerar elementos estructurales.

Podemos mencionar que de los resultados obtenidos respecto a la mezcla de concreto liviano con arcilla expandida y su influencia en aligerar elementos estructurales, de la contrastación que realizamos de la tabla 29, se puede **advertir** que el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida, **alcanzó una disminución del 31.36%**, por lo que frente a esos resultados **rechazamos** la hipótesis nula (**H₀**) y **se acepta** la Hipótesis de Investigación (**H_i**).

Respecto a la Contrastación de las hipótesis específicas

Contrastación de Hipótesis específicas H_{i1} y H₀₁:

Para la prueba de contrastación de hipótesis, se tuvo en cuenta las siguientes hipótesis:

H₀₁: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **no influye** en la variación del **peso** del concreto modificado.

H_{i1}: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **influye** en la variación del **peso** del concreto modificado.

Podemos mencionar que de los resultados obtenidos respecto a la mezcla de concreto liviano con arcilla expandida y su influencia en la variación del **peso** del concreto modificado, de la contrastación que realizamos de la tabla 30, que el peso **del concreto modificado fue de 1618.49 kg/m³** y se encuentra **por debajo** del peso del **concreto del Diseño Control** cuyo peso alcanzó los **2357.82 Kg/m³**. Frente a esos resultados **rechazamos** la hipótesis nula (**H₀₁**) y **se acepta** la Hipótesis de Investigación (**H_{i1}**).

Contrastación de Hipótesis específicas H_{i2} y H₀₂:

Para la prueba de contrastación de hipótesis, se tuvo en cuenta las siguientes hipótesis:

Ho₂: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **no influye** en la **resistencia** del concreto modificado.

Hi₂: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **influye** en la **resistencia** del concreto modificado.

Podemos mencionar que de los resultados obtenidos respecto a la mezcla de concreto liviano con arcilla expandida y su influencia en la **resistencia** del concreto modificado, de la contrastación que realizamos de la **tabla 31**, que la **durabilidad** a la compresión del hormigón muestral en los 28 días de edad, obtuvo un valor de **175.55 kg/cm²**, equivalente a **17.22 Mpa**, utilizando el 14% de arcilla expandida en el diseño de mezcla propuesto; nuestro resultado se encuentra **dentro** de los parámetros para ser considerado como **concreto ligero**, establecido en la **Norma E.060 Concreto Armado, del Ministerio de Vivienda (2019)** y podemos mencionar que el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **influye** en la **resistencia** del concreto modificado. Frente esos resultados **rechazamos** la hipótesis nula (**Ho₂**) y **se acepta** la Hipótesis de Investigación (**Hi₂**).

Contrastación de Hipótesis específicas Hi₃ y Ho₃:

Para la prueba de contrastación de hipótesis, se tuvo en cuenta las siguientes hipótesis:

Ho₃: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **no influye** en el **costo** del concreto modificado.

Hi₃: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida **influye** en el **costo** del concreto modificado.

Podemos mencionar que de los resultados obtenidos respecto a la mezcla de concreto liviano con arcilla expandida y su influencia en el **costo** del concreto modificado, de la contrastación que realizamos de la tabla 32 y 33, tenemos que el **costo del concreto muestral** resultó **S/. 694.16 más caro** que el costo del **concreto control**. Frente a esos resultados **rechazamos** la hipótesis nula (**Ho₃**) y **se acepta** la Hipótesis de Investigación (**Hi₃**).

En la presente investigación, adicionalmente se llegó a las conclusiones siguientes:

- El concreto de prueba diseñado con arcilla expandida alcanzó una resistencia f_c de **175.55 kg/cm²** a los 28 días de edad y presentó una densidad de 1618.49 kg/m³; por lo tanto, se concluyó que era 31.36% más ligero que el hormigón armado convencional. De estos resultados se tiene por definición el concreto ligero es aquel cuyo peso volumétrico sea menor a 2,200 kg/cm³, razón por la que cualquier variante de este material que tenga un peso menor al anterior, sin importar los cambios en la fórmula de la mezcla del mismo, es considerada como concreto aligerado, por tanto, nuestro concreto de prueba sería un concreto aligerado. Asimismo, la norma para concreto ligero su resistencia **no debe ser menor a 170 kg/cm²**, ya que, de lo contrario, la realidad es que no nos serviría para elaborar elementos estructurales dentro de una obra civil, pero como nuestro resultado fue de **175.55 kg/cm²**, entonces puede ser considerado o utilizado en elementos estructurales ligeros.
- La elaboración de 1m³ de concreto de estructural ligera con una resistencia a la compresión que es de 175,55 Kg/cm² es 379,36%, siendo superior en valor monetario que el hormigón (cemento-arena) con una resistencia de 210 Kg/cm². Cabe señalar que el costo es muy elevado; en la ciudad de Huánuco no hay fábricas que produzcan arcilla expandida.
- Por lo tanto, el método ACI 211.2 para el diseño de concreto ligero de alto rendimiento con la arcilla expandida con una consistencia comprendida en el rango 1594 y 1781 kg/m³ y una resistencia superior a 17 MPa constituye, una metodología mejorada, en relación al ACI 211.1, pues este método produce concreto ligero con una densidad, pero una resistencia menor a 17 MPa.
- Las densidades resultantes del hormigón ligero con la arcilla expandida, se ubicaron entre 1594 y 1781 kg/m³, lo cual está de acuerdo con la normativa ACI 318, la cual clasifica al concreto como liviano con densidades entre 300 y 1850 kg/m³. El resultado es una reducción de

peso de hasta un 31,36%, que es bastante considerable en comparación con el concreto convencional.

RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta los resultados de esta investigación, podemos realizar las siguientes recomendaciones:

- Para obtener un hormigón estructural de una resistencia a la compresión $\geq 210 \text{ Kg/cm}^2$, se recomienda realizar investigaciones de mayor profundidad o alcance utilizando aditivos de última generación que contribuyan a ello.
- La Región Huánuco posee cantera de arcilla con diferentes características y se recomienda poder utilizar este recurso para la fabricación de nuestra propia arcilla expandida.
- Se recomienda desarrollar más pruebas con diferentes porcentajes de arcilla en el diseño de mezcla propuesto, y obtener mayor estadística para el cumplimiento de un diseño de concreto liviano estructural.
- Se recomiendan pruebas de aislamiento y absorción acústica para investigar la eficacia de los diseños con arcilla expandida como materiales de aislamiento y absorción acústica.
- Se sugiere investigar la producción de agregados de arcilla expandida utilizando la arcilla de esta ciudad, con la finalidad de minimizar la valoración económica en la elaboración del hormigón armado con poca cohesión.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A. M. Neville & J. J. Brooks. (2010). *Tecnología del hormigón*. Tottenham: Pearson Education Limited.
- Alcantara, P. (2013). *Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basadas en la construcción virtual usando tecnologías BIM*. Lima.
- American Institute of Architects (AIA). (2006). Nivel de desarrollo. New York.
- Barba Silva, C. R., & García Sánchez, V. H. (2018). *Estudio exploratorio en diseño de mezclas del concreto cemento-arena liviano empleando perlitas de poliestireno, arcilla expandida y agregado fino de la cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018*. Tesis, Universidad Científica del Perú, Iquitos.
- Berdillana, F. (2008). *Tecnologías informáticas para la visualización de la información y su uso en la construcción – los sistemas 3d inteligentes*. Lima.
- Borja Suárez, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo.
- Cabello, S. (18 de Mayo de 2019). Entrevista sobre Ejecución BIM. (N. H. Gutierrez Vargas, Entrevistador)
- Gestión. (07 de Enero de 2019). *www.gestión.pe*. Recuperado el 2020, de *www.gestión.pe*: <https://gestion.pe/tu-dinero/inmobiliarias/huanuco-loreto-lideran-regiones-crecen-inscripcion-compraventa-inmuebles-254973-noticia/?ref=gesr>
- Gonzales Castro, A., Oseda Gago, D., Ramirez Rosales , F. G., & Gave Chagua, J. L. (2011). *¿Como aprender y enseñar investigación científica?* Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación Sexta Edición*. México D.F.: Mc Graw Hill.
- Jaimes León, M. A. (2019). *Concreto Liviano Estructural con Arcillas Expandidas y Humo de Sílice: Evaluación Experimental de la Resistencia a Compresión y el Modulo de Elasticidad Secante*. Tesis, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

- Kasmatka S., H., Kerkhoff B., Paranace C., W., & Tanesi, J. (2012). *Diseño y control de mezclas de Concreto*. México D.F.: EB201.
- Mejía Noreña, M., & Zuluaga Gutiérrez, S. (2016). *Estudio de la durabilidad de una mezcla de concreto aligerado mediante la utilización de arcilla expandida de sumicol*. Tesis, Universidad EIA, Medellín.
- Méndez Ramirez, I., Namihira Guerrero, D., Moreno Altamirano, L., & Sosa de Martinez, C. (2014). *El Protocolo de Investigación, Lineamientos para su Elaboración y Análisis*. México D.F: Trillas.
- Mori Soliz, A. J. (21 de Mayo de 2019). Encuesta sobre Ejecución BIM. (N. H. Gutierrez Vargas, Entrevistador)
- Niño Rojas, V. M. (2011). *Metodología de la investigación*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Quesada Víquez, N. M. (2014). *Estudio Exploratorio en diseños de mezclas de concreto liviano para Holcim*. Tesis, Tecnológico de Costa Rica.
- Rojas, P. (2013). *Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías bim*. Lima.
- Roschmoller Alarcon, F. (2002). *Impacto de las herramientas avanzadas de visualización por computadora en la industria AEC*. Santiago de Chile: Revista Ingeniería de Construcción Chile.
- Salazar Alzate, M. (2015). *Impacto Económico del uso BIM en el desarrollo de proyectos de construcción en la ciudad de Manizales*. Manizales.
- Saldaña Guerrero, M., & Mego Gómez, C. (2019). *Concreto Liviano no Estructural Sustituyendo el Agregado Grueso por Perlas de Poliestireno Expandido, Departamento de San Martín - 2019*. Tesis, Universidad Científica del Perú, Iquitos.
- Soto Londoño, M., & Marín Rincón, J. P. (2019). *Análisis del concreto con caucho como aditivo para aligerar elementos estructurales*. Universidad Libre Seccional, Pereira.
- Sucari Mendoza, E. (25 de Mayo de 2019). Entrevista sobre Ejecución BIM. (N. H. Gutierrez Vargas, Entrevistador)
- Vásquez, J. (2012). *“Aplicación del Lean Design en proyectos de edificación”*. Lima.

Vera Pulido, I. J. (2018). *Diseño de un concreto liviano con Poliestireno expandido para la ejecución de losas en el Asentamiento Humano Amauta - Ate - Lima Este (2018)*. Universidad Ricardo Palma, Lima.

Yagual Vera, D. G., & Villacís Apolinario, D. W. (2015). *Hormigón liviano de Alto desempeño con Arcilla Expandida*. La Libertad.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Trujillo Echevarria, E. (2023). *Propuesta de diseño de mezcla del concreto liviano usando arcilla expandida, Huánuco – 2021* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO N° 01: RESOLUCIONES

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 106-2021-D-FI-UDH

Huánuco, 02 de febrero de 2021

Visto, el Oficio N° 055-2021-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) titulado: **"PROPUESTA DE DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO LIVIANO USANDO ARCILLA EXPANDIDA, HUÁNUCO - 2021"** presentado por el (la) Bach. **Lizeth Adelaida, JUSTINIANO HURTADO**.

CONSIDERANDO:

Que, según mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 741-2020-D-FI-UDH, de fecha 02 de noviembre de 2020, perteneciente a la Bach. **Lizeth Adelaida, JUSTINIANO HURTADO** se le designó como ASESOR(A) de Tesis al Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 055-2021-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) titulado: **"PROPUESTA DE DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO LIVIANO USANDO ARCILLA EXPANDIDA, HUÁNUCO - 2021"** presentado por el (la) Bach. **Lizeth Adelaida, JUSTINIANO HURTADO**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Reyder Alexander Lambruschini Espinoza (Presidente), Mg. Joel Luis Guarniz Flores (Secretario) y Mg. Hanonver Jonathan Diaz Jorge (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Único. - **APROBAR**, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución titulado: **"PROPUESTA DE DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO LIVIANO USANDO ARCILLA EXPANDIDA, HUÁNUCO - 2021"** presentado por el (la) Bach. **Lizeth Adelaida, JUSTINIANO HURTADO** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
Mg. Johnny P. Jacha Rojas
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Mg. Bertha Campos Rios
DECANA (E) DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/JJR/nto.

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 741-2020-D-FI-UDH

Huánuco, 02 de noviembre de 2020

Visto, el Oficio N° 498-2020-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 1751, de la Bach. **Lizeth Adelaida, JUSTINIANO HURTADO**, quién solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 1751, presentado por el (la) Bach. **Lizeth Adelaida, JUSTINIANO HURTADO**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, el mismo que propone al Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Único.- DESIGNAR, como Asesor de Tesis de la Bach. **Lizeth Adelaida, JUSTINIANO HURTADO**, al Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Regístrese, comuníquese, archívese

 UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
SECRETARIA
DOCENTE

Mg. Johnny B. Jacha Rojas
SECRETARIO DOCENTE

 UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DECANO

Mg. Bertha Campos Rios
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIC – Asesor – Mat. y Reg. Acad. – Interesado – Archivo.
BLCR/JPJR/nto.

ANEXO N° 02: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “PROPUESTA DE DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO USANDO ARCILLA EXPANDIDA, HUÁNUCO – 2021”

PROBLEMA	OBJETIVO	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p>Problema General: ¿Cómo el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en aligerar elementos estructurales?</p> <p>Problemas específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> ¿En qué medida el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en la variación del peso del concreto modificado? ¿En qué medida el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en la resistencia del 	<p>Objetivo General: Determinar como el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en aligerar elementos estructurales.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> Determinar como el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en la variación del peso del concreto modificado. Determinar como el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en la resistencia del concreto modificado. 	<p>Antecedentes.</p> <p>A nivel Internacional:</p> <ul style="list-style-type: none"> Universidad Nacional de Colombia, Jaimes León, (2019). “Concreto Liviano Estructural con Arcillas Expandidas y Humo de Sílice: Evaluación Experimental de la Resistencia a Compresión y el Módulo de Elasticidad Secante”. Universidad EIA, Mejía Noreña & Zuluaga Gutiérrez, (2016). “Estudio de la Durabilidad de una Mezcla de Concreto Aligerado Mediante la Utilización de Arcilla Expandida De Sumicol”. Universidad Libre Seccional. Soto Londoño & Marín Rincón, (2019). “Análisis del concreto con caucho como aditivo para Aligerar elementos Estructurales”. <p>A nivel Nacional:</p> <ul style="list-style-type: none"> Universidad Ricardo Palma. Vera Pulido, (2018). “Diseño de un concreto liviano con Poliestireno expandido para la ejecución de 	<p>Hipótesis General:</p> <p>H0: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida no influye en aligerar elementos estructurales.</p> <p>H1: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en aligerar elementos estructurales.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>H01: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida no influye en la variación del peso del concreto modificado.</p> <p>H11: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en la variación del peso del concreto modificado.</p>	<p>Variable Indep.: Diseño de mezcla de concreto liviano Vera Pulido, (2018) Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> Dosificación del diseño de mezcla Porcentajes de arcilla expandida <p>Variable Depen.: Aligerar elementos estructurales Soto Londoño & Marín Rincón, (2019) Dimensiones.</p> <ul style="list-style-type: none"> Variación del peso del concreto modificado. Resistencia del concreto modificado. 	<p>Tipo de investigación: Básica</p> <p>Nivel de investigación: Correlacional</p> <p>Diseño de investigación: Transeccional</p> <div style="text-align: center;"> $X_1 \text{ -----} \rightarrow Y_1$ $X_2 \text{ -----} \rightarrow Y_2$ $X_k \text{ -----} \rightarrow Y_k$ </div> <p>Donde: X: Variable 1 Y: Variable 2</p> <p>Población: 100 probetas de concreto ligero.</p> <p>Muestra: Está conformada por 75 ensayos a compresión.</p> <p>Técnicas e instrumentos: Técnica: Observación directa</p>

<p>concreto modificado?</p> <p>3. ¿En qué medida el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en el costo del concreto modificado?</p>	<p>3. Determinar como el diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en el costo del concreto modificado.</p>	<p>losas en el Asentamiento Humano Amauta – Ate – Lima Este (2018)".</p> <ul style="list-style-type: none"> • Universidad Científica del Perú. Barba Silva & García Sánchez, (2018). "Estudio Exploratorio en Diseño de Mezclas del Concreto Cemento-Arena Liviano Empleando Perlitas de Poliestireno, Arcilla Expandida y Agregado Fino de la Cantera Irina Gabriela, Distrito San Juan Bautista, Iquitos 2018". • Universidad Científica del Perú. Saldaña Guerrero & Mego Gómez, (2019). "Concreto Liviano no Estructural Sustituyendo el Agregado Grueso por Perlas de Poliestireno Expandido, Departamento de San Martín – 2019". <p>Marco teórico referencial</p> <p>Diseño de mezcla de concreto liviano:</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dosificación del diseño de mezcla. • Porcentajes de arcilla expandida <p>Aligerar elementos estructurales:</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Variación del peso del concreto modificado. • Resistencia del concreto modificado. • Costo del concreto modificado. 	<p>Ho2: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida no influye en la resistencia del concreto modificado.</p> <p>Hi2: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en la resistencia del concreto modificado.</p> <p>Ho3: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida no influye en el costo del concreto modificado.</p> <p>Hi3: El diseño de mezcla de concreto liviano con arcilla expandida influye en el costo del concreto modificado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Costo del concreto modificado. 	<p>Instrumento: Las fichas normalizadas por el laboratorio de la Universidad de Huánuco:</p> <p>Técnicas de procesamiento de datos:</p> <p>Los datos que se realizaron mediante estadística descriptiva con el programa estadístico Microsoft Office Excel 2013.</p>
---	--	---	---	--	---

ANEXO N° 03: CONTENIDO DE HUMEDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA ARENA FINA

PROYECTO: Ubicación: Solicitante:	Fecha:
---	--------

2 REFERENCIAS

- ASTM D - 2216 Standard Test method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil And Rock by Mass
- ASTM D - 4643 Standard Test method for Determination of Water (Moisture) Content of Soil by the Microwave Oven Heating.

2 OBJETIVO: Determinar el contenido de Humedad del material por masa

3 MATERIALES: Granulos Arena Fina:

- 3.1 Escala eléctrica de temperatura controlada, bandejas de 10x10" x 15x15"
- 3.2 Recipientes para peso específicos
- 3.3 Grameras Marca EIE de precisión electrónica 05 Kg y 30 Kg

4 DATOS DE MUESTREO

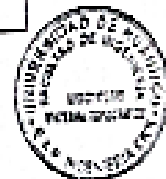
FECHA DE EXPLORACION:	Marzo del 2015	Tipo Muestra	Callecra NP
Profundidad de Muestreo:	Superficial	Muestra NP	Cerro NP
Coordenadas Geodésicas:	X=	Y=	Z=
Ubicación de Muestra:			

5 ANALISIS

ENSAYOS	M - 01	M - 02	M - 03
Peso Natural Húmedo - Bandeja			
Peso Natural Seco - Bandeja			
Peso de Bandeja			
Peso del Suelo Húmedo			
Peso Suelo Seco			
Peso del Agua			
% CONTENIDO DE HUMEDAD	#100/01	#100/02	#100/03

6 RESULTADOS

CONTENIDO DE HUMEDAD	#100/01
Agua: peso y volumen de Agua en el Punto de Investigación.	#100/01
	#100/01



ANEXO N° 04: FORMATO ENSAYOS DENSIDAD RELATIVA AGREGADO GRUESO CONCRETO

PROYECTO:	ENSAYOS DENSIDAD RELATIVA DE AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO
Ubicación:	U.D.I.R. MECÁNICA DE SUELOS - LA ESPERANZA AMARILIS
	Fecha:

1 REFERENCIAS

ASTM C - 127 Standard Test method for Density Relative (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate

2 OBJETIVO: Determinar la Densidad Relativa de agregado grueso para concreto, Materiales por encima de 4.75 mm de diámetro

3 MATERIALES:

- Granulos GRABA GRUESA 3/4
- 3.1 Tamiz de 4.75 mm Canastilla
- 3.2 Grameras Marca ELE de precisión electrónica 30 Kg

4 DATOS DE MUESTREO

FECHA DE EXPLORACION:	Marzo del 201	Tipo Muestra	Calicata N°
Profundidad de Muestreo:	Superficial	Muestra N°	Estrato N°
Coordenadas Geodesicas:	X=	Y=	Z=
Ubicación de Muestreo:			

5 ANALISIS

ENSAYOS	TEST - 01	TEST - 02	TEST - 03
Masa Aparente del agregado Saturado en Agua (Peso Sumergido) + (C)			
Masa Saturado Superficialmente Seco del agregado (B)			
Masa Seco del Agregado al Horno (A)			
Estado Seco del Agregado (OD) P.E. Aparente			
Estado Saturado del Agregado (SSD)			
Humedad Absorbida por el Agregado (%W) (E-A)/A			

6 RESULTADOS

DENSIDADES	DENSIDAD RELATIVO (Densidad Especifica)	DENSIDAD DE MASA (Densidad)	Absorción de Agua
Estado Seco del Agregado Para el Concreto (OD)	#(DN)/01	#(DN)/01	#(DN)/01
Estado Saturado del Agregado Concreto SSD	#(DN)/01	#(DN)/01	



ANEXO N° 06: PANEL FOTOGRAFICO.



Cantera, donde se extrajo el material de cantera, para su uso en el diseño de mezcla.

Tamizado para el ensayo granulométrico de la arcilla expandida.



Cuarteo para la realización de los estudios de la masa única seca, suelto acorde a la normativa ASTM C-29 para la arcilla expandida.



Material para la realización del ensayo del peso unitario seco suelto acorde “normativa ASTM C-29 y la NTP 400.017” para la arcilla expandida.

Prueba de la masa única compactado de arcilla expandida, acorde “normativa ASTM C-29 y la NTP 400.017.”



Pruebas de peso variado, se encuentra acorde “normativa ASTM C-29 y la NTP 400.017” de arcilla expandida.



Arcilla expandida en su estado saturado que se empleó en el ensayo de peso específico y absorción de acuerdo “normativa ASTM C-128 y la NTP 400.22.”

Cantidades del cemento y de los áridos que se empleó para el bosquejo de la composición del hormigón ligero con agregados de arcilla expandida.

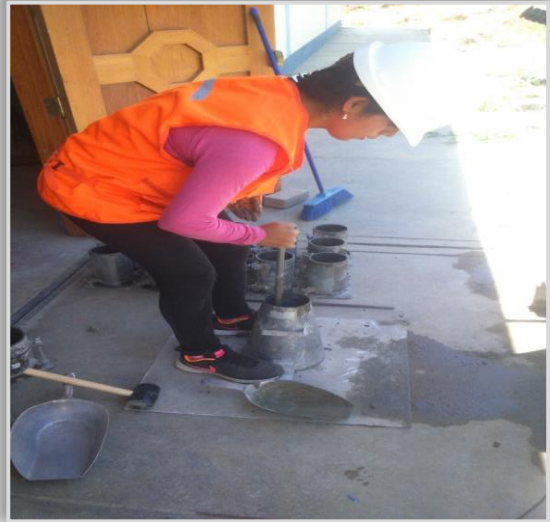


Procedimiento que se elaboró la composición del hormigón ligero de agregados de arcilla expandida.



Medición de la proporción de agua que se empleó en el diseño de mezcla del concreto liviano.

Prueba de asentamiento acorde "normativa ASTM C-143 y la NTP 339.035."



Grado de fluidez de las mezclas de los hormigones, mediante la prueba de revenimiento, acorde "normativa NTP 339.035 o ASTM C-143."



Probetas cilíndricas, para realizar las rupturas a las edades de 3, 7, 14, 21 y 28 días de acuerdo a la "normativa ASTM C-31 y la NTP 339.033".

Prueba exudación de acuerdo "normativa ASTM C-232 y la NTP 339.077."



Temperatura de la mezcla en su estado fresco que se garantizó la manejabilidad durante el procedimiento. "normativa ASTM C-1064 y la NTP 339.184."



Control de temperatura durante el curado del concreto para un óptimo desarrollo de resistencia acorde “normativa ASTM C-31 y la NTP 339.033.”

Probetas de concreto para la ruptura a la presión acorde “normativa peruana ASTM C-39 y la NTP 339.034.”



Control de la resistencia del concreto se realiza rompen las probetas de concreto acorde “normativa ASTM C-39 y la NTP 339.034” presentando una falla columnar.



Cuando una probeta se rompe en una prueba a la compresión, se observaron diferentes tipos de fallas.

Control de contenido de humedad en las muestras de concreto.

