

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“APLICACIÓN DE LOS DERIVADOS DE LA ROCA PUMITA EN
LADRILLOS DE CONCRETO PARA EVALUAR SU
FACTIBILIDAD DE USO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSAS
ALIGERADAS, TACNA - 2022”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. ALEXANDER PARISUAÑA QUISPE

Bach. OMAR MAMANI HUARCAYA

TACNA – PERÚ

2024

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“APLICACIÓN DE LOS DERIVADOS DE LA ROCA PUMITA EN
LADRILLOS DE CONCRETO PARA EVALUAR SU
FACTIBILIDAD DE USO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSAS
ALIGERADAS, TACNA - 2022”**

Tesis sustentada y aprobada el 7 de marzo de 2024; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE: Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES

SECRETARIO: Mtro. EDGAR HIPOLITO CHAPARRO QUISPE

VOCAL : Mtro. ROLANDO GONZALO SALAZAR CALDERÓN JUÁREZ

ASESOR : Mtra. MARIA ETELVINA DUARTE LIZARZABURO

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Alexander Parisuaña Quispe y Omar Mamani Huarcaya, egresados, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI N° 74913338 y 48106583 respectivamente, así como Maria Etelvina Duarte Lizarzaburo con DNI 00490661; declaramos en calidad de autores y asesor que:

1. Somos autores de la tesis titulado: *Aplicación de los derivados de la roca pumita en ladrillos de concreto para evaluar su factibilidad de uso en la construcción de losas aligeradas, Tacna – 2022*, la cual presentamos para optar el Título Profesional de *Ingeniero Civil*.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a La Universidad toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante a La Universidad y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 7 de marzo de 2024


Alexander Parisuaña Quispe
DNI: 74913338


Omar Mamani Huarcaya
DNI: 48106583


Maria Etelvina Duarte Lizarzaburo
DNI: 00490661

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi madre por todo el apoyo incondicional y su paciencia, por su enseñanza de lucha por mis sueños y alcanzar mis metas, enfrentando día a día cada obstáculo y que me fortaleció para seguir adelante.

Omar Mamani Huarcaya

Dedico a mis padres Bacilia Quispe Tintaya y Roberto Parisuaña Chuquichambi por su incondicional apoyo para poder completar esta etapa de mi formación académica, por sus valiosos consejos en medio de las adversidades, que me permitieron poder continuar y cumplir mis objetivos.

Alexander Parisuaña Quispe

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante

A mi familia y padrinos que siempre estuvieron conmigo enseñándome, apoyándome a levantarme de cada caída a lo largo de mis estudios.

A muchas personas que directamente o indirectamente estuvieron conmigo cuando más necesitaba de su apoyo, a todos ellos va mi agradecimiento.

Omar Mamani Huarcaya

Agradezco a Dios por la oportunidad que me dio de poder lograr dar este paso importante en mi carrera profesional.

A los docentes de la universidad que con sus consejos y enseñanzas aportaron en mí el interés por indagar más en el campo de la ingeniería y adquirir mucho más conocimiento en virtud a esta hermosa carrera.

A mi familia y amigos por su ejemplo de progreso y valiosos consejos para poder cumplir mis objetivos y metas. A todos ellos Dios los bendiga inmensamente.

“Tuyos son, oh Señor la grandeza y el poder, la gloria, la victoria y la majestad” (1 Crónicas 29:11).

Alexander Parisuaña Quispe

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1 Descripción del Problema:.....	3
1.2 Formulación del Problema:	4
1.2.1 Problema general	5
1.2.2 Problemas específicos:.....	5
1.3 Justificación e importancia:.....	5
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo General:.....	6
1.4.2 Objetivos Específicos:	6
1.5 Hipótesis:.....	6
1.5.1 Hipótesis General:	6
1.5.2 Hipótesis Específicas:.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1 Antecedentes del estudio:	8
2.2 Bases Teóricas.....	10
2.2.1 La Roca Pumita.....	10
2.2.2 Propiedades físicas mecánicas del ladrillo de concreto ligero	13
2.2.3 Ladrillo de techo	16
2.2.4 Casetón.....	18
2.3 Definición de Términos.....	20
2.3.1 Árido: 20	
2.3.2 Concreto:.....	20
2.3.3 Construcción:	20

2.3.4	Densidad:	20
2.3.5	Piedra Pómez:	20
2.3.6	Porosidad (porosity):	20
2.3.7	Proceso de elaboración del concreto ligero:	21
2.3.8	Propiedades mecánicas:	21
2.3.9	Resistencia:	21
2.3.10	Roca ígnea (igneous rock):	21
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO		22
3.1	Diseño de Investigación.....	22
3.2	Acciones y Actividades	22
3.3	Materiales e Instrumentos.....	23
3.4	Población y/o Muestra de Estudio	26
3.5	Operacionalización de Variables	27
3.6	Procesamiento y análisis de datos	28
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		29
4.1	Determinación de las propiedades físico y mecánicas de la roca pumita y agregados.....	29
4.1.1	Propiedades físico y mecánicas de la roca pumita	29
4.1.2	Propiedades físico y mecánicas de los agregados fino y grueso.....	30
4.2	Determinación del porcentaje adecuado de roca pumita, y la relación agua cemento.....	30
4.2.1	Diseño de mezcla del concreto.....	31
4.2.1.1	Concreto patrón sin adición de roca pumita.....	31
4.2.1.2	Concreto con adición de 20% de roca pumita	32
4.2.1.3	Concreto con adición de 40% de roca pumita	32
4.2.1.4	Concreto con adición de 60% de roca pumita	33
4.2.1.5	Resistencia a la compresión axial del concreto	33
4.2.2	Características físicas mecánicas del ladrillo de concreto	34
4.2.2.1	Resistencia a la compresión del ladrillo de concreto	34
4.2.2.2	Variabilidad dimensional de los ladrillos	35
4.2.2.3	Determinación de la masa, volumen y densidad de los especímenes	37
4.2.2.4	Medida de alabeo	39
4.2.2.5	Ensayo de Absorción.....	41
4.2.2.6	Resistencia a la Flexo-tracción	42
4.2.2.7	Ficha Técnica del ladrillo de concreto.....	45
4.3	Determinación de la factibilidad económica del ladrillo fabricado con el derivado de la roca pumita en comparación al ladrillo de arcilla tradicional en la construcción de losas aligeradas.....	46

CAPITULO V: DISCUSIÓN.....	48
CONCLUSIONES	50
RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
ANEXOS.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Canteras y Ocurrencias de Piedra Pómez Verificadas.....	11
Tabla 2.	Características de la Roca Pumita	12
Tabla 3.	Requisitos De Resistencia	15
Tabla 4.	Dimensiones Nominales.....	17
Tabla 5.	Requisitos de Resistencia	18
Tabla 6.	Características Físicas del Casetón de Poliestireno Expandido.....	19
Tabla 7.	Características Técnicas del Casetón de Poliestireno Expandido.....	19
Tabla 8.	Cantidad de población de moldes de ladrillos.	26
Tabla 9.	Operacionalización de Variables	27
Tabla 10.	Propiedades físicas de la roca pumita	30
Tabla 11.	Características físico y mecánicas del agregado fino	30
Tabla 12.	Características físico y mecánicas del agregado grueso	30
Tabla 13.	Datos de diseño para un concreto $f'c=70\text{kg/cm}^2$	31
Tabla 14.	Cálculo por volúmenes y pesos – concreto patrón.....	32
Tabla 15.	Cálculo por volúmenes y pesos – concreto (20% de roca pumita)	32
Tabla 16.	Cálculo por volúmenes y pesos – concreto (40% de roca pumita)	33
Tabla 17.	Cálculo por volúmenes y pesos – concreto (60% de roca pumita)	33
Tabla 18.	Resumen de resistencia a la compresión de las briquetas	34
Tabla 19.	Resumen de resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto....	35
Tabla 20.	Resultado de dimensionamiento del ladrillo de concreto	36
Tabla 21.	Resultados de la masa, volumen y densidad del ladrillo de concreto	38
Tabla 22.	Resultados de alabeo del ladrillo de concreto	40
Tabla 23.	Resultados de ensayo de absorción del ladrillo de concreto	41
Tabla 24.	Módulo de rotura del ladrillo de concreto – ladrillo patrón.....	42
Tabla 25.	Módulo de rotura– ladrillo con adición del 20% de roca pumita.....	43
Tabla 26.	Módulo de rotura– ladrillo con adición del 40% de roca pumita.....	43
Tabla 27.	Módulo de rotura– ladrillo con adición del 60% de roca pumita.....	44
Tabla 28.	Elaboración de ficha técnica de ladrillo de concreto.....	45
Tabla 29.	Elaboración de ficha técnica de ladrillo de arcilla	46
Tabla 30.	Determinación del costo unitario del ladrillo de concreto (L-60%P)	47
Tabla 31.	Contenido de humedad del agregado fino.	57
Tabla 32.	Contenido de humedad del agregado grueso.....	57
Tabla 33.	Contenido de humedad de la roca pumita como agregado grueso.....	57

Tabla 34.	Granulometría del agregado fino – Muestra 01	58
Tabla 35.	Granulometría del agregado fino – Muestra 02	59
Tabla 36.	Granulometría del agregado fino – Muestra 03	60
Tabla 37.	Promedio de módulo de finura del agregado fino	61
Tabla 38.	Granulometría del agregado grueso – muestra 01	62
Tabla 39.	Granulometría del agregado grueso – Muestra 02	63
Tabla 40.	Granulometría del agregado grueso – Muestra 03	64
Tabla 41.	Granulometría de la roca pumita como agregado grueso (M-01)	65
Tabla 42.	Granulometría de la roca pumita como agregado grueso (M-02)	66
Tabla 43.	Granulometría de la roca pumita como agregado grueso (M-03)	67
Tabla 44.	Porcentaje de absorción del agregado fino.....	68
Tabla 45.	Porcentaje de absorción del agregado grueso	68
Tabla 46.	Peso específico del agregado fino.	69
Tabla 47.	Peso específico del agregado grueso.....	69
Tabla 48.	Peso unitario suelto del agregado fino.....	71
Tabla 49.	Peso unitario suelto del agregado grueso.	71
Tabla 50.	Peso unitario suelto de la piedra pómez como agregado grueso.	71
Tabla 51.	Peso unitario compactado del agregado fino.....	72
Tabla 52.	Peso unitario compactado del agregado grueso.....	72
Tabla 53.	Peso unitario compactado de la piedra pómez como agregado grueso. 72	
Tabla 54.	Resistencia a la compresión de las briquetas a los 7 días.....	79
Tabla 55.	Resistencia a la compresión de las briquetas a los 14 días	80
Tabla 56.	Resistencia a la compresión de las briquetas a los 28 días	81
Tabla 57.	Resistencia a la compresión del ladrillo de concreto a los 7 días.....	82
Tabla 58.	Resistencia a la compresión del ladrillo de concreto a los 14 días.....	83
Tabla 59.	Resistencia a la compresión del ladrillo de concreto a los 28 días.....	84
Tabla 60.	Determinación del costo de ladrillo de concreto – LP.....	91
Tabla 61.	Determinación del costo de ladrillo de concreto L-20%P	92
Tabla 62.	Determinación del costo de ladrillo de concreto L-40%P	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Roca Pumita	11
Figura 2.	Dimensiones de un Bloque de Concreto	14
Figura 3.	Medidas de Mercado de bloque de concreto para techos	14
Figura 4.	Esquema de dimensiones de un bloque de concreto	15
Figura 5.	Esquema de dimensiones de un ladrillo de techo.....	17
Figura 6.	Casetón de Poliestireno.....	18
Figura 7.	Tamizador eléctrico ASTM.....	23
Figura 8.	Balanza.....	24
Figura 9.	Mezcladora de concreto 6p ³	24
Figura 10.	Molde Metálico.....	24
Figura 11.	Máquina de compresión axial	25
Figura 12.	Tabla de Clasificación Granulométrica.....	25
Figura 13.	Norma Técnica Peruana	26
Figura 14.	Resist. a la Compresión en diferentes porcentajes de la roca pumita	34
Figura 15.	Resistencia a la Compresión de los ladrillos de concreto de concreto	35
Figura 16.	Variabilidad dimensional de los ladrillos.....	37
Figura 17.	Densidad de los ladrillos de concreto.....	39
Figura 18.	Absorción de los ladrillos de concreto.....	41
Figura 19.	Módulo de Rotura de los ladrillos de concreto	44
Figura 20.	Curva granulométrica de agregado fino – Muestra N°01	58
Figura 21.	Curva granulométrica de agregado fino – Muestra N°02	59
Figura 22.	Curva granulométrica de agregado fino – Muestra N°03	60
Figura 23.	Curva granulométrica de agregado grueso – Muestra N°01	62
Figura 24.	Curva granulométrica de agregado grueso – Muestra N°02	63
Figura 25.	Curva granulométrica de agregado grueso – Muestra N°03.....	64
Figura 26.	Curva granulométrica de la roca pumita como agregado grueso – Muestra N°01	65
Figura 27.	Curva granulométrica de la roca pumita como agregado grueso – Muestra N°02	66
Figura 28.	Curva granulométrica de la roca pumita como agregado grueso – Muestra N°03	67
Figura 29.	Resistencia a la compresión axial a los 7 días	79
Figura 30.	Resistencia a la compresión axial a los 14 días	80

Figura 31.	Resistencia a la compresión axial a los 28 días	81
Figura 32.	Resistencia a la compresión axial del ladrillo a los 7 días	82
Figura 33.	Resistencia a la compresión axial del ladrillo a los 14 días	83
Figura 34.	Resistencia a la compresión axial del ladrillo a los 28 días	84

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ensayo de Contenido de Humedad	57
Anexo 2. Ensayo de Granulometría Agregado Fino	58
Anexo 3. Ensayo de Granulometría Agregado Grueso	62
Anexo 4. Ensayo de Granulometría Agregado Grueso (roca pumita)	65
Anexo 5. Porcentaje de absorción	68
Anexo 6. Peso específico del agregado fino y grueso.....	69
Anexo 7. Peso específico y Absorción de la roca pumita.....	70
Anexo 8. Pesos unitarios de los agregados	71
Anexo 9. Diseño de Mezclas - Método ACI Comité 211	73
Anexo 10. Ensayos de Compresión Axial de las Briquetas de Concreto	79
Anexo 11. Ensayos de Compresión Axial de los Ladrillos de Concreto	82
Anexo 12. Evidencia Fotográfica	85
Anexo 13. Ensayo de resistencia a la flexo-tracción de los ladrillos de concreto - Ladrillo Patrón (LP).....	87
Anexo 14. Ensayo de resistencia a la flexo-tracción de los ladrillos de concreto - Ladrillo con Adición Roca Pumita (20%P)	88
Anexo 15. Ensayo de resistencia a la flexo-tracción de los ladrillos de concreto - Ladrillo con Adición Roca Pumita (40%P)	89
Anexo 16. Ensayo de resistencia a la flexo-tracción de los ladrillos de concreto - Ladrillo con Adición Roca Pumita (60%P)	90
Anexo 17. Análisis de Costos Unitarios	91
Anexo 18. Matriz de consistencia	94

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo por objetivo general determinar en qué medida la aplicación de los derivados de la roca pumita influye en las características físicas de los ladrillos de concreto y su factibilidad económica para ser usado en la construcción de losas aligeradas. La investigación es de nivel explicativo de diseño experimental. Los materiales para la elaboración de los ladrillos, tanto el agregado grueso como el fino, se obtuvieron de la cantera Arunta (Río Seco) ubicada en el distrito de Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, y la roca pumita de la Cantera "Florentino" en el distrito de Alto de la Alianza ubicados en la provincia de Tacna, región de Tacna; para luego ser estudiados bajo la normativa NTP. Para la fabricación de los ladrillos de concreto, con medidas de 30x20x15 cm; se realizó la elaboración de un concreto liviano (70 kg/cm²) al cual se le adicionó la roca pumita en diferentes porcentajes (20 %, 40 % y 60 %) y se elaboró un ladrillo patrón (sin la incorporación de la roca pumita), para evaluar la resistencia a la flexotracción y compresión a los 7, 14 y 28 días después del curado respectivo. Se concluyó que el promedio de las resistencias características a la flexotracción del Ladrillo Patrón es igual a 4,44 kN y obtuvo un peso promedio de 9,618 kg; el ladrillo con 20 % de adición de roca pumita obtuvo una resistencia promedio a la flexotracción de 3,78 kN y un peso promedio de 9,220 kg; así mismo el ladrillo de 40 % de adición de roca pumita obtuvo una resistencia de 4,60 kN y un peso promedio de 8,380 kg y finalmente el ladrillo con adición de 60 % de roca pumita obtuvo la resistencia promedio de 3,58 kN y un peso promedio de 7,474 kg; los cuales según se describe en los "Requisitos Físicos de Bloques de concreto para techos aligerados - NTP 339,008" están dentro de los parámetros establecidos en la normativa. Concluyendo que los ladrillos elaborados con adición de la roca pumita en los diferentes porcentajes cumplen con los parámetros mínimos para ser utilizados como ladrillos de concreto en losas aligeradas.

Palabras clave: ensayo de flexo-tracción; ladrillo de concreto; ladrillo de losa aligerada; resistencia a la compresión; roca pumita.

ABSTRACT

The general objective of this research work was to determine to what extent the application of pumice rock derivatives influences the physical characteristics of concrete bricks and their economic feasibility to be used in the construction of lightweight slabs. The research is of an explanatory level of experimental design. The materials for the production of bricks, both coarse and fine aggregate, were obtained from the Arunta quarry (Río Seco) located in the district of Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, and the pumice rock from the "Florentino" Quarry in the district. from Alto de la Alianza located in the province of Tacna, Tacna region; and then be studied under the NTP regulations. For the manufacture of concrete bricks, measuring 30x20x15 cm; The production of a lightweight concrete (70 kg/cm^2) was carried out to which the pumice rock was added in different percentages (20 %, 40 % and 60 %) and a pattern brick was made (without the incorporation of the pumice rock), to evaluate the flexural and compression resistance at 7, 14 and 28 days after the respective curing. It was concluded that the average of the characteristic flexural resistance of the Pattern Brick is equal to 4.44 kN and obtained an average weight of 9.618 kg; The brick with 20 % addition of pumice rock obtained an average flexural strength of 3.78 kN and an average weight of 9.220 kg; Likewise, the brick with the addition of 40 % pumice rock obtained a resistance of 4.60 kN and an average weight of 8.380 kg and finally the brick with the addition of 60 % pumice rock obtained the average resistance of 3.58 kN and an average weight of 7.474 kg; which, as described in the "Physical Requirements of Concrete Blocks for Lightweight Roofs - NTP 339,008" are within the parameters established in the regulations. Concluding that the bricks made with the addition of pumice rock in different percentages meet the minimum parameters to be used as concrete bricks in lightened slabs.

Keywords: flexo-tensile test; concrete brick; lightened slab brick; compression resistance; pumice rock.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento del sector de la industria en la construcción hoy en día, ha hecho necesario la aparición de nuevas propuestas, que permitan realizar construcciones que cumplan con los estándares mínimos y así mismo sean de beneficio en el aspecto económico.

En el Perú, en los últimos años se ha tenido un gran crecimiento, A partir de febrero del 2021, el sector de la construcción tuvo una aceleración en el crecimiento interanual (COMEXPERU, 2022). Es por ello que la contribución de nuevas propuestas para el sector de la construcción es muy importante ya que contribuirían tanto en el aspecto tecnológico como económico del mismo.

Uno de los aspectos más importantes en este sector de la industria son los materiales empleados. Por tal motivo la presente investigación va encaminado a buscar una alternativa como es el caso de los ladrillos utilizados en las losas aligeradas, que son de mucha influencia en el aspecto estructural en las construcciones por su peso. Así mismo por ese motivo se realiza el estudio de los beneficios en utilizar un concreto con adición de la roca pumita para la fabricación de ladrillos de losas aligeradas en diferentes porcentajes. Es muy importante resaltar las propiedades de la roca pumita por su baja densidad, lo que contribuiría a obtener un ladrillo bastante ligero y vendría a ser una alternativa al ladrillo de arcilla comúnmente utilizado en el sector de la construcción.

Así mismo cabe resaltar que en la actualidad no es diversa las alternativas de elementos de relleno para las losas aligeradas en el mercado, es por eso que la presente investigación será de gran aporte tecnológico para sector de la industria en la construcción.

Lo expuesto, son razones suficientes de relevancia para la presente investigación sobre “Aplicación de los derivados de la roca pumita en ladrillos de concreto para evaluar su factibilidad de uso en la construcción de losas aligeradas, Tacna – 2022”; por ello se ha realizado diseños de mezclas de concreto con agregado fino y grueso, adicionando a dichas mezclas 20 %, 40 % y 60 % de roca pumita, siguiendo la metodología y dosificación del Diseño de mezclas de Concreto ACI COMITÉ 211, en lo que corresponde a la obtención de un concreto de resistencia de 70 kg/cm², para lograr una dosificación adecuada de los elementos.

El desarrollo de la presente tesis de investigación comprende de cinco capítulos:

El Capítulo 1, denominado “El Problema de Investigación”, está referido a la descripción del problema, la formulación del problema, la justificación e importancia de la investigación, se plantean los objetivos y termina con las hipótesis.

El Capítulo 2, corresponde “Marco Teórico”, está referido a los antecedentes del estudio, las bases teóricas y la definición de términos.

El Capítulo 3, titulado “Marco Metodológico”, contiene el tipo y diseño de investigación, la población y muestra, las variables, las técnicas e instrumentos utilizados en la investigación; concluyendo con el procesamiento de datos.

El Capítulo 4, se refiere a los “Resultados” de la investigación, a partir de la descripción del trabajo de laboratorio.

El Capítulo 5, se refiere a la “Discusión” de la investigación, a partir de los resultados y de las hipótesis.

Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos respectivos, que contribuyen a una mejor comprensión del trabajo de investigación.

Los autores

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del problema

Cuando el objetivo es prestar servicios que satisfagan eficazmente una necesidad de la comunidad, la construcción sirve tanto de herramienta como de factor impulsor del desarrollo. Sin embargo, la clave para un mantenimiento eficaz, así como para la longevidad y sostenibilidad de la infraestructura, puede residir en la selección de las tecnologías y materiales adecuados y en la implicación de la comunidad durante el desarrollo (Cladera et al., 2008).

La creación de materiales de alto rendimiento y tecnologías de vanguardia que ayuden a optimizar los procesos de construcción y aumenten la vida útil de las estructuras es uno de los enfoques para abordar los problemas asociados a la construcción de infraestructuras en todo el mundo. Sin duda, la mejor opción en este caso es el concreto (Ceballos, 2016).

La principal diferencia entre el concreto de baja densidad y el concreto normal radica en los agregados utilizados en su producción. Los agregados desempeñan un papel crucial en la creación del concreto ligero. Dependiendo de los recursos que se vayan a utilizar y de los requisitos de uso, estos áridos deben tener la menor densidad posible. Existen diferentes agregados de baja densidad, tanto naturales como manufacturados. En la actualidad, los agregados utilizados para fabricar concretos ligeros están hechos principalmente de arcillas expandidas, vidrio celular y cenizas volantes sinterizadas (Álvarez, 2012).

La losa aligerada, por su parte, es un elemento estructural de concreto armado que se construyen in situ. Logran menor peso gracias a los elementos de relleno que tienen, como pueden ser ladrillos o Tecnopor, lo que es beneficioso para poder aminorar las fuerzas originadas por las acciones sísmicas, así como aminorar las dimensiones de las cimentaciones y de otros elementos estructurales (Construye Mejor, 2022).

Así mismo es apropiado considerar el aspecto ambiental, según la ONU (Organización de las Naciones Unidas, 2022) hoy en día la contaminación medioambiental causa devastadoras consecuencias para la salud en especial para las personas que viven en zonas de polución y altamente contaminadas. A los factores de riesgo ambientales, que en su gran mayoría implican la exposición a contaminantes y sustancias nocivas, se les atribuye una cuarta parte de la carga mundial de morbilidad.

Una de las fuentes contaminantes son la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural.

A nivel nacional existen ladrilleras que realizan su actividad en las zonas urbanas o alrededores. Así mismo esta actividad está acompañada con una mala supervisión por parte de las entidades encargadas de hacerlo. “Los hornos artesanales son una fuente importante de contaminación del aire. La práctica de emplear leña, llantas usadas, plásticos, aceites y otros residuos, genera altas emisiones de contaminantes atmosféricos” (PRAL, 2009). Es por eso que exista la necesidad de buscar alternativas de menor impacto ambiental para los productos hechos bajo esta modalidad.

En la ciudad de Tacna hay poca alternativa de ladrillos para losas aligeradas que sean de menor impacto ambiental. Se hace uso de ladrillos de arcilla que implica la quema para su cocción que causa relevantes índices de contaminación ambiental (Vargas, 2019). Así como también el uso de casetones de Tecnopor constituidos por elementos contaminantes no reciclables.

Es por eso la necesidad de buscar una alternativa que a su vez sea factible como componente para una losa aligerada en una edificación. Teniendo en consideración características como un peso óptimo, una buena adherencia para los acabados de revoque, aislamiento térmico y demás, que cumplan con los requerimientos establecidos por la normativa vigente (NTP339.008-2017).

Debido a su baja densidad, el ladrillo de concreto ligero es una opción excelente e innovador y al ser utilizado en elementos como losas aligeradas aportaría la misma propiedad que las de arcillas utilizadas en las losas convencionales. Dándose así por consiguiente una alternativa factible para su uso (Ibarcena, 2013).

En este aspecto se requiere determinar en qué medida la utilización de los derivados de la roca pumita pueden dar como resultado una mejora en las propiedades del ladrillo de concreto. Y así lograr obtener una alternativa factible como componente en el diseño de bloques de concreto de baja densidad para su uso en losas aligeradas.

1.2 Formulación del problema

Por lo expuesto y en la búsqueda de una alternativa factible, se formularon las siguientes preguntas:

1.2.1 Problema general

¿En qué medida la aplicación de la roca pumita en ladrillos de concreto influyen en la evaluación de su factibilidad para ser usado en la construcción de losas aligeradas, Tacna-2022?

1.2.2 Problemas específicos

- a. ¿Cuál son las propiedades físico y mecánicas de la roca pumita y agregados para su uso en la fabricación del ladrillo de concreto para losas aligeradas?
- b. ¿Cuál es el porcentaje óptimo de roca pumita y la relación agua-cemento adecuados para obtener una reducción en la densidad del ladrillo de concreto y una resistencia adecuada?
- c. ¿Cuál es la eficiencia económica del ladrillo fabricado con el derivado de la roca pumita en comparación al ladrillo de arcilla tradicional utilizado para losas aligeradas?

1.3 Justificación e importancia

En contraste con el uso de ladrillos de concreto convencionales, el objetivo de la investigación actual es innovar el uso de agregados comunes utilizando los derivados de la roca pumita para producir ladrillos de concretos ligeros. Esto permitirá aligerar el peso de las losas aligeradas, reducir la carga por planta en los edificios y disminuir el peso total de la estructura. Cabe mencionar que la reducción de los pesos disminuirá las cargas sísmicas debido que estos están directamente relacionados. La carga sísmica que actúa sobre cada plano de cubierta, representado por una masa discreta a una altura determinada, será proporcional a dicha masa, por lo que el peso ligero de la estructura es importante, ya que un mayor peso implica un aumento de las fuerzas sísmicas de diseño (Sindoni, 2021).

Además, los ladrillos de concreto ligero se fabrican en todo el mundo y son muy apreciados por su baja densidad, trabajabilidad, resistencia al fuego y capacidad de aislamiento térmico y acústico (Ríos & Rojas, 2019).

Debido a su bajo coste de fabricación, esta forma de concreto es accesible económicamente; sin embargo, en la ciudad de Tacna es desconocido su uso. Es por eso la necesidad de un estudio que implique el costo del material y la extracción del mismo.

El presente trabajo de investigación será de utilidad como referencia para futuras investigaciones, por los resultados que se obtendrán como: las dosificaciones adecuadas, los datos de resistencia a la compresión y otros ensayos según lo requerido por la normativa vigente (NTP 339.008-2017 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Bloques de concreto para techos). Así mismo la información obtenida será de utilidad para constructoras, propietarios y entidades relacionadas al rubro de la construcción ya que esto permitirá la confiabilidad en la elaboración y el empleo de estos ladrillos en las edificaciones.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar la influencia de la aplicación de los derivados de la roca pumita en las características físicas de los ladrillos de concreto y su factibilidad económica para ser usado en la construcción de losas aligeradas.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a. Determinar las propiedades físico y mecánicas de la roca pumita y agregados para su uso en la fabricación del ladrillo de concreto para losas aligeradas.
- b. Determinar el porcentaje adecuado de roca pumita, y la relación agua cemento que permita reducir la densidad del ladrillo de concreto y obtener una resistencia adecuada.
- c. Determinar la factibilidad económica del ladrillo fabricado con el derivado de la roca pumita en comparación al ladrillo de arcilla tradicional en la construcción de losas aligeradas.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis General

El uso de los derivados de la roca pumita influye significativamente en las características físicas del ladrillo de concreto, además es factible su empleo en la construcción de losas aligeradas.

1.5.2 Hipótesis Específicas:

- a. Las propiedades físico y mecánicas de la roca pumita son aptas y logran satisfacer los requerimientos mínimos para su uso en la fabricación del ladrillo de concreto de losas aligeradas.
- b. La dosificación adecuada de los componentes del concreto es 1: 5: 2, cemento: arena: derivados de la roca pumita. Y la resistencia a una carga lineal total es mayor a 2,4 kN.
- c. Los costos en ladrillos con adición de los derivados de la roca pumita disminuyen hasta un 15 % en comparación del ladrillo de arcilla tradicional.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

Camacho y Mena (2018) en su tesis titulada *Diseño y Fabricación de un Ladrillo Ecológico como Material Sostenible de Construcción y Comparación de sus Propiedades Mecánicas con un Ladrillo Tradicional*, Como material de construcción sostenible, se creó y produjo un ladrillo ecológico, y se evaluaron sus cualidades mecánicas frente a las de otros ladrillos. Se determinó que el "ladrillo ecológico" acabado cumple los requisitos normativos necesarios, lo que indica que este tipo de mampostería puede utilizarse como material sostenible e incluirse en la bioconstrucción.

Suttaphakdee (2016) en su artículo de investigación, el objetivo de la investigación era determinar las proporciones utilizadas en el diseño de la mezcla de LWC basándose en la matriz ortogonal, que nos muestra cuatro factores: cemento, contenido de agua, proporción de agua y contenido de cemento con arena. Al utilizar materiales convencionales, se puede decir que se utilizó el análisis de varianza para determinar los bloques de concreto. Esto se debe a que los bloques de concreto, hechos con material reciclado ayudan a reducir el peso en el material, para lo cual se preparó una mezcla con agregado fino. Se determina que las fases de transición y de transmisión de calor del hormigón tenían una buena estabilidad térmica. Además, la densidad y la resistencia a la compresión de las muestras de bloques oscilaron entre 1711 kg/m^3 y 1812 kg/m^3 y entre 33 y 53 Mpa, respectivamente cumpliendo los estándares según las normas ASTM C330 / C330M-14. Uno de los elementos más cruciales es la capacidad del hormigón para absorber el calor, lo que mejora la configuración constructiva del edificio y reduce la necesidad de electricidad.

Ríos y Rojas (2019) en su tesis titulado *Ladrillo de Concreto Ligero Utilizando como Agregado Grueso Piedra Pómez para Muros de Tabiquería en Viviendas Multifamiliares*, tuvo como objetivo diseñar ladrillos de concreto ligero utilizando porcentajes de agregado grueso piedra pómez para mejorar las propiedades físicas y mecánicas. Se realizaron las pruebas respectivas en el diseño del concreto para agregado grueso de 5 %, 10 % y 15 % de piedra pómez. El análisis de alabeo se ajusta a los límites fijados por la norma E-070, lo que indica una mejora de las cualidades físicas del ladrillo. Además, mejora sus características mecánicas al aumentar su resistencia a la compresión en un análisis de apilamiento. Para una relación a/c de 0,54, la adición de un 5 % de roca pumita al agregado grueso aumenta hasta el 10,16 %; la adición de un 10 % de roca pumita al agregado grueso aumenta hasta el 7,97 %; y la

adición de un 2,2 % de roca pumita al diseño aumenta el agregado grueso hasta el 15 %. El porcentaje de roca pumita disminuye la densidad del ladrillo de concreto ligero, y se ha demostrado que esta reducción de la densidad se produce a medida que disminuye la relación agua/cemento.

Díaz Chacón (2019) en su tesis titulado *Eficiencia Económica y Estructural del Ladrillo de Concreto para Losa Aligerada con Adición de Poliestireno en Diferentes Porcentajes*, determinó el análisis de costos para ladrillos con 20 %, 40 % y 60 % de sustitución de poliestireno expandido y ladrillos sin adición, así como la eficiencia estructural del ladrillo de concreto para losas aligeradas con adición de poliestireno en diferentes porcentajes. También se utilizaron el ensayo de resistencia a la compresión y la medición de la carga que aporta el ladrillo para determinar la eficiencia estructural del ladrillo de concreto. Se obtuvo la siguiente conclusión, a medida que se aumenta el porcentaje de perlas de poliestireno hay una mayor eficiencia económica demostrado a través de un análisis de costos unitarios, así mismo el metrado de cargas disminuye demostrándose una eficiencia estructural en función a su peso, sin embargo la resistencia a compresión axial no es favorable ya que hubo una disminución la cual presenta una disminución en la resistencia promedio de 39,19 kg/cm², 22,63 kg/cm² y 12,04 kg/cm² respectivamente, con respecto a la muestra sin adición de perlas de poliestireno, la cual presenta una resistencia promedio de 78,82 kg/cm².

Vera (2018) en su tesis titulado *Diseño de un Concreto Liviano con Poliestireno Expandido para la Ejecución de Losas en el Asentamiento Humano Amauta - Ate - Lima Este*, el objetivo fue crear un concreto ligero que tuviera poliestireno expandido aplicado en losas. Esto se hizo porque, en la dosis adecuada, el poliestireno expandido puede llegar a ser un sustituto en la construcción de losas por su baja densidad, lo que reduce la carga de peso muerto de las estructuras. Fue necesario diseñar una mezcla de concreto ligero con poliestireno expandido para determinar su resistencia y asentamiento. El estudio concluye que el poliestireno expandido hace que el concreto se asiente más porque no absorbe agua. Por otra parte, añadiendo Viscocrete 1110 - aditivo plastificante de Sika y reduciendo el contenido de agua en el concreto ligero, se puede maximizar su resistencia. Así mismo se observa que no hay un incremento de la resistencia del concreto sin embargo se puede optimizar la resistencia con la reducción de agua y la adición del aditivo plastificante Viscocrete 1110 - Sika.

Lazo (2017) en su tesis titulado *Diseño de Concreto Celular para Diferentes Densidades, Análisis de sus Propiedades y sus Aplicaciones*, realizó el estudio sobre distintas mezclas de concretos celulares con el objetivo de diseñar diversas densidades y evaluar sus características y usos, desde los fundamentos teóricos de los múltiples

tipos hasta la creación, producción y caracterización del concreto celular. Se llega a la conclusión que el diseño basado en arena y piedra del huso 89 resultó tener la mayor resistencia, con 260 kg/cm^2 y una densidad de 1800 kg/cm^3 . La resistencia del diseño basado en cemento, arena y arena pómez disminuye debido a la arena pómez, pero este diseño alcanza una densidad de 1300 kg/m^3 con una resistencia de 113 kg/cm^2 , y el diseño basado en cemento y arena produce una resistencia de 240 kg/cm^2 con una densidad de 1800 kg/m^3 . El hormigón celular contiene dos tipos de huecos: huecos cerrados, en los que no se produce flujo de agua o gas, y huecos abiertos, en los que se produce absorción; los primeros son los que se producen en mayor cantidad. La absorción y la proporción de huecos crecen a medida que disminuye el peso unitario.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 La roca pumita

También se denomina ceniza volcánica o toba volcánica. Producto de erupciones volcánicas, es una lava vítrea celular porosa que se forma como vidrio espumoso durante el enfriamiento extremadamente rápido de un magma ascendente y muy viscoso que contiene cuarzo y ferromagnesianos. La roca pumita es un material vesicular de baja densidad y alta porosidad que produce continuamente bordes afilados al romperse las paredes de la vesícula. Su valor comercial como agregado ligero, aislante, absorbente y abrasivo se basa en las cualidades descritas (Díaz Valdiviezo, Carpio Ronquillo, & Ramírez Carrión, 2011).

2.2.1.1 Ubicación

Las lluvias de rocas pumita, que cubren vastas extensiones de terreno y a veces destrozan tejados debido a su acumulación masiva, son típicas de las erupciones de tipo vesubiano.

En la Tabla 1 se muestra la distribución de las canteras de roca pumita ubicadas en la región de Moquegua y Tacna. En la región de Tacna se localizó un depósito en el distrito de Quilahuani, provincia de Candarave.

Debido a la falta de conocimientos sobre los posibles usos y aplicaciones de este valioso recurso, el mercado de la roca pumita en ambas regiones es desconocido.

Tabla 1*Canteras y ocurrencias de piedra pómez verificadas*

N°	Canteras	Región	Provincia	Distrito	Hoja	Zona	Norte	Este
1	Ticsani	Moquegua	Mariscal Nieto	San Cristóbal	34-u	19	8149197	329164
2	C° Colpanto	Moquegua	Gral. Sánchez Cerro	Quinistaquillas	34-u	19	8147981	305786
3	Emprendedor Quebrada río	Moquegua	Mariscal Nieto	Carumas	34-u	19	8140500	338500
4	Callazas	Tacna	Candarave	Quilahuani	34-u	19	8082298	368352

Nota. Obtenido de Estudio Geológico Económico de las Rocas Minerales Industriales en las regiones de Moquegua y Tacna-Boletín N°26 Serie B.

2.2.1.2 Estados Naturales

En su estado natural es suelto como se muestra en la Figura 1, no consolidado y ocasionalmente cementado, generando depósitos superficiales o estratos que posteriormente han sido cubiertos por acontecimientos geológicos. Suele encontrarse en extensos mantos que se han acumulado en lugares relativamente llanos y están cubiertos por una capa de material eólico que se ha formado durante un largo periodo de tiempo. Por este motivo, suele estar oculto a la vista en las canteras y debe extraerse excavando o cortando el terreno.

Figura 1*Roca pumita*

Nota. Obtenido de la Página Web de Foro de Minerales (2019).

2.2.1.3 Características

Las características de la Roca Pumita se muestran en la Tabla 2. Las propiedades físico mecánicas de la roca pumita que intervienen para proceso de diseño de mezcla son las siguientes:

Humedad, absorción, peso específico.

Tabla 2

Características de la roca pumita

Consideración	Característica
Nombre de la Roca	Piedra pómez, pumita, pumicita
Tipo	Roca volcánica
Grupo	Ígnea
Estructura	Formas variadas
Composición química	Trióxido de sílice y trióxido de aluminio, entre otros componentes: 71 % de SiO ₂ , 12,8 % de Al ₂ O ₃ , 1,75 % de Fe ₂ O ₃ , 1,36 % de CaO, 3,23 % de Na ₂ O, 3,83 % de K ₂ O, 3,88 % de H ₂ O.
Formación y origen	Espumas porosas, piroclásticas, que se constituyen en forma de vidrio cuando el magma muy viscoso se enfría rápidamente.
Dureza	5-6 Mohs. A pesar de tener una dureza media, el poder abrasivo es mínimo debido a su gran friabilidad, que da lugar a una superficie muy blanda.
Textura	Espumoso, esponjoso y poroso. Lleno de cavidades y huecos.
Densidad	Su baja densidad oscila entre 0,4 y 0,9 gr/cm ³ debido a sus poros cerrados.
Color	Color ceniza, amarillento, blanco grisáceo.

Nota. Adaptado de Ibarcena (2013).

2.2.2 Propiedades físicas mecánicas del ladrillo de concreto ligero

2.2.2.1 Bloque de concreto

Pieza prefabricada de notable forma prismática, dimensiones internas modulares de una longitud de menos de 60 cm, y sin armadura. Fabricada con cemento, agua y agregados finos o gruesos, artificiales o naturales, con o sin aditivos, incluidos los colorantes (NTP-399.600, 2017).

2.2.2.2 Materiales

Cementos: El cemento Portland es un producto comercial ampliamente accesible que muestra la capacidad de reaccionar gradualmente con el agua para formar una masa endurecida cuando se combina con arena, piedra u otros materiales similares. Se puede basar su uso en la normativa: NTP 334.009, NTP 334.082 y NTP 334.090 (Abanto, 2009).

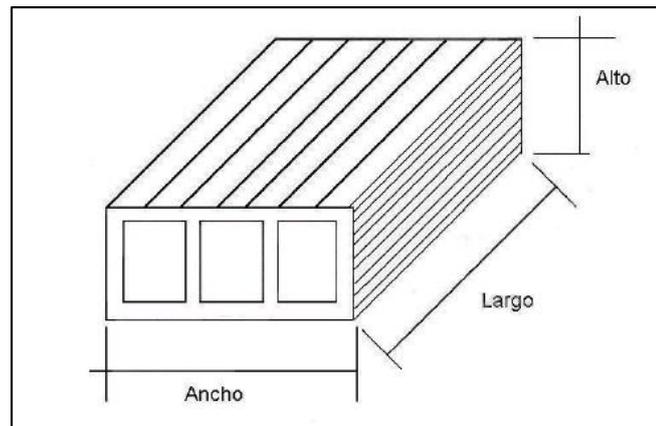
Agua de mezcla: En la medida de lo posible, el agua utilizada para mezclar y curar el concreto debe ser pura y fresca; también debe estar libre de arcilla, lodo, algas, aceites, ácidos, álcalis, sales, limo y otros materiales nocivos (NTP-339.088, 2019)

Agregados: Estos minerales inertes, también conocidos como áridos, se mezclan con aglomerantes (cal, cemento, etc.) y agua para crear concretos y morteros. Los áridos representan alrededor del 75 % del volumen de una mezcla de concreto estándar, por lo que son importantes (Abanto, 2009).

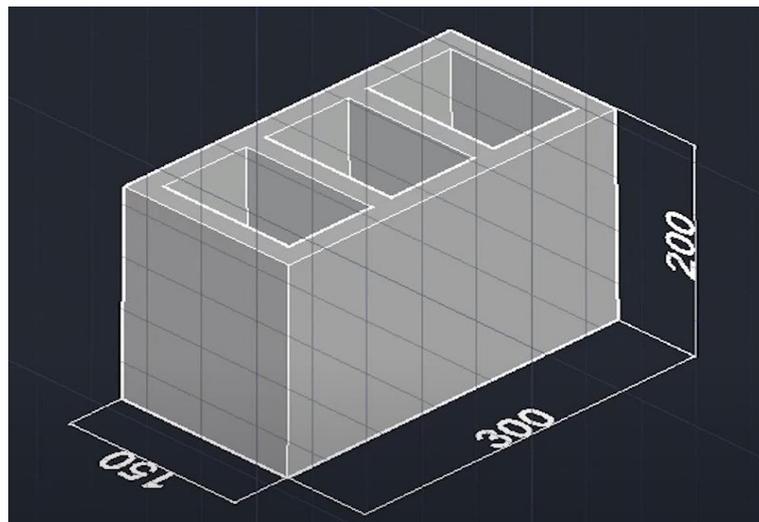
Otros constituyentes: La compatibilidad de los agentes inclusores de aire, pigmentos colorantes, hidrofugantes integrales y otros componentes para su uso en unidades de mampostería de concreto debe establecerse de antemano. También deben cumplir las NTP aplicables o demostrar mediante ensayos o experiencia que no afectarán negativamente a la durabilidad de las unidades de mampostería o de cualquier otro material que se utilice normalmente en las construcciones de albañilería (NTP-339.088, 2019).

2.2.2.3 Dimensiones de fabricación

Son aquellas dimensiones adoptadas por el fabricante. Como referencia se pueden apreciar en la Figura 2 y 3 las dimensiones a considerar.

Figura 2*Dimensiones de un bloque de concreto*

Nota. Obtenido de la NTP 339.008 (2017).

Figura 3*Medidas de mercado de bloque de concreto para techos*

Nota. Obtenido de blog Edgardo Miranda – Bloque para techo (2022).

2.2.2.4 Variaciones permisibles en las dimensiones

El cambio porcentual en la longitud, anchura y altura de cada muestra desde el diseño hasta el procesamiento final se conoce como variabilidad dimensional del bloque. Se considerará la tabla 01 de la Norma E.070 de Albañilería Cap. 03.

2.2.2.5 Requisitos físicos

Como se demuestra en la Tabla 3, los bloques de concreto deben presentar una resistencia de carga concentrada mínima de 1,50 Kn en promedio. Y una carga concentrada de 1,00 Kn de forma individual.

Tabla 3

Requisitos de resistencia

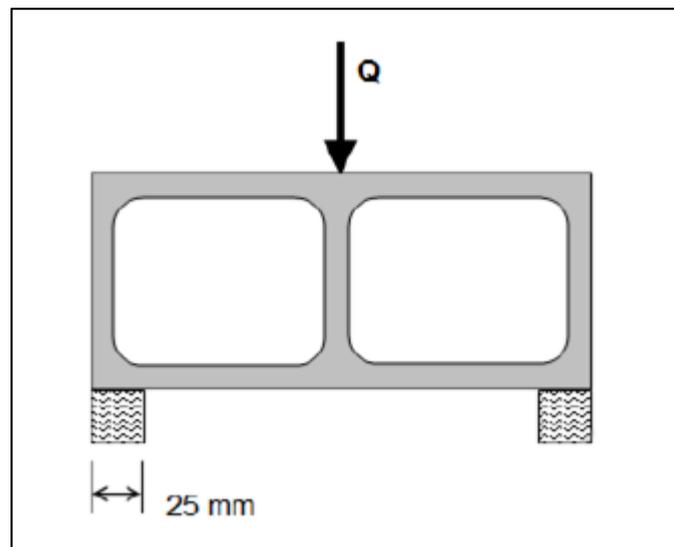
Resistencia a carga concentrada Q, Kn (kg)	
Valor Promedio	Valor individual mínimo
1,50 (150)	1,00 (100)

Nota. Adaptado de la NTP 339.008 (2017).

Cualquier bovedilla de concreto, donde L es la longitud dada en metros, debe ser capaz de soportar una carga mínima linealmente distribuida $P = 12 L$ (kN) como se demuestra en la Figura 4, operando en el centro o en el lugar más desventajoso. En cualquier caso, la carga lineal total no puede ser inferior a 2,0 kN.

Figura 4

Esquema de dimensiones de un bloque de concreto



Nota. Obtenido de la NTP 339.008 (2017).

2.2.2.6 Proceso de construcción

Al producir bloques de concreto, es imperativo aspirar a la uniformidad en términos de dimensiones, densidad, calidad, textura de la superficie y acabado.

El proceso de fabricación de los bloques desempeña un papel fundamental en la determinación de su uniformidad, que viene determinada por los siguientes factores:

- Una correcta selección de los agregados.
- El análisis correspondiente de la dosificación.
- El diseño adecuado de los bloques.
- Almacenamiento y curado suficientes.
- Un trabajo impecable de compactación, moldeado y mezclado.

En conclusión, los siguientes factores deberán estar bajo control durante la producción: tiempo de mezclado; asentamiento; peso unitario del concreto fresco; tiempo de vibrado; procedimientos de desmoldado y curado de las unidades; y la dosificación de la mezcla, que idealmente debería hacerse por peso, pero puede dosificarse por volumen utilizando latas, cajas o carretillas (Arrieta & Peñaherrera, 2001).

2.2.3 Ladrillo de techo

Es la unidad de albañilería fabricada con arcilla, esquistos arcillosos, sustancias terrosas similares de ocurrencia natural; conformada mediante moldeo, prensado o extrusión sometida a un tratamiento con calor, a temperaturas elevadas, para ser utilizada en losas aligeradas de techo (NTP-331.040, 2006) .

2.2.3.1 Materiales

Arcilla: agregado mineral terroso o pétreo que consiste esencialmente de silicatos de aluminio hidratados. La arcilla es plástica cuando está suficientemente pulverizada y humedecida, rígida cuando está seca, y vítrea cuando se quema a una temperatura suficientemente alta (del orden de 1000°C) (NTP-331.040, 2006).

Esquistos arcillosos: arcillas sedimentarias consolidadas, estratificada finalmente, con un clivaje muy marcado paralelo a la estratificación (NTP-331.040, 2006).

2.2.3.2 Dimensiones y variaciones permisibles

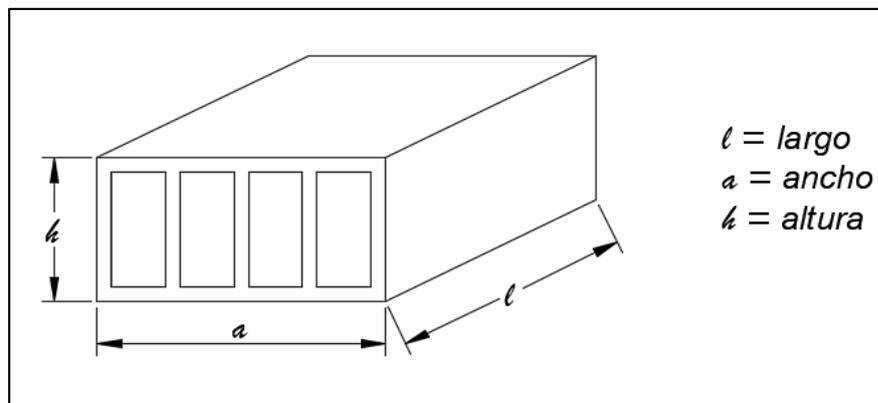
La dimensión nominal de los ladrillos de techo serán las indicadas en la Tabla 4.

Tabla 4*Dimensiones Nominales*

Alto (cm)	Ancho (cm)		Largo (cm)	
10				
12				
15	30	30	30	30
20				
25				
30				

Nota. Obtenido de la NTP 331.040 (2006).

En la Figura 5, se puede apreciar las dimensiones de un ladrillo de arcilla, el cual cuenta con: largo, ancho y alto. Se admitirá una tolerancia de E2 % de las dimensiones nominales.

Figura 5*Esquema de dimensiones de un ladrillo de techo*

Nota. Obtenido de la NTP 331.040 (2006).

2.2.3.3 Requisitos físicos

Todas las unidades deben cumplir las especificaciones de resistencia indicadas en la Tabla 5 en el momento del envío al cliente.

Tabla 5*Requisitos de Resistencia*

Resistencia mínima a la flexo - tracción en daN/cm²	
Resistencia promedio	2,20
Resistencia mínima por ladrillo	2,00

Nota. Obtenido de la NTP 331.040 (2006).

2.2.4 Casetón

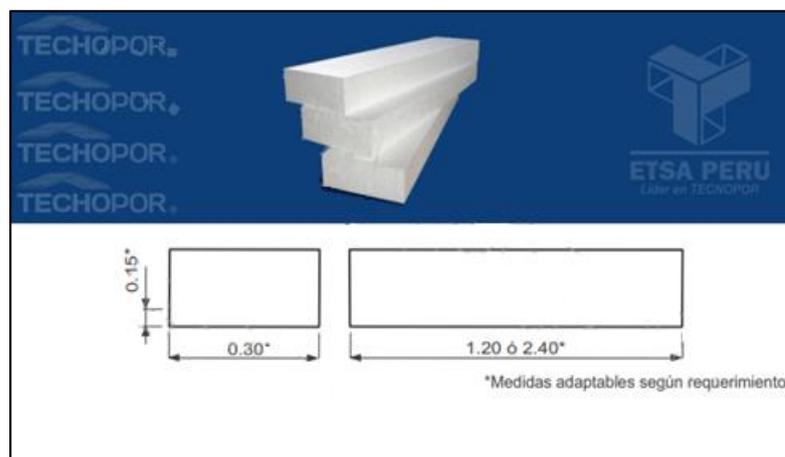
Son bloques de concreto de poliestireno expandido de dimensiones variables cortados en planta de acuerdo a las necesidades del proyecto para ser utilizados como aligerante en losas tipo cuadriculadas. Con esto se logran losas de entrepisos y azoteas de grandes claros.

2.2.4.1 Usos, instalación y manejo de material

Se utiliza principalmente como elemento aligerante en losas reticulares de relleno del subsuelo y de cimentación, así como en losas aligeradas y de cubierta que pueden ser nervadas o reticulares en una dirección. No está previsto que el casetón soporte cargas permanentes (Gómez Barrera & Acero Carranza, 2018).

2.2.4.2 Descripción

Se puede apreciar al casetón de poliestireno en la Figura 6, con sus respectivas dimensiones, ofrecidas en el mercado de materiales para la construcción.

Figura 6*Casetón de Poliestireno*

Nota. Obtenido de ETSA Perú – Ladrillo de Tecpor.

Así mismo en la Tabla 6, se describen las dimensiones de ladrillos de Tecpor, que pueden encontrarse en el mercado de la construcción, así como sus características físicas.

Tabla 6

Características físicas del casetón de poliestireno expandido

Material	Poliestireno Expandido			
Nombre comercial	Ladrillo Tecpor			
Ancho (m)	0,30; 0,40 ó según requerimiento			
Largo (m)	1,20; 2,40 ó según requerimiento			
Largo (m)	0,08	0,12	0,15	0,25
Densidad aparente	10 kg/m ³	12 kg/m ³	15 kg/m ³	Otros

Nota: Obtenido de ETSA Perú – Ladrillo de Tecpor.

2.2.4.3 Datos físicos

Los ladrillos Tecpor sustituyen a los tradicionales ladrillos de arcilla y pueden utilizarse para losas ligeras, cuya característica principal es su casi total ligereza en comparación con los materiales de construcción tradicionales de este tipo. También ofrece varias ventajas en términos de costo y versatilidad en diversas aplicaciones durante la construcción para lograr resultados óptimos. Se puede apreciar en la Tabla 7, las características técnicas del casetón.

Tabla 7

Características técnicas del casetón de poliestireno expandido

Clase de material de construcción E.P.S. del tipo F	Difícilmente inflamable
Densidad del poliestireno expandible E.P.S.	10 kg/m ³
Conductividad térmica (valor calculado)	0,070 kcal/mh°C
Conductividad térmica (medida a 10°C)	0,070 kcal/mh°C
Módulo de E (ensayo de compresión)	1,0 – 4,0 MPa
Resistencia al cizallamiento	150 - 230 Kpa
Estabilidad dimensional al calor a corto plazo	100°C
Coefficiente de dilatación térmica lineal	0,00005 – 0,00007 K
Capacidad térmica específica	1210 J/(KgK)
Absorción de agua por inmersión después de 7 días	0,5 – 1,2 Vol %

Nota. Obtenido de Faprotec – Ladrillo de Tecpor

2.3 Definición de términos

2.3.1 Árido

Material mineral procedente de rocas que se encuentran desintegradas en estado natural o que precisan de trituración mediante procesos industriales (Betancourt,2017).

2.3.2 Concreto

Este componente está formado por grava, arena, cemento y agua. Todos estos ingredientes se combinan para formar una "piedra" muy dura y resistente. El concreto con estas propiedades es ideal para construir estructuras. El concreto simple se define como una combinación que no contiene acero (CYPE PERU, 2019).

2.3.3 Construcción

La construcción es el arte o técnica de construir edificios e infraestructura. También se denomina construcción a las obras que han sido terminadas o están en curso. En términos más generales, la construcción es aquello que requiera diseños y planificación específicos antes de su ejecución (Trio Procesos Constructivos S.L., 2019).

2.3.4 Densidad

La densidad es la cantidad de materia que hay en un determinado espacio. Se define como la cantidad de masa de una sustancia por unidad de volumen (Zita, 2021).

2.3.5 Piedra Pómez

Es una roca volcánica de gran porosidad y baja densidad que está compuesta casi en su totalidad por vidrio volcánico, lo que le confiere una composición química fluida (más del 63% de SiO₂) y colores brillantes. Se utiliza comúnmente como árido en concretos ligeros y en una amplia gama de aplicaciones industriales (GEOLOGIAWEB, 2021).

2.3.6 Porosidad (porosity)

Cantidad de espacio libre en una roca o suelo (Tarbuck & Lutgens,2005).

2.3.7 Proceso de elaboración del concreto ligero

Sigue los mismos métodos que el concreto convencional, empezando por el diseño de la mezcla y la selección previa de las materias primas que se utilizarán en su elaboración. El proceso de mezclado viene determinado por el tipo de concreto que se va a crear y los aditivos que se van a incluir en el diseño. Al final de la fase de mezclado se toman muestras para su posterior curado (Ríos & Rojas, 2019)

2.3.8 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas son las que explican el comportamiento de un material cuando está sometido a fuerzas, y son especialmente significativas para seleccionar el material con el que debe crearse un objeto específico (Torres, 2014).

2.3.9 Resistencia

Es una propiedad mecánica clave de componentes como el concreto y el ladrillo, que define la capacidad de carga sobre un área (Ríos & Rojas, 2019).

2.3.10 Roca ígnea (igneous rock)

La cristalización del magma produce roca ígnea (Tarbuck & Lutgens, 2005)

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Diseño de la investigación

El diseño es experimental, ya que pretende desarrollar acciones para resolver un problema identificado. Para llegar a soluciones alternativas al problema, deben establecerse suposiciones y simplificaciones. En general, la descripción de los métodos a seguir debe ser lo suficientemente detallada como para que el usuario comprenda intuitivamente las características de los resultados que se obtendrán.

Los resultados se obtuvieron mediante estudios de laboratorio en los que se determinaron las características físicas de los ladrillos a distintas edades y se evaluaron las causas de su comportamiento al variar la cantidad de roca pumita utilizada como agregado.

3.2 Acciones y actividades

Para la presente investigación se utilizó la metodología del ACI Comité 211 para el diseño de las mezclas de concreto con la adición en diferentes porcentajes de la roca pumita. Para lo cual primero se caracterizó los agregados de la cantera Arunta, y luego de la roca pumita ubicada en la cantera Florentino, para poder establecer la calidad, las dosificaciones adecuadas y así determinar sus comportamientos en función a las proyecciones requeridas.

Ante la problemática que se presentó en la investigación se logró plantear objetivos e hipótesis que luego se corroboraron con los resultados que se obtuvieron en la presente investigación.

A continuación, se presenta el procedimiento para recopilar datos y estimar la eficacia estructural de los ladrillos de concretos fabricados con roca de pumita:

Se extrajeron los agregados de la cantera Arunta, la cual está ubicada en el distrito de coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, provincia de Tacna, región de Tacna.

La cantera Arunta se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas WGS84:

- Coordenadas Este: 369697,48 m E
- Coordenadas Norte: 8004214,85 m S

Se determinaron las propiedades de los agregados, según las normas establecidas:

- Contenido de humedad, ASTM C566 / NTP 339,185

- Peso unitario suelto y compactado, ASTM C29 / NTP 400,017
- Peso específico y absorción, ASTM C127, ASTM C128 / NTP 400,021
- Análisis granulométrico, ASTM C136 / NTP 400,012

La roca pumita se obtuvo del distrito Alto del Alianza Asoc. Intiorko. Cantera Florentino.

La cantera Florentino se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas WGS84:

- Coordenadas Este: 366796,10 m E
- Coordenadas Norte: 8024637,00 m S

La mezcla se creó para ladrillos, concreto patrón (0 % de roca pumita) y concreto con porcentajes variables de roca pumita (20 %, 40 % y 60 %).

3.3 Materiales e instrumentos

Materiales

Los materiales que se utilizaron en la presente investigación son:

- NTP 339,046, Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y % de aire (método gravimétrico) del concreto.
- NTP 339,036, hormigón - Práctica Normalizada para Muestreo de Mezclas de Concreto Fresco.

Se presenta los Materiales que se utilizaron en el laboratorio de ensayos de materiales en la figura 7 al 13.

a) Tamizador ASTM (3/4", 1/2", 3/8", N°4, 8, 16, 30, 50, 100)

Figura 7

Tamizador eléctrico ASTM



Nota. Obtenido de la Pagina web de Catálogo Utest

b) Balanza

Figura 8

Balanza



Nota. Obtenido de la Pagina web de Electrogarline

c) Trompo mezclador de concreto

Figura 9

Mezcladora de concreto 6 p³



Nota. Obtenido de la Pagina web de Incofesa SA

d) Molde metálico para los ladrillos de Concreto

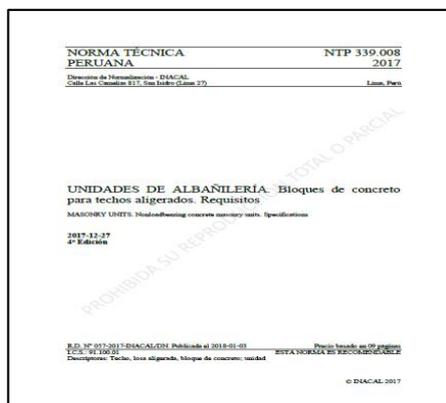
Figura 10

Molde metálico



Nota. Obtenido del blog de Edgardo Miranda – Bloque para techo

c) Norma Técnica Peruana NTP 339.008-2017

Figura 13*Norma Técnica Peruana*

Nota. Obtenido de la NTP 339.008-2017 p.1

3.4 Población y/o muestra de estudio

Se presenta en la Tabla 8 la cantidad de población para moldes de ladrillo para un concreto de resistencia $f'c$ 70 kg/cm².

Tabla 8

Cantidad de población de moldes de ladrillos.

Total de pruebas de mezcla para ladrillos	0,82	DP01	DP01	DP01	DP01	Total	
		P	20 %	40 %	60 %		
Relación agua/cemento	0,82	1	1	1	1	04	
		Ensayos $f'c$				Total	
Edades (días)				7	14	28	3
		N° de pruebas /edades				8	
Total de moldes rectangulares de ladrillos con % de piedra pómez						96	

La muestra está conformada por pruebas de mezcla de roca pumita y arena fina (DP1), con dosificaciones de roca pumita en reemplazo del agregado grueso (20 %, 40 % y 60 %). Por cada muestra se elaboraron testigos que se ensayaron a 7 días, 14 días y 28 días y moldes para ladrillos de 30x20x15 cm.

3.5 Operacionalización de variables

Tabla 9

Operacionalización de variables

Variable Independiente	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Escala de medición	Método de análisis de datos
Aplicación de los derivados de la roca pumita en ladrillos de concreto.	La roca pumita es una roca volcánica porosa y de baja densidad. La aplicación de esta roca puede disminuir la densidad de los ladrillos, pero su uso puede llegar a disminuir la resistencia a la compresión y flexo-tracción.	<ul style="list-style-type: none"> • Granulometría • Peso unitario • Humedad • Peso específico • Absorción 	<ul style="list-style-type: none"> 0 % 20 % 40 % 60 % 	De intervalo	Análisis y pruebas de laboratorio
Variable Dependiente	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Escala de medición	Método de análisis de datos
Factibilidad de uso en la construcción de losas aligeradas.	Los ladrillos utilizados para losas aligeradas son elaborados con un concreto con asentamiento cercano a cero, fabricado con cemento, agregado grueso, agregado fino, agua; y para reducir el peso de los bloques, se adicionará los derivados de la roca pumita. Y la determinación de los costos para la elaboración de los bloques de concreto se determinará a base de los elementos utilizados para su elaboración, así como también de la mano de obra necesaria.	<ul style="list-style-type: none"> • Propiedades del concreto en estado fresco y seco. • Propiedades del ladrillo en estado endurecido. • Comparación de costos de bloque de concreto y ladrillos tradicionales de arcilla. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cantidad de agua ✓ Cantidad de cemento ✓ Cantidad de agregados ✓ Asentamiento de concreto con el cono de Abrams en pulgadas ✓ Ensayo de resistencia a la compresión kg/cm² ✓ Ensayo de resistencia a la flexo-tracción ✓ Costo Unitario del ladrillo de concreto con la adición de la roca pumita ✓ Costo Unitario del ladrillo tradicional de arcilla 	De intervalo	Ensayos, análisis de laboratorio y cálculo de costos

3.6 Procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de datos y creación de tablas y gráficos se utilizó el software Excel versión 2019. Software necesario para poder determinar la factibilidad de los diseños de mezclas en función a su resistencia y densidad de los bloques elaborados.

CAPITULO IV: RESULTADOS

Se realizó los ensayos correspondientes para determinar las propiedades físico y mecánicas de los agregados finos, agregados gruesos y la roca pumita como agregado grueso y así mismo determinar un diseño de mezcla adecuado utilizando el método ACI Comité 211 y obtener un concreto de resistencia $f'c$ 70 kg/cm², resistencia adecuada para bloques de concreto (Díaz Chacón, 2019).

Además, se llevó a cabo la elaboración de ladrillos de concreto con la adición en diferentes porcentajes de la roca pumita (L-LP, L-20%P, L-40%P, L-60%P), pudiéndose evaluar sus propiedades de resistencia a la compresión y flexo tracción según la norma NTP 339.007 y NTP 339.008 respectivamente.

También se realizó una comparación entre el bloque de concreto con adición de roca pumita y el ladrillo de arcilla, y se realizó un análisis de costos unitarios de ambos ladrillos.

4.1 Determinación de las propiedades físico y mecánicas de la roca pumita y agregados

Para determinar las propiedades se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:

- Contenido de Humedad (NTP 339.127). Ver Anexo 1.
- Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos (NTP 400.012) Ver Anexos 2, 3 y 4.
- Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.021). Ver Anexo 5 y 6.
- Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.022). Ver Anexo 5 y 6.
- Peso específico y absorción de la roca pumita (ASTM C-127). Ver Anexo 7.
- Peso unitario suelto y compactado del agregado (NTP 400.017). Ver Anexo 8.

4.1.1 Propiedades físico y mecánicas de la roca pumita

Los resultados de las pruebas con roca pumita se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10
Propiedades físicas de la roca pumita

Ensayo	Unidad	Valor
Contenido de humedad	%	0,73
Absorción	%	37,98
Peso específico	gr/cm ³	0,87
Peso unitario suelto	gr/ cm ³	0,411
Peso unitario compactado	gr/ cm ³	0,443
Tamaño máximo nominal	pulg.	3/8

4.1.2 Propiedades físico y mecánicas de los agregados fino y grueso

En las Tablas 11 y 12, se muestran los resultados de los ensayos realizados para los agregados finos y gruesos.

Tabla 11
Características físico y mecánicas del agregado fino

Ensayo	Unidad	Valor
Contenido de humedad	%	0,68
Absorción	%	1,61
Peso específico	gr/cm ³	2,65
Peso unitario suelto	gr/cm ³	1,642
Peso unitario compactado	gr/cm ³	1,778
Módulo de finura	-	2,3

Tabla 12
Características físico y mecánicas del agregado grueso

Ensayo	Unidad	Valor
Contenido de humedad	%	0,73
Absorción	%	1,08
Peso específico	gr/cm ³	2,66
Peso unitario suelto	gr/cm ³	1,543
Peso unitario compactado	gr/cm ³	1,662
Tamaño máximo nominal	pulg.	3/8

4.2 Determinación del porcentaje adecuado de roca pumita, y la relación agua cemento

En este punto de la investigación, se decidió crear cuatro dosificaciones diferentes para probar la resistencia de cada una. Para luego determinar la dosificación más óptima

para la elaboración de los bloques de concreto. El diseño de mezcla estuvo basado en el método ACI Comité 211.

Se realizó el cálculo de las siguientes dosificaciones (Ver Anexo 9):

- Dosificación 1: Concreto patrón sin adición de roca pumita.
- Dosificación 2: Concreto con adición de 20 % de roca pumita.
- Dosificación 3: Concreto con adición de 40 % de roca pumita.
- Dosificación 4: Concreto con adición de 60 % de roca pumita.

4.2.1 Diseño de mezcla del concreto

En la Tabla 13, se muestran los datos a considerarse para poder determinar la dosificación de los materiales en función a la resistencia del concreto.

Tabla 13

Datos de diseño para un concreto $f'c=70$ kg/cm²

F'c Deseado	70,00	kg/cm²
Consideraciones:		
P.E. Cemento	2,90	gr/cm ³
T.M. nominal	3/8	pulg
Slump	1,00	pulg
Aire Atrapado	3,00	%
Volumen De Agregados	0,51	
Agua	205,00	lts
Relación Agua/Cemento	0,82	
Cemento	250,00	kg/m ³
F'cr	140,00	kg/cm ²
Consistencia	Seca	
Trabajabilidad	Poco trabajable	
Cantidad Agregado Grueso	847,62	kg

4.2.1.1 Concreto patrón sin adición de roca pumita

En la Tabla 14 se muestran los resultados del cálculo de la dosificación por volumen y peso del concreto patrón, realizándose la respectiva corrección por humedad.

Tabla 14*Cálculo por volúmenes y pesos – concreto patrón*

Materiales	Procedencia	Valores de diseño (para 1 m ³ de concreto)		Corrección por humedad
		Peso (kg/m ³)	Volumen absoluto (m ³)	Peso (kg)
Agua	EPS	205,00	0,205	216,84
Cemento	CBB	250,00	0,086	250,00
Confitillo	Cantera Arunta	847,62	0,319	853,81
Arena	Cantera Arunta	954,00	0,360	960,49
Aire		-	0,030	

4.2.1.2 Concreto con adición de 20 % de roca pumita

En la Tabla 15 se muestran el cálculo de la dosificación por volumen y peso del concreto con adición de 20 % de la roca pumita, realizándose la respectiva corrección por humedad.

Tabla 15*Cálculo por volúmenes y pesos – concreto (20 % de roca pumita)*

Materiales	Procedencia	Valores de diseño (para 1 m ³ de concreto)		Corrección por humedad
		Peso (kg/m ³)	Volumen absoluto (m ³)	Peso (kg)
Agua	EPS	205,00	0,205	218,75
Cemento	CBB	250,00	0,086	250,00
Confitillo	Cantera Arunta	678,30	0,255	683,25
Piedra Pómez	Cantera Florentino	45,76	0,064	46,09
Arena	Cantera Arunta	954,00	0,360	960,49
Aire		-	0,030	

4.2.1.3 Concreto con adición de 40 % de roca pumita

En la Tabla 16 se muestran el cálculo de la dosificación por volumen y peso del concreto con adición de 40 % de la roca pumita, realizándose la respectiva corrección por humedad.

Tabla 16*Cálculo por volúmenes y pesos – concreto (40 % de roca pumita)*

Materiales	Procedencia	Valores de diseño (para 1 m ³ de concreto)		Corrección por humedad
		Peso (kg/m ³)	Volumen absoluto (m ³)	Peso (kg)
Agua	EPS	205,00	0,205	220,67
Cemento	CBB	250,00	0,086	250,00
Confitillo	Cantera Arunta	508,06	0,191	511,77
Piedra Pómez	Cantera Florentino	91,52	0,128	92,19
Arena	Cantera Arunta	954,00	0,360	960,49
Aire		-	0,030	

4.2.1.4 Concreto con adición de 60 % de roca pumita

En la Tabla 17 se muestran el cálculo de la dosificación por volumen y peso del concreto con adición de 60 % de la roca pumita, realizándose la respectiva corrección por humedad.

Tabla 17*Cálculo por volúmenes y pesos – concreto (60 % de roca pumita)*

Materiales	Procedencia	Valores de diseño (para 1 m ³ de concreto)		Corrección por humedad
		Peso (kg/m ³)	Volumen absoluto (m ³)	Peso (kg)
Agua	EPS	205,00	0,205	222,55
Cemento	CBB	250,00	0,086	250,00
Confitillo	Cantera Arunta	340,48	0,128	342,97
Piedra Pómez	Cantera Florentino	136,57	0,191	137,56
Arena	Cantera Arunta	954,00	0,360	960,49
Aire		-	0,030	

4.2.1.5 Resistencia a la compresión axial del concreto

Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión axial según la norma NTP 339.034 de las briquetas de concreto (briquetas patrón) y las briquetas con adición del 20 %, 40 % y 60 % de roca pumita a distintas edades (Ver Anexo 10). Los especímenes de ensayo se realizaron según la norma NTP 339.033.

En la Tabla 18 se muestra un resumen de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a diferentes edades (7, 14 y 28 días).

Tabla 18

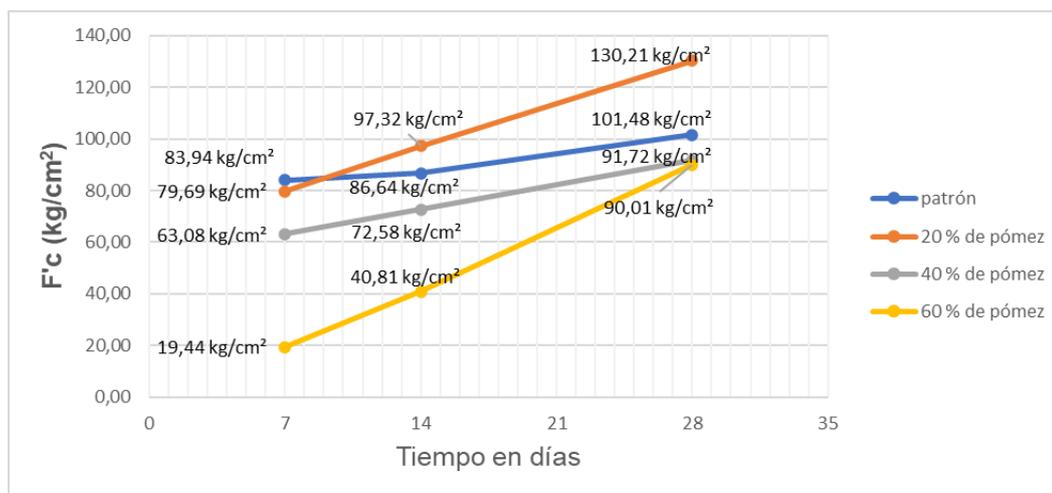
Resumen de resistencia a la compresión de las briquetas

Diseño	Unidad	7 días	14 días	28 días
Patrón	kg/cm ²	83,94	86,64	101,48
20 % de Pumita	kg/cm ²	79,69	97,32	130,21
40 % de Pumita	kg/cm ²	63,08	72,58	91,72
60 % de Pumita	kg/cm ²	19,44	40,81	90,01

En la Figura 14 se muestra que a medida que aumenta la cantidad de roca pumita, la resistencia aumentó a cierto porcentaje, pero luego fue disminuyendo. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de Suelos y Pavimentos de la Universidad Privada de Tacna, detallados dentro del Anexo 12.

Figura 14

Resistencia a la compresión en diferentes porcentajes de la roca pumita



4.2.2 Características físicas mecánicas del ladrillo de concreto

4.2.2.1 Resistencia a la compresión del ladrillo de concreto

Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos según la norma NTP 339.007 los cuales se diseñaron con un concreto $f'c=70$ kg/cm² y la adición del 20 %, 40 % y 60 % de roca pumita a distintas edades (Ver Anexo 11). Los especímenes de ensayo se realizaron con moldes de 30x20x15 cm.

En la Tabla 19 se muestra un resumen de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos a diferentes edades (7, 14 y 28 días).

Tabla 19

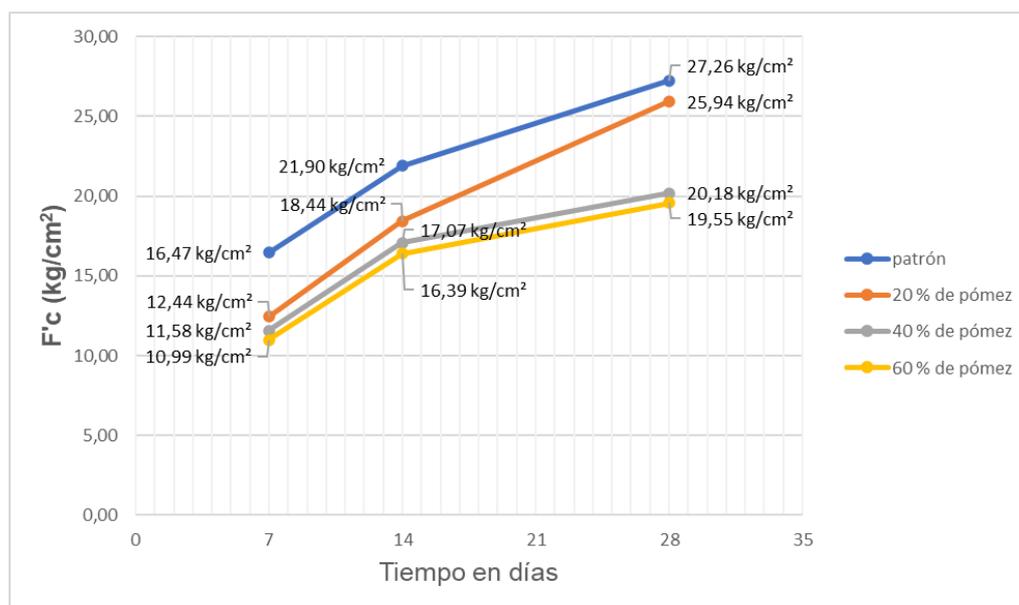
Resumen de resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto

Diseño	Unidad	7 días	14 días	28 días
Patrón	kg/cm ²	16,47	21,9	27,26
20 % de Pumita	kg/cm ²	12,44	18,44	25,94
40 % de Pumita	kg/cm ²	11,58	17,07	20,18
60 % de Pumita	kg/cm ²	10,99	16,39	19,55

Se puede apreciar en la Figura 15, que la resistencia a la compresión del ladrillo fue disminuyendo a medida que se fue aumentando la roca pumita en la dosificación.

Figura 15

Resistencia a la Compresión de los ladrillos de concreto



4.2.2.2 Variabilidad dimensional de los ladrillos

La variabilidad dimensional de los ladrillos de concreto para losas aligeradas define el porcentaje de variabilidad de largo, ancho y alto de cada muestra. Para este ensayo se tomaron las características de nueve ladrillos por cada tipo de ladrillo según su dosificación. En la Tabla 20, se muestra la variabilidad dimensional del ladrillo de concreto y el porcentaje promedio obtenido.

Tabla 20*Resultado de dimensionamiento del ladrillo de concreto*

Descripción muestra (Código)	Dimensiones (cm)			Promedio (cm)			Variación		
	Largo	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto
L01-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,10	15,00						
L02-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,70	15,00						
L03-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,95	19,50	15,00						
L04-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,05	19,60	15,05						
L05-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,95	19,70	15,00	29,97	19,59	15,03	0,11 %	2,06 %	-0,22 %
L06-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,50	15,05						
L07-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,90	19,90	15,10						
L08-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,95	19,70	15,00						
L09-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,90	19,60	15,10						
L01-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,95	19,50	15,00						
L02-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	20,00	15,00						
L03-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,95	19,80	15,05						
L04-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,30	15,00						
L05-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,05	19,00	15,00	29,99	19,38	15,02	0,04 %	3,11 %	-0,15 %
L06-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,00	15,05						
L07-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,30	15,10						
L08-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,10	15,00						
L09-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,95	19,40	15,00						
L01-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,10	15,05						
L02-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,90	19,60	15,00						
L03-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,00	15,00						
L04-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	18,80	15,00						
L05-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,05	19,00	15,05	29,99	19,27	15,03	0,04 %	3,67 %	-0,19 %
L06-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	18,70	15,00						
L07-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,95	19,70	15,10						
L08-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,90	15,05						
L09-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,60	15,00						
L01-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,90	19,50	15,05						
L02-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,70	15,00	29,99	19,30	15,03	0,04 %	3,50 %	-0,22 %
L03-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,20	15,05						

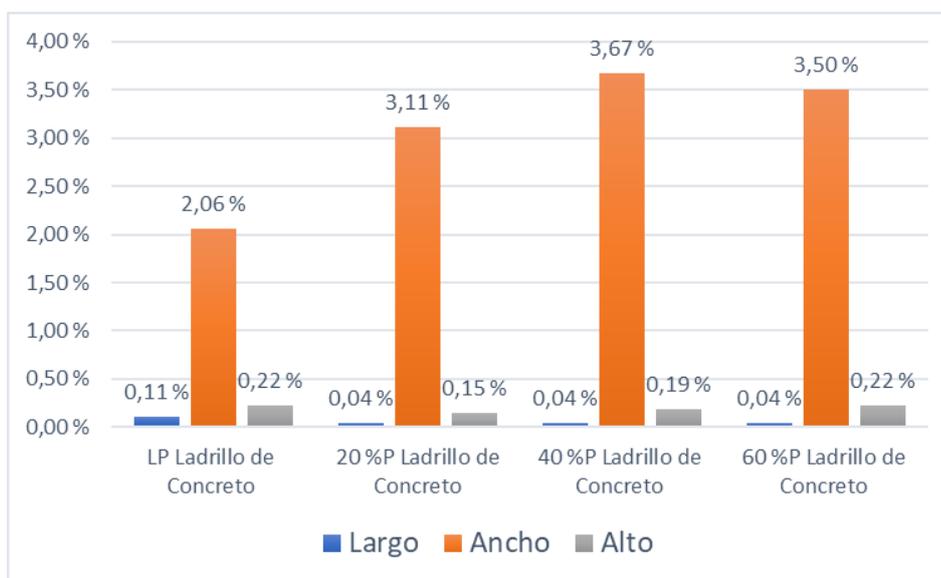
Tabla 20 (continuación)

L04-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	18,90	15,10
L05-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,95	19,40	15,05
L06-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,05	19,10	15,00
L07-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,05	19,60	15,00
L08-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,20	15,05
L09-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,95	19,10	15,00

En la Figura 16 se puede apreciar la variabilidad de las dimensiones del ladrillo de concreto en sus diferentes dosificaciones.

Figura 16

Variabilidad dimensional de los ladrillos



4.2.2.3 Determinación de la masa, volumen y densidad de los especímenes

La densidad de los ladrillos permite obtener una relación entre la masa y el volumen, y a su vez evaluar una posible mejora en las propiedades mecánicas del ladrillo. Se procedió a evaluar nueve ladrillos por cada tipo de dosificación, teniendo en cuenta el procedimiento de la norma NTP 399.613. En la Tabla 21 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 21*Resultados de la masa, volumen y densidad del ladrillo de concreto*

Descripción Muestra (Código)	Dimensiones (cm)			Masa (gr)	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)
	Largo	Ancho	Alto			
L01-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,10	15,00	9922,00	8595,00	1,15
L02-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,70	15,00	9995,00	8865,00	1,13
L03-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,95	19,50	15,00	9971,00	8760,38	1,14
L04-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,05	19,60	15,05	9736,00	8864,15	1,10
L05-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,95	19,70	15,00	9889,00	8850,23	1,12
L06-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,50	15,05	9821,00	8804,25	1,12
L07-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,90	19,90	15,10	9614,00	8984,65	1,07
L08-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,95	19,70	15,00	9640,00	8850,23	1,09
L09-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,90	19,60	15,10	9601,00	8849,20	1,08
Promedio:						1,11
L01-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,95	19,50	15,00	9452,00	8760,38	1,08
L02-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	20,00	15,00	9378,00	9000,00	1,04
L03-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,95	19,80	15,05	9236,00	8924,80	1,03
L04-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,30	15,00	8540,00	8685,00	0,98
L05-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,05	19,00	15,00	8624,00	8564,25	1,01
L06-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,00	15,05	9272,00	8578,50	1,08
L07-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,30	15,10	9415,00	8742,90	1,08
L08-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,10	15,00	9054,00	8595,00	1,05
L09-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,95	19,40	15,00	9193,00	8715,45	1,05
Promedio:						1,04
L01-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,10	15,05	8116,00	8623,65	0,94
L02-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,90	19,60	15,00	8439,00	8790,60	0,96
L03-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,00	15,00	8556,00	8550,00	1,00
L04-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	18,80	15,00	8634,00	8460,00	1,02
L05-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,05	19,00	15,05	7969,00	8592,80	0,93
L06-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	18,70	15,00	8460,00	8415,00	1,01
L07-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,95	19,70	15,10	8543,00	8909,23	0,96

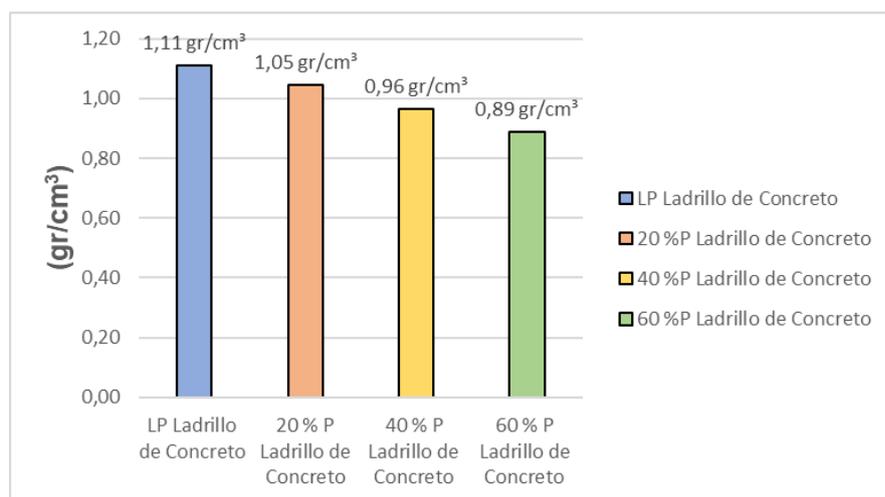
Tabla 21 (continuación)

L08-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,90	15,05	8366,00	8984,85	0,93
L09-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,60	15,00	8233,00	8820,00	0,93
Promedio:						0,96
L01-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,90	19,50	15,05	8008,00	8774,90	0,91
L02-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,70	15,00	7954,00	8865,00	0,90
L03-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,20	15,05	7885,00	8668,80	0,91
L04-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	18,90	15,10	7713,00	8561,70	0,90
L05-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,95	19,40	15,05	7511,00	8744,50	0,86
L06-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,05	19,10	15,00	8100,00	8609,33	0,94
L07-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,05	19,60	15,00	7473,00	8834,70	0,85
L08-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	30,00	19,20	15,05	7502,00	8668,80	0,87
L09-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	29,95	19,10	15,00	7447,00	8580,68	0,87
Promedio:						0,89

En la Figura 17 se puede apreciar la densidad de los ladrillos en sus diferentes dosificaciones.

Figura 17

Densidad de los ladrillos de concreto



4.2.2.4 Medida de alabeo

Para determinar los cambios superficiales del ladrillo, las concavidades y las convexidades, se emplearon nueve unidades de cada tipo de dosificación en la prueba de alabeo. El ensayo se realizó de acuerdo con la norma NTP 399.613, que incluye el protocolo correspondiente.

En la Tabla 22 se muestra el alabeo de los ladrillos de concreto con la adición de la roca pumita en sus diferentes porcentajes.

Tabla 22

Resultados de alabeo del ladrillo de concreto

Descripción Muestra (Código)	Cóncavo (mm)		Convexo (mm)	
	Superficie	Borde	Superficie	Borde
L01-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	0,70	1,10	0,00	0,00
L02-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	1,00	0,60	0,00	0,00
L03-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	0,00	0,00	0,00	0,00
L04-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	0,00	0,00	0,00	0,00
L05-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	1,00	0,00	0,00	0,00
L06-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	0,00	0,00	0,00	0,00
L07-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	1,00	0,00	0,00	0,00
L08-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	0,00	0,00	0,00	0,00
L09-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	1,00	0,00	0,00	0,00
L01-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	1,00	1,30	0,00	0,00
L02-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	1,20	1,40	0,00	0,00
L03-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	0,00	0,00	0,00	0,00
L04-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	1,00	0,00	0,00	0,00
L05-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	0,00	0,00	0,00	0,00
L06-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	1,00	0,00	0,00	0,00
L07-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	0,00	0,00	0,00	0,00
L08-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	1,00	0,00	0,00	0,00
L09-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	0,00	0,00	0,00	0,00
L01-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	1,00	1,30	0,00	0,00
L02-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	0,80	1,40	0,00	0,00
L03-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	1,00	0,00	0,00	0,00
L04-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	0,00	0,00	0,00	0,00
L05-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	1,00	0,00	0,00	0,00
L06-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	0,00	0,00	0,00	0,00
L07-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	1,00	0,00	0,00	0,00
L08-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	0,00	0,00	0,00	0,00
L09-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	1,00	0,00	0,00	0,00
L01-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	1,00	1,20	0,00	0,00
L02-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	1,00	1,10	0,00	0,00
L03-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	0,00	0,00	0,00	0,00
L04-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	1,00	0,00	0,00	0,00
L05-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	0,00	0,00	0,00	0,00
L06-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	1,00	0,00	0,00	0,00
L07-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	0,00	0,00	0,00	0,00
L08-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	1,00	0,00	0,00	0,00
L09-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	0,00	0,00	0,00	0,00

4.2.2.5 Ensayo de Absorción

Se tomo muestra tres ladrillos de concreto por cada tipo de dosificación. El ensayo se desarrolló según la norma NTP 399.604 donde se encuentra el procedimiento correspondiente.

En la Tabla 23 se muestra el porcentaje de absorción de los ladrillos de concreto con la adición de la roca pumita en sus diferentes porcentajes.

Tabla 23

Resultados de ensayo de absorción del ladrillo de concreto

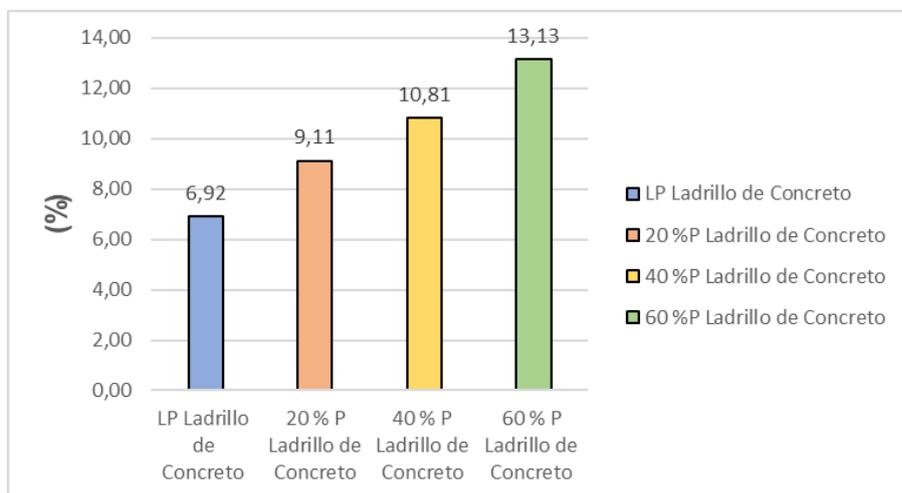
MUESTRA	Wd	Ws	Absorción %
L01-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	9,62	10,26	6,63
L02-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	9,18	9,82	6,97
L03-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	8,96	9,60	7,14
		Promedio:	6,91
L01-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	8,88	9,63	8,46
L02-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	8,48	9,24	8,96
L03-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	7,77	8,54	9,91
		Promedio:	9,11
L01-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	7,95	8,76	10,20
L02-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	7,62	8,44	10,76
L03-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	7,15	7,97	11,47
		Promedio:	10,81
L01-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	7,48	8,38	12,09
L02-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	6,80	7,71	13,38
L03-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	6,54	7,45	13,91
		Promedio:	13,13

Se puede apreciar en la figura 18 un resumen de los resultados de absorción en cada uno de los ladrillos según sus desaficiones de roca pumita. Se verifica que en

medida que se aumenta la cantidad de agregado de la roca pumita el porcentaje de absorción va en aumento.

Figura 18

Absorción de los ladrillos de concreto



4.2.2.6 Resistencia a la Flexo-tracción

Se realizó el ensayo de flexo tracción de los ladrillos en sus diferentes edades según la norma NTP 339.008. Para lo cual se aplicó una fuerza Lineal al ladrillo apoyado en ambos extremos (Ver figura 04). En las Tablas 24, 25, 26 y 27 se muestran los valores de carga de rotura y su módulo de Rotura para los ladrillos de concreto en sus diferentes edades. Así mismo en el anexo 13, 14, 15 y 16 se muestran los resultados del Informe realizado por el Laboratorio de Concreto y Ensayo de Materiales de Construcción de la Universidad Católica San Pablo.

Tabla 24

Módulo de rotura del ladrillo de concreto – ladrillo patrón

Descripción muestra (Código)	Fechas		Dimensiones (cm)			Carga de rotura		Módulo de rotura	
	Fabric.	Ensayo	Largo	Ancho	Alto	(kgf)	(Kn)	(Mpa)	(kgf/cm ²)
L01-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	17/02/23	27/02/23	30,00	19,10	15,00	349,00	3,42	0,32	3,22
L02-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	17/02/23	27/02/23	30,00	19,70	15,00	458,00	4,49	0,40	4,06
L03-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	17/02/23	28/02/23	29,95	19,50	15,00	456,00	4,47	0,39	4,02
L04-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	14/02/23	28/02/23	30,05	19,60	15,05	477,00	4,68	0,39	3,96
L05-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	14/02/23	28/02/23	29,95	19,70	5,00	396,00	3,88	0,35	3,54
L06-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	14/02/23	28/02/23	30,00	19,50	15,05	509,00	4,99	0,44	4,46
L07-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	03/02/23	03/03/23	29,95	19,00	15,00	535,00	5,25	0,48	4,84
L08-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	03/02/23	03/03/23	29,90	19,90	15,10	434,00	4,26	0,37	3,76
L09-LP Ladrillo de Concreto 15x20x30	03/02/23	03/03/23	29,90	19,90	15,10	389,00	3,81	0,33	3,34
Promedio:									3,91

Tabla 25*Módulo de rotura– ladrillo con adición del 20 % de roca pumita*

Descripción muestra (Código)	Fechas		Dimensiones (cm)			Carga de rotura		Módulo de rotura	
	Fabricación	Ensayo	Largo	Ancho	Alto	(kgf)	(Kn)	(Mpa)	(kgf/cm ²)
L02-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	17/02/23	27/02/23	29,95	19,50	15,00	433,00	4,25	0,38	3,85
L02-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	17/02/23	27/02/23	30,00	20,00	15,00	448,00	4,39	0,38	3,91
L03-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	17/02/23	28/02/23	29,95	19,80	15,05	423,00	4,15	0,37	3,74
L04-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	14/02/23	28/02/23	30,00	19,30	15,00	442,00	4,33	0,40	4,03
L05-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	14/02/23	28/02/23	30,05	19,00	15,00	437,00	4,29	0,39	3,96
L06-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	14/02/23	28/02/23	30,00	19,00	15,05	432,00	4,24	0,39	4,01
L07-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	03/02/23	03/03/23	29,95	19,20	15,00	374,00	3,67	0,33	3,38
L08-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	03/02/23	03/03/23	29,95	19,00	15,00	361,00	3,54	0,32	3,29
L09-20%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	03/02/23	03/03/23	29,95	19,30	15,10	421,00	4,13	0,37	3,76
Promedio:									3,77

Tabla 26*Módulo de rotura– ladrillo con adición del 40 % de roca pumita*

Descripción muestra (Código)	Fechas		Dimensiones (cm)			Carga de rotura		Módulo de rotura	
	Fabricación	Ensayo	Largo	Ancho	Alto	(kgf)	(Kn)	(Mpa)	(kgf/cm ²)
L01-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	17/02/23	27/02/23	30,00	19,10	15,05	451,00	4,42	0,40	4,13
L02-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	17/02/23	27/02/23	29,90	19,60	15,00	395,00	3,87	0,34	3,47
L03-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	17/02/23	28/02/23	30,00	19,00	15,00	442,00	4,33	0,40	4,09
L04-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	14/02/23	28/02/23	30,00	18,80	15,00	403,00	3,95	0,37	3,77
L05-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	14/02/23	28/02/23	30,05	19,00	15,05	405,00	3,97	0,36	3,67
L06-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	14/02/23	28/02/23	30,00	18,70	15,00	481,00	4,72	0,44	4,49
L07-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	03/02/23	03/03/23	29,90	19,00	15,05	450,00	4,41	0,40	4,08
L08-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	03/02/23	03/03/23	29,95	19,20	15,10	505,00	4,95	0,45	4,57
L09-40%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	03/02/23	03/03/23	29,95	18,90	15,05	452,00	4,43	0,41	4,21
Promedio:									4,05

Tabla 27

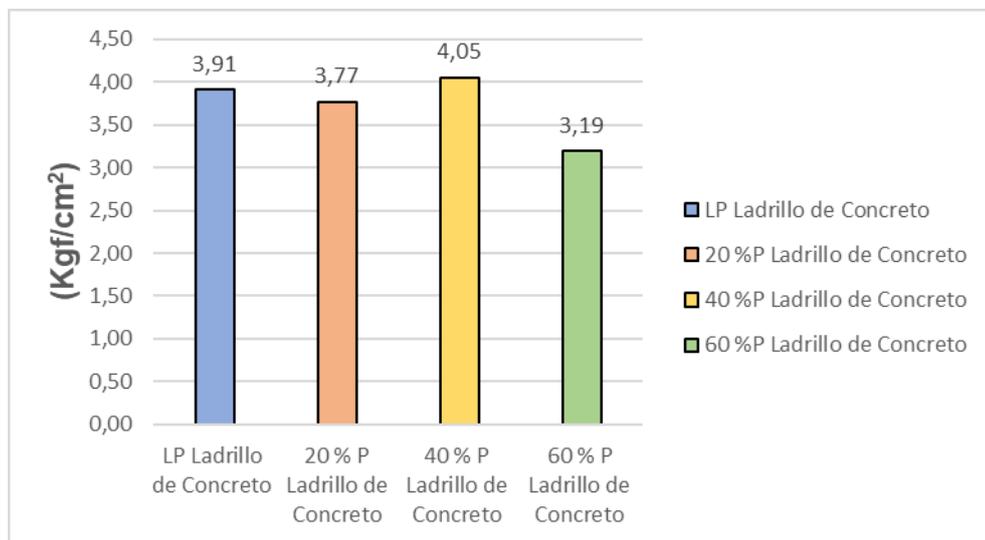
Módulo de rotura– ladrillo con adición del 60 % de roca pumita

Descripción muestra (código)	Fechas		Dimensiones (cm)			Carga de rotura		Módulo de rotura	
	Fabricación	Ensayo	Largo	Ancho	Alto	(kgf)	(Kn)	(Mpa)	(kgf/cm ²)
L01-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	17/02/23	27/02/23	29,90	19,50	15,05	318,00	3,12	0,28	2,81
L02-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	17/02/23	27/02/23	30,00	197,00	15,00	349,00	3,42	0,30	3,05
L03-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	17/02/23	28/02/23	30,00	19,20	15,05	384,00	3,77	0,34	3,50
L04-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	14/02/23	28/02/23	30,00	18,90	15,10	289,00	2,83	0,26	2,62
L05-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	14/02/23	28/02/23	29,95	19,40	15,05	380,00	3,73	0,33	3,40
L06-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	14/02/23	28/02/23	30,05	19,10	15,00	377,00	3,70	0,34	3,42
L07-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	03/02/23	03/03/23	29,95	19,50	15,05	374,00	3,67	0,33	3,33
L08-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	03/02/23	03/03/23	29,95	19,10	15,00	345,00	3,38	0,31	3,20
L09-60%P Ladrillo de Concreto 15x20x30	03/02/23	03/03/23	29,95	19,00	15,00	375,00	3,68	0,33	3,39
Promedio:									3,19

En la figura 19 se puede apreciar un resumen de los resultados del Módulo de Rotura de los ladrillos de concreto, en donde se aprecia que la dosificación menos resistente es la de mayor adición de roca pumita.

Figura 19

Módulo de Rotura de los ladrillos de concreto



4.2.2.7 Ficha Técnica del ladrillo de concreto

Se presenta una ficha técnica en la Tabla 28 en donde se describe las características del ladrillo de concreto con adición de 60 % de roca pumita (L-60%P), siendo este el de menor densidad y de óptimas características físicas y mecánicas.

Tabla 28

Elaboración de ficha técnica de ladrillo de concreto

Uso:	Para Techo Y Entrepisos Aligerados			
Requisitos Normados:	Ntp 399.613:2017, 339.008:2017			
Materias Primas:	Mezcla de Cemento, Agregado Fino, Agregado Grueso y Roca Pumita			
	Unidad	Especificación Interna		
Propiedades Físicas:				
Peso: Min - Máx.	kg	7,45-8,1		
Dimensiones:				
Largo	cm	30,00	29,90	min.
			30,05	máx.
Ancho	cm	20,00	18,90	min.
			19,70	máx.
Alto	cm	15,00	15,00	Min.
			15,10	máx.
Absorción de Agua	%	<12,09	max. 22	
Área de Vacíos	%	53	-	
Alabeo	mm	<1,2		
Densidad	gr/cm ³	0,85-0,94		
Eflorescencia	-	No presenta		
Rendimiento	und/m ²	13		
Propiedades Mecánicas:				
Resistencia a la Flexo tracción	kg/cm ²	>2,62	min. 2,00	
Resistencia a Carga Lineal Total	Kn	>2,83	min. 2,00	
Resistencia a la Compresión	kg/cm ²	>19,55	-	

De igual manera se muestra la ficha técnica de un ladrillo de arcilla en la Tabla 29 para su posterior comparación.

Tabla 29*Elaboración de ficha técnica de ladrillo de arcilla*

Uso:	Para Techo Y Entrepisos Aligerados			
Requisitos Normados:	Ntp 399.613:2017			
Materias Primas:	Mezcla de Arcilla			
	Unidad	Especificación Interna		
Propiedades Físicas:				
Peso: Min - Máx.	kg	7,26 - 7,80		
Dimensiones:				
Largo	cm	30,00	29,40	Min. máx
			30,60	.
Ancho	cm	30,00	29,40	Min. máx
			30,60	.
Alto	cm	15,00	14,70	Min. máx
			15,30	.
Absorción de Agua	%	<22,00	max. 22	
Área de Vacíos	%	71 – 75	-	
Alabeo	mm	<4		
Densidad	gr/cm ³	1,90 – 2,00		
Eflorescencia	-	No presenta		
Rendimiento	und/m ²	9		
Propiedades Mecánicas:				
Resistencia a la Flexo tracción	kg/cm ²	>2,00	min. 2,00	

4.3 Determinación de la factibilidad económica del ladrillo fabricado con el derivado de la roca pumita en comparación al ladrillo de arcilla tradicional en la construcción de losas aligeradas.

Es importante primero determinar las características que requiere un proyecto y si los materiales a emplear cumplen ciertos requerimientos. Una vez aprobado el producto se analiza su factibilidad de uso en función a su costo. Es por eso que se determinó el costo del ladrillo de concreto a través de un Análisis de costo unitario. Ver Anexo 17.

En la Tabla 30 se determinó el costo del ladrillo de concreto con adición del 60 % de roca pumita (L-60%P).

Tabla 30*Determinación del costo unitario del ladrillo de concreto (L-60%P)*

Partida	01.0 1.04	Ladrillo de concreto (15x20x30) cm Para techo de h=0,20 m - L-60%P				
Rendimiento	und/ DIA	720,00	EQ.	180,00	Costo unitario directo por: und	1,21
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
Operario	hh	1,0000	0,0111	10,06	0,11	
Peon	hh	1,0000	0,0111	7,10	0,08	
					0,19	
Material es						
Confitillo	m ³		0,0010	60,00	0,06	
Arena	m ³		0,0027	45,00	0,12	
cemento portland tipo i (42,5 kg)	bol		0,0270	24,50	0,66	
pedra pomez	m ³		0,0015	60,00	0,09	
agua	m ³		0,0010	10,00	0,01	
					0,94	
Equipos						
Herramientas manuales	%mo		3,0000	0,19	0,01	
Mezcladora de concreto	hm	1,0000	0,0111	6,25	0,07	
					0,08	
				Fecha:	02/03/2023	

CAPITULO V: DISCUSIÓN

Según Ríos et al. 2019 afirma que la adición de la roca pumita mejora las características mecánicas del concreto ligero, aumentando su resistencia a la compresión axial del mismo, en un rango del 17,47 % al 26,09 % con una adición de la roca pumita entre el 5 % al 15 % para una relación a/c de 0,62.

En la presente investigación se pudo observar el aumento de la resistencia a la compresión axial en comparación del concreto patrón en un 28,31 % con respecto a la adición del 20 % de la roca pumita y se presentó una disminución entre el 9,62 % al 11,30 % para las adiciones de 40 % y 60 % de roca pumita como reemplazo del agregado grueso. A partir de estos resultados podemos corroborar que a medida que se presenta una mayor adición de la roca pumita en cierta proporción, comienza a disminuir la resistencia del concreto.

Según Díaz 2019 afirma que la adición de 20 %, 40 % y 60 % de perlas de poliestireno en los ladrillos de concreto a los 28 días presentan una resistencia promedio de 39,19 kg/cm², 22,63 kg/cm² y 12,04 kg/cm² respectivamente, presentado una disminución del 15,28 % al 49,72 % en comparación a la muestra sin adición de perlas de poliestireno, la cual presenta una resistencia promedio de 78,82 kg/cm².

En la presente investigación con la adición de la roca pumita en 20 %, 40 % y 60 % con respecto al agregado pétreo, se obtuvieron una resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto de 25,94 kg/cm², 20,18 kg/cm² y 19,55 kg/cm² respectivamente, presentado una disminución del 4,84 % al 28,28 % en comparación al ladrillo sin adición de roca pumita, la cual presenta una resistencia promedio de 27,26 kg/cm². Se pudo corroborar que la adición de la roca pumita es más favorable dado que presenta una menor reducción en porcentaje de la resistencia con respecto al ladrillo de concreto patrón, pudiéndose observar una mayor resistencia en la máxima adición de 60 % de roca pumita.

Los análisis de costos de las unidades de concreto con una adición de 60 % de perlas de poliestireno según Díaz 2019, presentan un costo de S/. 1,687 por unidad, y presenta un aumento del 25,43 % con respecto a su unidad patrón. En la presente investigación nuestro ladrillo de concreto con adición de 60 % de roca pumita presenta el precio de S/1,21 por unidad, teniendo un aumento del 0,83 % en comparación del ladrillo patrón. Se puede afirmar que el bloque de concreto con la adición de 60 % de

roca pumita muestra la respectiva factibilidad económica para su empleo en la construcción de losas aligeradas.

CONCLUSIONES

Se concluye que la adición de los derivados de la roca pumita influye en el peso del elemento, ya que en el diseño de mezcla de concreto a mayor adición de porcentaje en reemplazo con el agregado grueso disminuye el peso de los ladrillos de concreto. Así mismo se concluye que la fabricación de los ladrillos de concreto es factible económicamente para ser usados en la construcción de losas aligeras como se puede visualizar en la Tabla 30.

Se determinó las propiedades físico y mecánicas de los materiales (roca pumita y agregados) para el uso de la fabricación de los ladrillos de concreto para losas aligeradas, donde la roca pumita, presento un porcentaje de humedad de 0,73 %, un porcentaje de absorción de 6,21 %, un peso específico de 0,715 gr/cm³, un peso unitario suelto 0,411 gr/cm³, un peso unitario compactado de 0,443 gr/cm³ y un tamaño máximo de 3/8". El agregado fino, presento un porcentaje de humedad de 0,68 %, un porcentaje de absorción de 1,61 %, un peso específico de 2,65 gr/cm³, un peso unitario suelto 1,642 gr/cm³, un peso unitario compactado de 1,778 gr/cm³ y un módulo de finura de 2,2. El agregado grueso, presento un porcentaje de humedad de 0,73 %, un porcentaje de absorción de 1,08 %, un peso específico de 2,66 gr/cm³, un peso unitario suelto 1,543 gr/cm³, un peso unitario compactado de 1,662 gr/cm³ y un tamaño máximo de 3/8".

Se determinó que la mejor opción, es la adición del 60 % del derivado de la roca pumita con respecto al agregado grueso, y con una relación de agua cemento de 0,82. Lo que redujo la densidad de los ladrillos de concreto debido a la adición de mayor porcentaje del derivado de la roca pumita. Al mismo tiempo se tuvo una resistencia adecuada a la flexo-tracción mínimo de 2,62 kg/cm² y una mínima resistencia a una carga lineal total de 2,83 Kn que cumple lo establecido en la norma técnica peruana.

El ladrillo de concreto con adición del derivado de la roca pumita cumple con las condiciones técnico y económicas necesarias para ser empleadas en la construcción de losas aligeradas de bajo costo. Para la cual se obtuvo un costo unitario de S/.1,21

nuevos soles por unidad siendo este más bajo al precio del ladrillo de arcilla tradicional producida en la región de Tacna que oscila entre S/.3,30 nuevos soles por unidad.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a los productores del sector de la construcción, involucrados en la elaboración de unidades de albañilería, se deberá tener un buen control de la dosificación la cual se recomienda realizar por peso, permitiéndonos así obtener una mezcla óptima, debido a que si la mezcla es muy húmeda al momento de retirar del molde la unidad se produzca una variación de las dimensiones requeridas, esto producidas por el mismo asentamiento, y si la dosificación tiende a ser muy seca al momento de retirar del molde la unidad tiende a desintegrarse en trozos variables.

Se recomienda a los investigadores, cumplir con la realización de los ensayos correspondientes para identificar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales y así obtener una correcta dosificación, y lograr un resultado adecuado en la elaboración de ladrillos de concreto con la adición de la roca pumita.

Debido que la densidad y la resistencia de los bloques de concreto dependen de la dosificación de los materiales y en gran medida de la adición en porcentaje de los derivados de la roca pumita, se recomienda a los futuros tesisistas buscar dosificaciones alternativas, como la incorporación de aditivos u otros materiales, que permita reducir la densidad de las unidades de albañilería y logren una adecuada resistencia.

Se recomienda a los ingenieros proyectistas profundizar en el tema de análisis de costos de las unidades de concreto con la adición de los derivados de la roca pumita, y ladrillos de arcilla tradicional para similares aplicaciones y usos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del Concreto*. Perú.
- Álvarez, G. (2012). *Hormigón Ligeró [Trabajo de Investigación]*.
- Arrieta, J., & Peñaherrera, E. (2001). *Fabricación de Bloques de Concreto con una Mesa Vibradora*. Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
- Betancourt Rodríguez, S. (2017). *Materiales para la Construcción*. Universidad central "Marta Abreu" de las villas, Cuba.
- Camacho, A., & Mena, M. (2018). *Diseño y Fabricación de un Ladrillo Ecológico como Material Sostenible de Construcción y Comparación de sus Propiedades Mecánicas con un Ladrillo Tradicional [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Ecuador]*. Repositorio Institucional. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14548>
- Ceballos, M. A. (2016). *El Concreto, Material Fundamental*. Centro de Innovación Tecnológica para la Construcción (CiTeC), México. <http://www.revistacyt.com.mx/index.php>
- Cladera, A., Etxebarria, M., & Schiess, I. (2008). *Construcción y Desarrollo*. Tecnologías y Materiales de Construcción Para el Desarrollo: <https://www.construmatica.com/>
- COMEXPERU. (2022). *El Sector Construcción Registró un Crecimiento Interanual del 4.9% en Abril de 2022*. Perú. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/el-sector-construccion-registro-un-crecimiento-interanual-del-49-en-abril-de-2022>
- Construye Mejor. (2022). *LOSA Aligerada de una edificación*: <https://construyemejor.com/losa-aligerada/>
- CYPE PERU. (2019). *Concreto Armado, tipos y sus diferentes usos*. <https://www.cype.pe/>
- Díaz Chacón, E. (2019). *Eficiencia Económica y Estructural del Ladrillo de Concreto para Losa Aligerada con Adición de Poliestireno en Diferentes Porcentajes [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]*. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/11537/23018>
- Díaz Valdiviezo, A., Carpio Ronquillo, M., & Ramírez Carrión, J. (2011). *Estudio Geológico Económico de las Rocas y Minerales Industriales en las Regiones de Moquegua y Tacna*. INGEMMET, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/215>
- DirectIndustry (2024). *Máquinas de prueba axiales*. <https://www.directindustry.es/>
- Electrogarline (2024) *Balanzas*. <https://www.electrogarline.com/>
- ETSA Perú. (2024). *Ladrillos de Tecnopor*. <https://etsaperu.com.pe/>
- Faprotec (2024). *Ladrillos de Tecnopor para Construcción*. <https://www.faprotec.intelcorp.xyz/index.html>

- GEOLOGIAWEB. (2021). *Roca piedra pomez*. <https://geologiaweb.com/rocas/piedra-pomez/>
- Gómez Barrera, L., & Acero Carranza, J. (2018). *Formaletas Aligeradas para Losas de Entrepisos (Casetones)*. Universidad La Gran Colombia, Colombia.
- Ibarcena, C. (2013). *Uso de Concreto Ligero con Agregados de Roca Volcánica en la Fabricación de Unidades de Albañilería no Estructural [Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Santa María]*. Repositorio Institucional. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/4191>
- Incofesa (2024). *Mezcladora concreto eléctrica*. <https://www.icofesa.com/index.php>
- Lazo Arraya, J. (2017). *Diseño de concreto celular para diferentes densidades, análisis de sus propiedades y sus aplicaciones*. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- Miranda, E. (2022). *Como fabricar bloques para techo*. Arequipa, Perú.
- NTP-331.040. (2006). *Norma Técnica Peruana para el ladrillo de techos y losas aligeradas*. Dirección de Normalización - INACAL, Lima, Perú.
- NTP-339.008. (2017). *Unidades de albañilería. Bloques de concreto*. Norma Técnica Peruana, Perú.
- NTP-339.088. (2019). *Concreto. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos*. Dirección de Normalización - INACAL, Lima, Perú.
- NTP-399.600. (2017). *Unidades de Albañilería. Bloques de concreto para uso no estructural. Requisitos*. Dirección de Normalización - INACAL, Lima, Perú.
- Organización de las Naciones Unidas. (16 de Febrero de 2022). *La contaminación mata nueve millones de personas al año, el doble que el COVID-19*. Organización de las Naciones Unidas: <https://news.un.org/es/story/2022/02/1504162>
- PRAL. (2009). *Programa Regional Aire Limpio*. Detrás de los ladrillos: una gestión integral para el sector informal: <http://www.asocam.org/sites/default/files/publicaciones/files/e6065f82c5664cdd3cce70d849eb64b8.pdf>
- Ríos, S., & Rojas, C. (2019). *Ladrillo de Concreto Ligero Utilizando como Agregado Grueso Piedra Pómez para Muros de Tabiquería en Viviendas Multifamiliares [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]*. Repositorio Institucional. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2810>
- Sindoni, G. (2021). *Poco Peso - Principios de diseño sismorresistente*. https://es.linkedin.com/pulse/poco-peso-principios-de-dise%C3%B1o-sismorresistente-gero-sindoni?trk=public_profile_article_view
- Suttaphakdee, P. (2016). *Optimizing mix proportion and properties of lightweight concrete incorporated phase change material paraffin/recycled concrete block composite*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.10.037>
- Tarback, E., & Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra*. Universidad Autónoma de Madrid, España.

- Torres, M. (2014). *Materiales de uso técnico*. Xunta de Galicia.
- Trio Procesos Constructivos S.L. (2019). *¿Qué se entiende por construcción?*
- Utest (2024). *Tamizadora con Cronómetro*. <https://www.utest.com.tr/es>
- Vargas, V. (2019). *Modelamiento geoestadístico para la determinación de polvo atmosférico sedimentable, usando los métodos de colectores de polvo y placas receptoras en el área de influencia directa de una ladrillera en el Distrito de Calana-Tacna* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1260>
- Vera, I. (2018). *Diseño de un Concreto Liviano con Poliestireno Expandido para la Ejecución de Losas en el Asentamiento Humano Amauta - Ate - Lima Este* [Tesis de Pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1636>
- Zita, A. (2021). *Densidad*. Obtenido de Toda Materia: <https://www.todamateria.com/>

ANEXOS

Anexo 1. Ensayo de contenido de humedad

Tabla 31

Contenido de humedad del agregado fino

Descripción	Unidad	Agregado Fino		
		M-1	M-2	M-3
Peso del recipiente	g	94,8	74,9	73,6
Peso del recipiente + la muestra húmeda	g	404,1	510,1	599,2
Peso del recipiente + la muestra seca	g	402,1	507,2	595,4
Peso del Agua	g	2,0	2,9	3,8
Peso de la muestra seca neta	g	307,3	432,3	521,8
Porcentaje de humedad	%	0,65	0,67	0,73
Contenido de humedad	%	0,68		

Tabla 32

Contenido de humedad del agregado grueso

Descripcion	Unidad	Ag. Grueso		
		M-1	M-2	M-3
Peso del recipiente	g	60,7	53,5	57,4
Peso del recipiente + la muestra húmeda	g	661,7	917,8	1,041,7
Peso del recipiente + la muestra seca	g	657,5	911,2	1,034,6
Peso del Agua	g	4,2	6,6	7,1
Peso de la muestra seca neta	g	596,8	857,7	977,2
Porcentaje de humedad	%	0,70	0,77	0,73
Contenido de humedad	%	0,73		

Tabla 33

Contenido de humedad de la roca pumita como agregado grueso

Descripcion	Unidad	Ag. Grueso (Pumita)		
		M-1	M-2	M-3
Peso del recipiente	g	147,3	124,2	124,1
Peso del recipiente + la muestra Húmeda	g	615,7	627,0	658,0
Peso del recipiente + la muestra seca	g	612,2	623,4	654,2
Peso del Agua	g	3,5	3,6	3,8
Peso de la muestra seca neta	g	464,9	499,2	530,1
Porcentaje de humedad	%	0,75	0,72	0,72
Contenido de humedad	%	0,73		

Anexo 2. Ensayo de granulometría agregado fino

Muestra 1: Agregado Fino

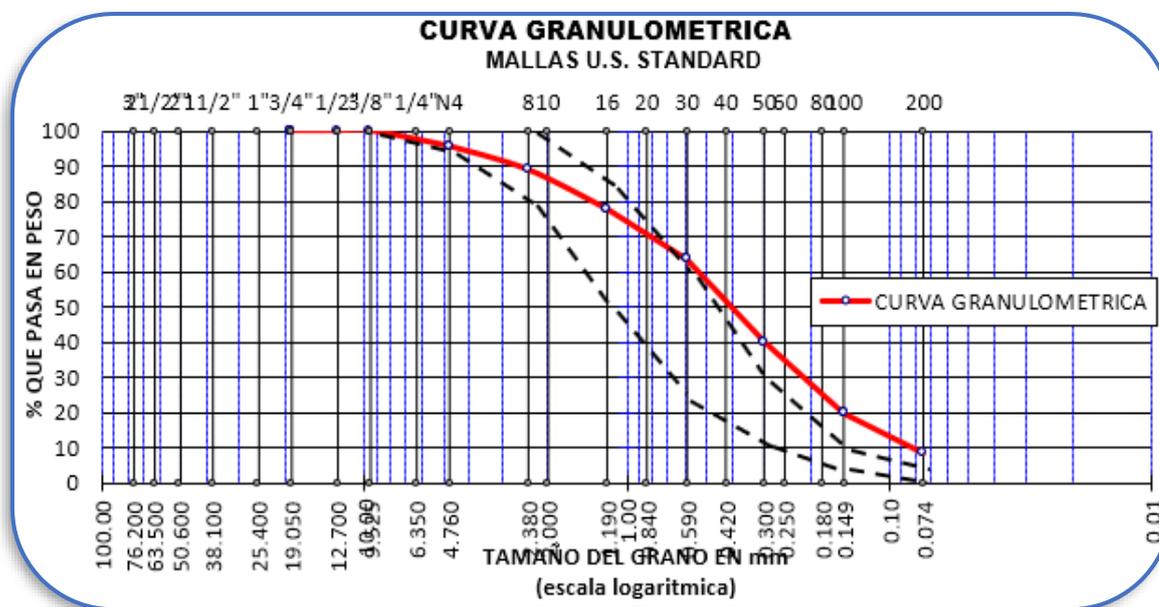
Tabla 34

Granulometría del agregado fino – Muestra N°01

Tamices Astm	Abertura Mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especific.
No4	4,76	8,90	4,45	4,45	95,55	95,00 100,00
No8	2,38	13,40	6,70	11,15	88,85	80,00 100,00
No16	1,19	22,40	11,20	22,35	77,65	50,00 85,00
No30	0,59	28,70	14,35	36,70	63,30	25,00 60,00
No 50	0,30	46,60	23,30	60,00	40,00	10,00 30,00
No100	0,15	40,90	20,45	80,45	19,55	2,00 10,00
No200	0,07	22,60	11,30	91,75	8,25	- 5,00
Fondo		16,50	8,25	100,00	-	
TOTAL		200,00	g			
Módulo de fineza:		2,15				

Figura 20

Curva granulométrica de agregado fino – Muestra N°01



Muestra 2: Agregado Fino

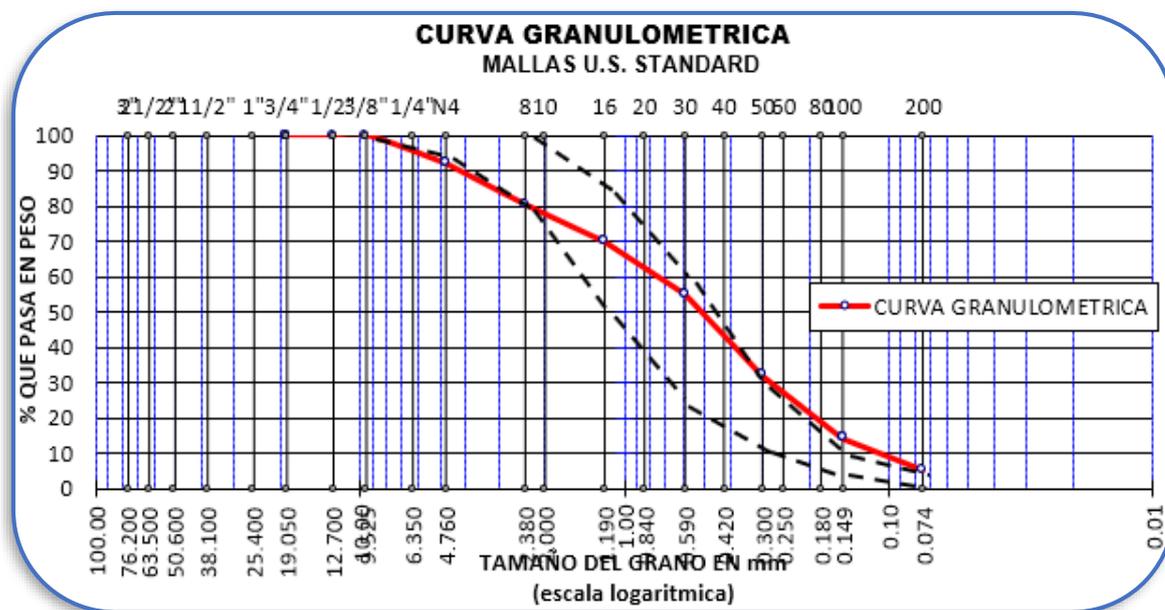
Tabla 35

Granulometría del agregado fino – Muestra N°02

Tamices Astm	Abertura Mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especific.
No4	4,76	16,10	8,05	8,05	91,95	100,00
No8	2,38	23,10	11,55	19,60	80,40	100,00
No16	1,19	21,20	10,60	30,20	69,80	85,00
No30	0,59	29,60	14,80	45,00	55,00	60,00
No 50	0,30	46,10	23,05	68,05	31,95	30,00
No100	0,15	35,40	17,70	85,75	14,25	10,00
No200	0,07	17,70	8,85	94,60	5,40	-
Fondo		10,80	5,40	100,00	-	
TOTAL		200,00	g			
Módulo de fineza:		2,57				

Figura 21

Curva granulométrica de agregado fino – Muestra N°02



Muestra 3: Agregado fino

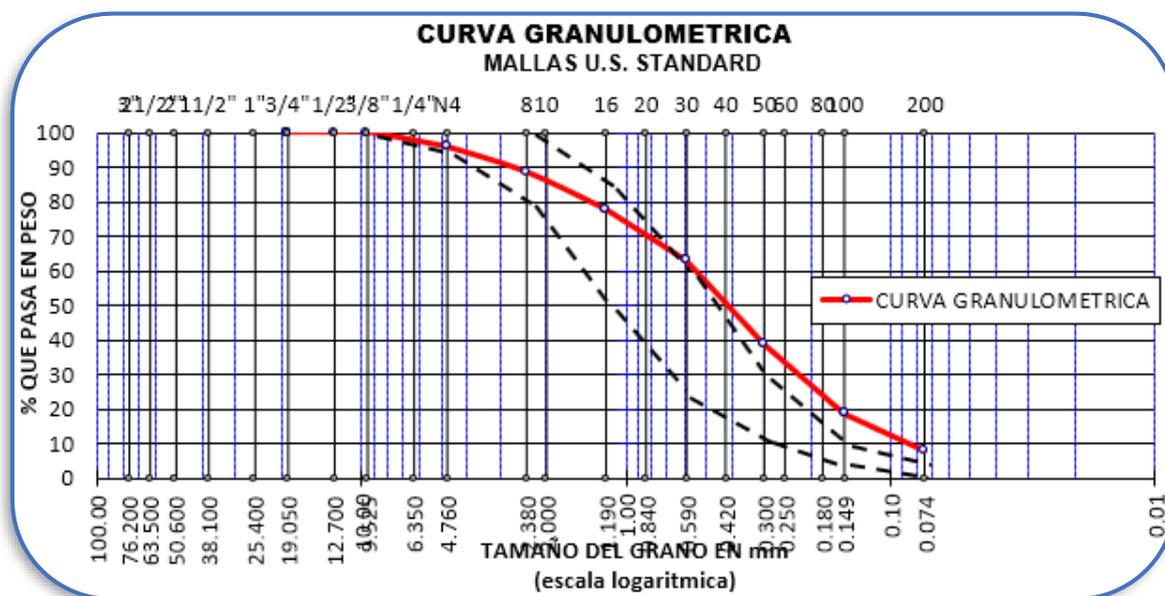
Tabla 36

Granulometría del agregado fino – Muestra N°03

Tamices Astm	Abertura Mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especific.
No4	4,76	8,40	4,20	4,20	95,80	95,00 100,00
No8	2,38	14,60	7,30	11,50	88,50	80,00 100,00
No16	1,19	21,60	10,80	22,30	77,70	50,00 85,00
No30	0,59	29,70	14,85	37,15	62,85	25,00 60,00
No 50	0,30	48,20	24,10	61,25	38,75	10,00 30,00
No100	0,15	40,20	20,10	81,35	18,65	2,00 10,00
No200	0,07	21,30	10,65	92,00	8,00	- 5,00
Fondo		16,00	8,00	100,00	-	
TOTAL		200,00	g			
Módulo de Fineza:		2,18				

Figura 22

Curva granulométrica de agregado fino – Muestra N°03



Resumen de ensayo de granulometría**Tabla 37***Promedio de módulo de finura del agregado fino*

Descripción	Módulo de finura	Promedio (MF)
Muestra 1	2,15	
Muestra 2	2,57	2,30
Muestra 3	2,18	

Anexo 3. Ensayo de granulometría agregado grueso

Muestra 01: Agregado Grueso

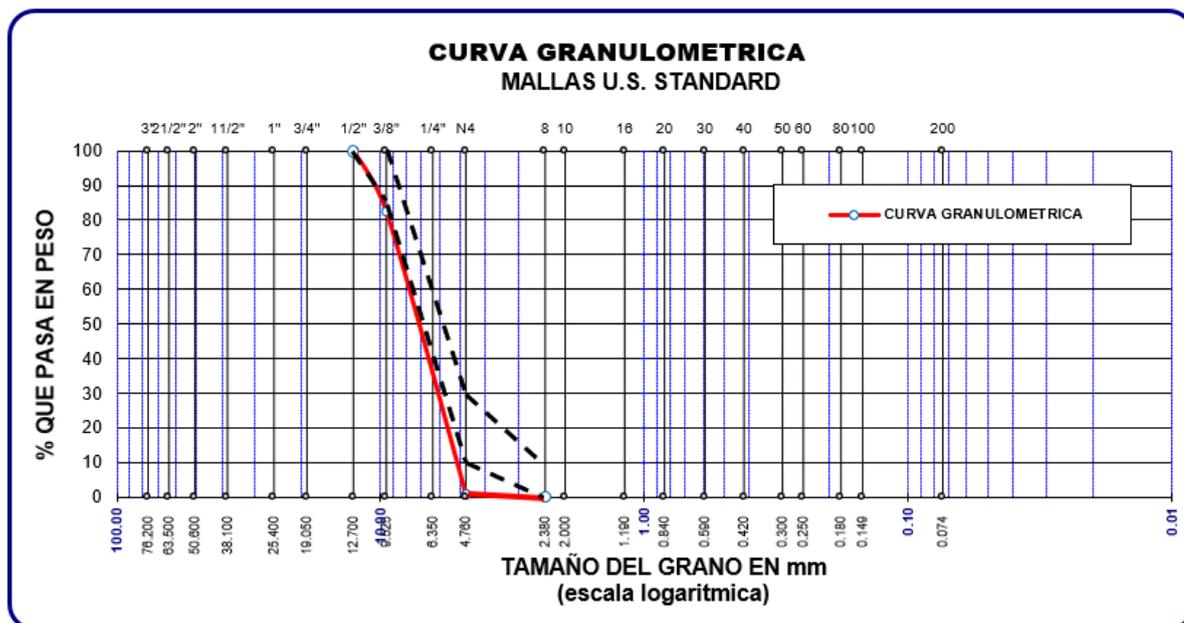
Tabla 38

Granulometría del agregado grueso – Muestra N°01

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especific. H 08
1/2"	12,70	-	-	-	100,00	100,00
3/8"	9,53	175,60	17,56	17,56	82,44	85,00 100,00
No4	4,76	814,90	81,50	99,06	0,94	10,00 30,00
No8	2,38	8,70	0,87	99,93	0,07	0,00 10,00
Fondo		0,70	0,07	100,00	0,00	
Total		999,90	g.			
Tamaño Máx. Nominal		3/8"				

Figura 23

Curva granulométrica de agregado grueso – Muestra N°01



Muestra 2: Agregado grueso

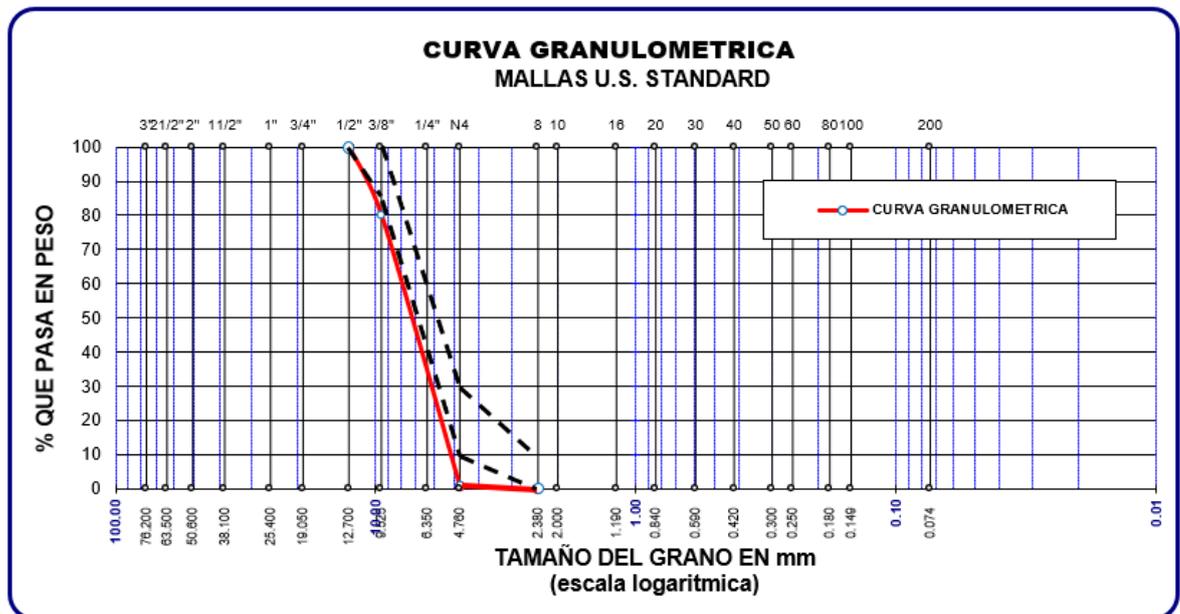
Tabla 39

Granulometría del agregado grueso – Muestra N°02

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especific. H 08
1/2"	12,70	-	-	-	100,00	100,00
3/8"	9,53	197,90	19,79	19,79	80,21	85,00 100,00
No4	4,76	792,90	79,30	99,09	0,91	10,00 30,00
No8	2,38	8,40	0,84	99,93	0,07	- 10,00
Fondo		0,70	0,07	100,00	-	
Total		999,90	g			
Tamaño Máx. Nominal		3/8"				

Figura 24

Curva granulométrica de agregado grueso – Muestra N°02



Muestra 03: Agregado grueso

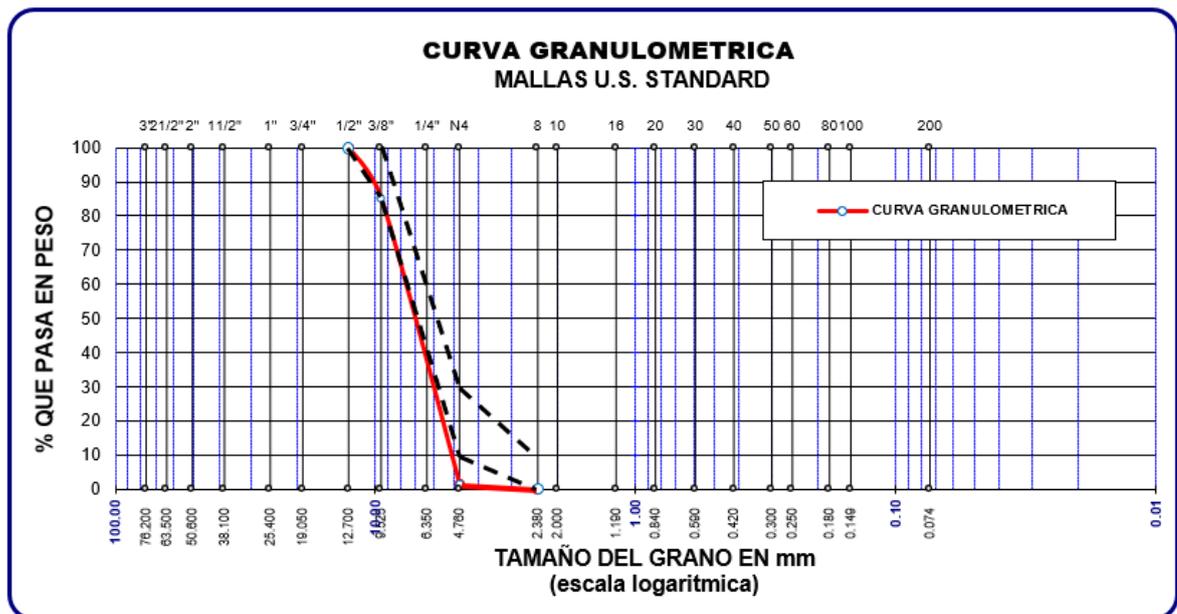
Tabla 40

Granulometría del agregado grueso – Muestra N°03

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especific. H 08
1/2"	12,70	-	-	-	100,00	100,00
3/8"	9,53	146,60	14,66	14,66	85,34	85,00 100,00
No4	4,76	836,90	83,70	98,36	1,64	10,00 30,00
No8	2,38	15,80	1,58	99,94	0,06	- 10,00
Fondo		0,60	0,06	100,00	-	
Total		999,90	g			
Tamaño Máx. Nominal		3/8"				

Figura 25

Curva granulométrica de agregado grueso – Muestra N°03



Anexo 4. Ensayo de granulometría agregado grueso (roca pumita)

Muestra 1: Agregado grueso (roca pumita)

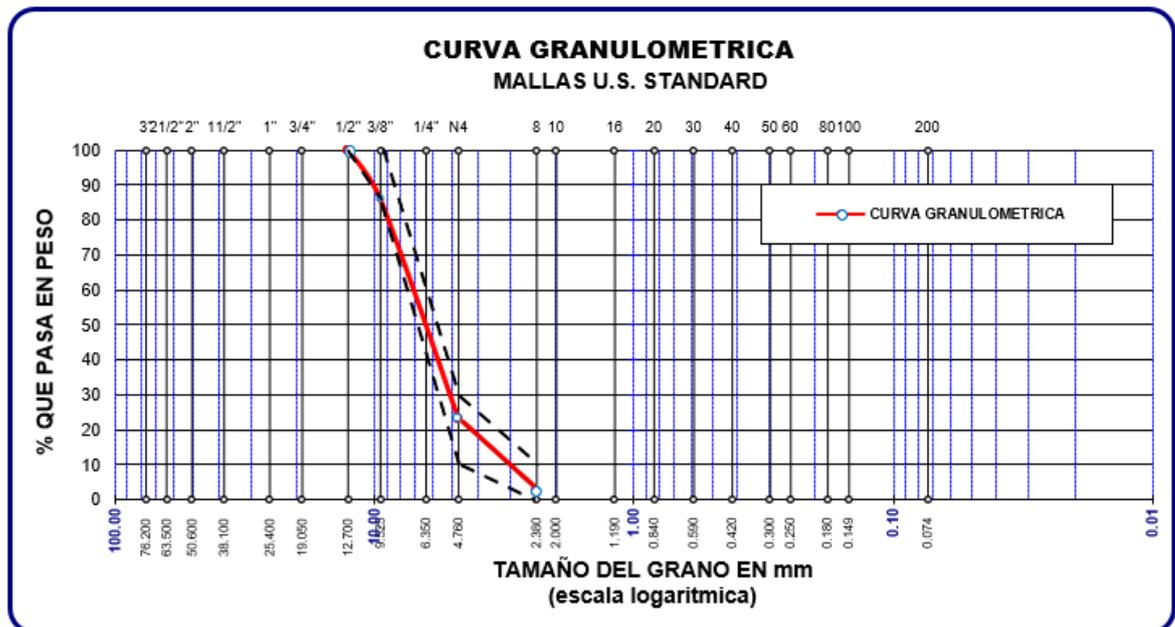
Tabla 41

Granulometría de la roca pumita como agregado grueso (M – 01)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especific. H 08
1/2"	12,70	-	-	-	100,00	100,00
3/8"	9,53	42,30	14,10	14,10	85,90	85,00 100,00
No4	4,76	187,90	62,63	76,73	23,27	10,00 30,00
No8	2,38	62,30	20,77	97,50	2,50	0,00 10,00
Fondo		7,50	2,50	100,00	-	
Total		300,00	g.			
Tamaño Máx. Nominal		3/8"				

Figura 26

Curva granulométrica de la roca pumita como agregado grueso – Muestra N°01



Muestra 02: Agregado grueso (roca pumita)

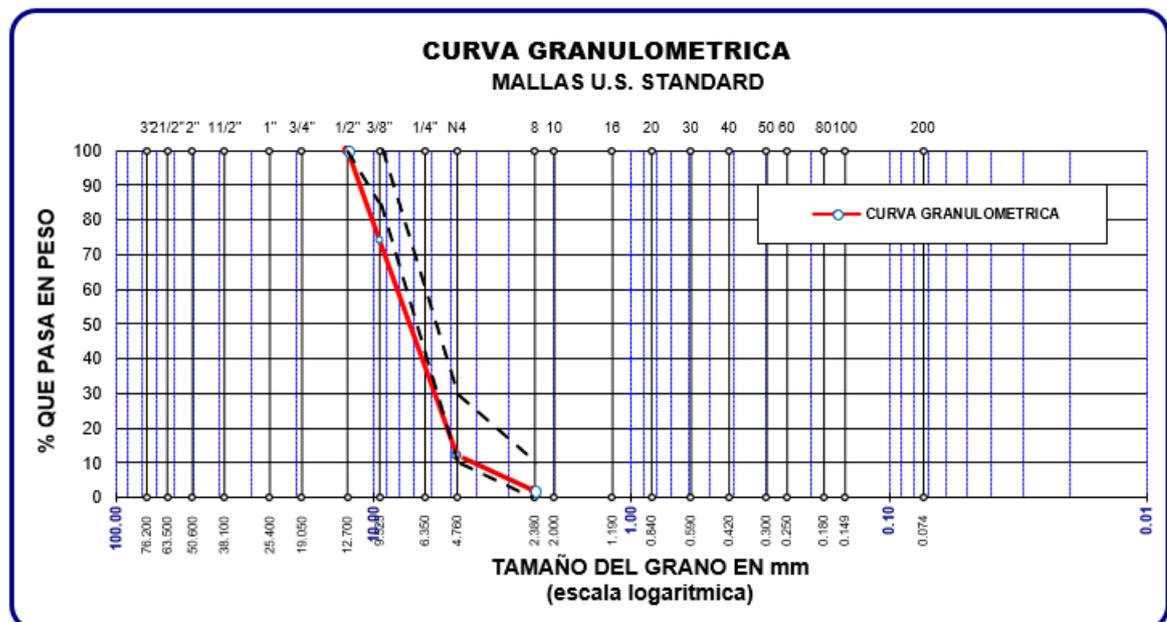
Tabla 42

Granulometría de la roca pumita como agregado grueso (M-02)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especific. H 08	
1/2"	12,70	-	-	-	100,00	100,00	
3/8"	9,53	78,10	26,03	26,03	73,97	85,00	100,00
No4	4,76	185,30	61,77	87,80	12,20	10,00	30,00
No8	2,38	30,50	10,17	97,97	2,03	0,00	10,00
Fondo		6,10	2,03	100,00	-		
TOTAL		300,00	g				
Tamaño Máx. Nominal		3/8"					

Figura 27

Curva granulométrica de la roca pumita como agregado grueso – Muestra N°02



Muestra 03: Agregado grueso (roca pumita)

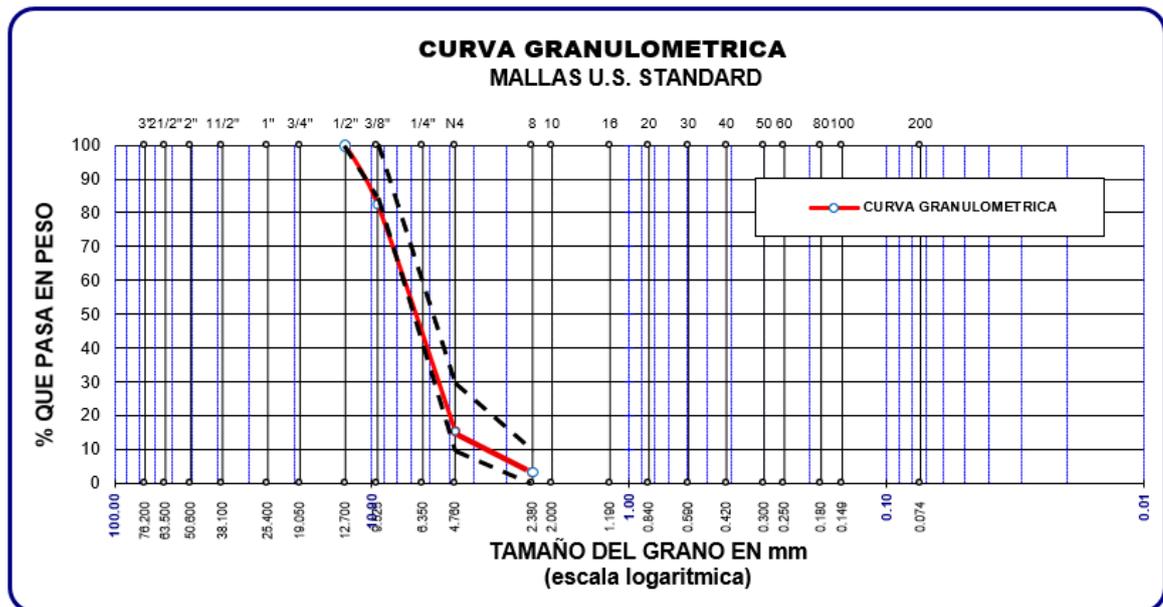
Tabla 43

Granulometría de la roca pumita como agregado grueso (M-03)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especific. H 08
1/2"	12,70	-	-	-	100,00	100,00
3/8"	9,53	52,70	17,57	17,57	82,43	85,00 100,00
No4	4,76	201,30	67,10	84,67	15,33	10,00 30,00
No8	2,38	35,70	11,90	96,57	3,43	0,00 10,00
Fondo		10,30	3,43	100,00	-	
Total		300,00	g			
Tamaño Máx. Nominal		3/8"				

Figura 28

Curva granulométrica de la roca pumita como agregado grueso – Muestra N°03



Anexo 5. Porcentaje de absorción

Tabla 44

Porcentaje de absorción del agregado fino

Descripción	Unidad	Agregado Fino	
		M-1	M-2
Peso de la muestra (sss)	g	207,30	203,80
Peso de la muestra seca	g	204,00	200,60
Peso del Agua	g	3,30	3,20
Porcentaje de Absorción	%	1,62	1,60
Absorción promedio	%	1,61	

Tabla 45

Porcentaje de absorción del agregado grueso

Descripción	Unidad	Agregado Grueso	
		M-1	M-2
Peso de la muestra (sss)	g	1082,00	1132,20
Peso de la muestra seca	g	1071,00	1119,60
Peso del Agua	g	11	12,6
Porcentaje de Absorción	%	1,03	1,13
Absorción promedio	%	1,08	

Anexo 6. Peso específico del agregado fino y grueso

Tabla 46

Peso específico del agregado fino

Descripción	Unidad	Agregado Fino	
		M-1	M-2
Peso de la fiola + muestra + Agua	g	745,70	703,80
Peso de la fiola + Agua	g	621,50	578,90
Peso de la muestra (sss)	g	200,00	200,00
Volumen desplazado	cc.	75,80	75,10
Peso específico	gr/cc.	2639,00	2663,00
Peso específico promedio	g.cc.	2,651	

Tabla 47

Peso específico del agregado grueso

Descripción	Unidad	Agregado Grueso	
		M-1	M-2
Peso de la muestra en el aire	g	1051,50	1087,60
Peso de la muestra en el agua	g	653,0	681,90
Volumen Desplazado	cc.	398,50	405,70
Peso específico	gr/cc.	2639,0	2681,0
Peso específico promedio	gr/cc.	2,660	

Anexo 7. Peso específico y absorción de la roca pumita



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO



ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO TESIS: “APLICACIÓN DE LOS DERIVADOS DE LA ROCA PUMITA EN LADRILLOS DE CONCRETO PARA EVALUAR SU FACTIBILIDAD DE USO EN LA CONSTRUCCION DE LOSAS ALIGERADAS, TACNA-2022”

MUESTRA: PIEDRA POMÉZ

FECHA: 03/01/2023

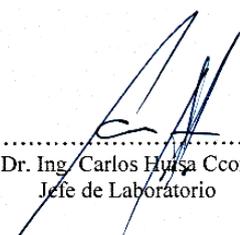
Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso PIEDRA POMÉZ

ENSAYO: P.E. Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

I DATOS		
DESCRIPCIÓN		PESOS (g)
1	Peso de la muestra seca al horno (A)	2 191,60
2	Peso de la muestra S.S.S. (B)	2 327,70
3	Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	96,60
4	Peso de la canastilla	971,50
5	Peso de la muestra saturada dentro del agua (C) (3-4)	-874,90
II RESULTADOS		
1	PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO [PEMSSS = B/(B - C)]	(g/cm ³) 0,715
2	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (B - A) / A * 100	(%) 6,210

Fuente: Elaboración propia.


Ing. Edgar Christian J. Tisnado Valdivia
Técnico de Laboratorio


Dr. Ing. Carlos Huíza Ccori
Jefe de Laboratorio



Anexo 8. Pesos unitarios de los agregados

Peso unitario suelto

Tabla 48

Peso unitario suelto del agregado fino.

Descripción	Unidad	Agregado Fino		
		M-1	M-2	M-3
Peso del molde + la muestra seca	g	11,571	11,834	11,778
Peso del molde	g	6,254	6,288	6,729
Peso de la muestra seca neta	g	5,317	5,546	5,049
Volumen del molde	cc.	3,230	3,230	3,230
Peso Unitario Suelto PUS	gr/cc.	1,646	1,717	1,563
Peso unitario suelto promedio	gr/cc.		1,642	

Tabla 49

Peso unitario suelto del agregado grueso.

Descripción	Unidad	Agregado Grueso		
		M-1	M-2	M-3
Peso del molde + la muestra seca	g	18,967	18,968	18,973
Peso del molde	g	4,475	4,475	4,475
Peso de la muestra seca neta	g	14,492	14,493	14,498
Volumen del molde	cc.	9,391	9,391	9,391
Peso Unitario Suelto PUS	gr/cc.	1,543	1,543	1,544
Peso unitario suelto promedio	gr/cc.		1,543	

Tabla 50

Peso unitario suelto de la piedra pómez como agregado grueso.

Descripción	Unidad	Ag. Grueso (Pomez)		
		M-1	M-2	M-3
Peso del molde + la muestra seca	g	8,354	8,323	8,313
Peso del molde	g	4,475	4,475	4,475
Peso de la muestra seca neta	g	3,879	3,848	3,838
Volumen del molde	cc.	9,391	9,391	9,391
Peso Unitario Suelto PUS	gr/cc.	0,413	0,410	0,409
Peso unitario suelto promedio	gr/cc.		0,411	

Peso unitario compactado

Tabla 51

Peso unitario compactado del agregado fino.

Descripción	Unidad	Agregado Fino		
		M-1	M-2	M-3
Peso del molde + la muestra seca	g	12,285	12,449	12,328
Peso del molde	g	6,520	6,713	6,601
Peso de la muestra seca neta	g	5,766	5,737	5,727
Volumen del molde	cc.	3,230	3,230	3,230
Peso Unitario Compactado PUC	gr/cc.	1,785	1,776	1,773
Peso unitario compactado promedio	gr/cc.		1,778	

Tabla 52

Peso unitario compactado del agregado grueso.

Descripción	Unidad	Agregado Grueso		
		M-1	M-2	M-3
Peso del molde + la muestra seca	g	20,037	20,097	20,118
Peso del molde	g	4,475	4,475	4,475
Peso de la muestra seca neta	g	15,562	15,622	15,643
Volumen del molde	cc.	9,391	9,391	9,391
Peso Unitario Compactado PUC	gr/cc.	1,657	1,664	1,666
Peso unitario compactado promedio	gr/cc.		1,662	

Tabla 53

Peso unitario compactado de la piedra pómez como agregado grueso.

Descripción	Unidad	Agregado Grueso (Pomez)		
		M-1	M-2	M-3
Peso del molde + la muestra seca	g	8,607	8,651	8,654
Peso del molde	g	4,475	4,475	4,475
Peso de la muestra seca neta	g	4,132	4,176	4,179
Volumen del molde	cc.	9,391	9,391	9,391
Peso Unitario Compactado PUC	gr/cc.	0,440	0,445	0,445
Peso unitario compactado promedio	gr/cc.		0,443	

Anexo 9. Diseño de mezclas - método aci comité 211

Dosificación 1: Concreto patrón sin adición de roca pumita

Se consideran los siguientes pasos para el diseño de mezcla

- Resistencia Promedio para el Diseño:

$$F'_{cr} = F'_c + 70$$

$$F'_{cr} = 70 + 70$$

$$F'_{cr} = 140 \text{ kg/cm}^2$$

- Cálculo del Aire Atrapado:

Como el tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 3/8", entonces:

$$\text{Aire Atrapado} = 3 \%$$

- Cálculo de la Cantidad de Agua de Mezclado:

Concreto de consistencia seca sin aire incorporado - Slump 0 a 1", luego:

$$\text{Agua de Mezclado} = 205 \text{ Lt/m}^3$$

- Relación Agua – Cemento (a/c):

F'cr		a/c
140	→	x
150	→	0,80
200	→	0,70

- Extrapolando se obtiene:

$$x = 0,80 + \frac{(140 - 150)(0,7 - 0,8)}{200 - 150} = 0,82 \Rightarrow R \text{ a/c}$$

- Cálculo del Contenido de Cemento:

$$R_{a/c} = \frac{a}{c}$$

$$C = \frac{a}{R_{a/c}} = \frac{205}{0,82} = 250 \text{ kg/m}^3$$

- Estimación del Contenido de Agregado Grueso:

Dado los valores de $mf=2,3$ y $Tam. \text{ M}áx. \text{ Nom.} = 3/8"$, entonces:

2,3	→	x
2,4	→	0,50
2,6	→	0,48

- Extrapolando se obtiene:

$$x = 0,50 + \frac{(2,3 - 2,4)(0,48 - 0,5)}{2,6 - 2,4} = 0,51 \text{ m}^3 \Rightarrow \text{Volumen del Agregado Grueso}$$

- Peso de Agregado Grueso:

$$Peso A. G. = Vol. A. G. \times PUSC A. G.$$

$$Peso A. G. = 0,51 \times 1662$$

$$Peso A. G. = 847,62 \text{ kg/m}^3$$

- Cálculo del Volumen Absoluto de Concreto para Hallar el Agregado Fino de los Materiales por m^3 :

$$Volumen Absoluto = \frac{Peso Seco}{P. E. \times 1000}$$

$$Cemento = \frac{250}{2,9 \times 1000} = 0,086 \text{ m}^3$$

$$Agua = \frac{205}{1000} = 0,205 \text{ m}^3$$

$$Aire = 3 \% = 0,03 \text{ m}^3$$

$$Vol. A. Grueso = \frac{847,62}{2,66 \times 1000} = 0,319 \text{ m}^3$$

$$\Sigma = 0,640 \text{ m}^3$$

$$Volmen Absoluto Ag. Fino = 1 - 0,640 = 0,360 \text{ m}^3$$

$$Peso Seco Agregado Fino = 0,360 \times 2,65 \times 1000 = 954,00 \text{ kg}$$

- Peso Seco de los Materiales:

$$Cemento : 250,00 \text{ kg}$$

$$Ag. Fino : 954,00 \text{ kg}$$

$$Ag. Grueso : 847,62 \text{ kg}$$

$$Agua : 205,00 \text{ kg}$$

- Corrección por Humedad:

$$Ag. Fino = 954,00 \times \left(\frac{0,68}{100} + 1 \right) = 960,49 \text{ kg}$$

$$Ag. Grueso = 847,62 \times \left(\frac{0,73}{100} + 1 \right) = 853,81 \text{ kg}$$

- Aporte de Agua a la Mezcla:

$$Ag. Fino = \frac{(0,68 - 1,61) \times 954,00}{100} = -8,872 \text{ Lt.}$$

$$Ag. Grueso = \frac{(0,73 - 1,08) \times 847,62}{100} = -2,967 \text{ Lt.}$$

$$\Sigma = -11,839 \text{ Lt.}$$

- Agua Efectiva:

$$Agua Efec. = 205 - (-11,839)$$

$$Agua Efec. = 216,84 \text{ Lt.}$$

- Proporciones en Peso:

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
$\frac{250,00}{250,00}$	$\frac{960,49}{250,00}$	$\frac{853,81}{250,00}$	$\frac{216,84}{250,00}$

$$1 : 3,84 : 3,42 / 0,87$$

Dosificación 2: Concreto con adición de 20 % de roca pumita

Se consideran los siguientes pasos para el diseño de mezcla

- Cálculo del Volumen Absoluto de Concreto para la cantidad de materiales por m³:

$$\begin{aligned}
 \text{Cemento} &= \frac{250}{2,9 \times 1000} = 0,086 \text{ m}^3 \\
 \text{Agua} &= \frac{205}{1000} = 0,205 \text{ m}^3 \\
 \text{Aire} &= 3 \% = 0,03 \text{ m}^3 \\
 \text{Vol. A. Grueso} &= 0,319 \times 0,80 = 0,255 \text{ m}^3 \\
 \text{Roca Pumita} &= 0,319 \times 0,20 = 0,064 \text{ m}^3 \\
 \hline
 \Sigma &= 0,640 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Vol. A. Fino} = 1 - 0,640 = 0,360 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso Seco Agregado Fino} = 0,360 \times 2,65 \times 1000 = 954,00 \text{ kg}$$

- Peso Seco de los Materiales:

$$\begin{aligned}
 \text{Cemento} &: 250,00 \text{ kg} \\
 \text{Ag. Fino} &: 954,00 \text{ kg} \\
 \text{Ag. Grueso} &: 0,255 \times 2,66 \times 1000 = 678,30 \text{ kg} \\
 \text{Roca Pumita} &: 0,064 \times 0,715 \times 1000 = 45,76 \text{ kg} \\
 \text{Agua} &: 205,00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Corrección por Humedad:

$$\text{Ag. Fino} = 954,00 \times \left(\frac{0,68}{100} + 1 \right) = 960,49 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Grueso} = 678,30 \times \left(\frac{0,73}{100} + 1 \right) = 683,25 \text{ kg}$$

$$\text{Roca Pumita} = 45,76 \times \left(\frac{0,73}{100} + 1 \right) = 46,09 \text{ kg}$$

- Aporte de Agua a la Mezcla:

$$\text{Ag. Fino} = \frac{(0,68 - 1,61) \times 954,00}{100} = -8,872 \text{ Lt.}$$

$$Ag. Grueso = \frac{(0,73 - 1,08) \times 678,30}{100} = -2,374 \text{ Lt.}$$

$$Roca Pumita = \frac{(0,73 - 6,21) \times 45,76}{100} = -2,508 \text{ Lt.}$$

$$\Sigma = -13,754 \text{ Lt.}$$

- Agua Efectiva:

$$Agua Efec. = 205 - (-13,754)$$

$$Agua Efec. = 218,75 \text{ Lt.}$$

- Proporciones en Peso:

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Roca Pumita	Agua
250,00	960,49	683,25	46,09	218,75
250,00	250,00	250,00	250,00	250,00

$$1 : 3,84 : 2,73 : 0,18 / 0,88$$

Dosificación 3: Concreto con adición de 40 % de roca pumita

Se enumeran los pasos a seguir para el diseño de mezcla

- Cálculo del Volumen Absoluto de Concreto para la cantidad de materiales por m³:

$$Cemento = \frac{250}{2,9 \times 1000} = 0,086 \text{ m}^3$$

$$Agua = \frac{205}{1000} = 0,205 \text{ m}^3$$

$$Aire = 3 \% = 0,03 \text{ m}^3$$

$$Vol. A. Grueso = 0,319 \times 0,60 = 0,191 \text{ m}^3$$

$$Roca Pumita = 0,319 \times 0,40 = 0,128 \text{ m}^3$$

$$\Sigma = 0,640 \text{ m}^3$$

$$Vol. A. Fino = 1 - 0,640 = 0,360 \text{ m}^3$$

$$Peso Seco Agregado Fino = 0,360 \times 2,65 \times 1000 = 954,00 \text{ kg}$$

- Peso Seco de los Materiales:

Cemento	:	250,00 kg
Ag. Fino	:	954,00 kg
Ag. Grueso	:	0,191 x 2,66 x 1000 = 508,06 kg
Roca Pumita	:	0,128 x 0,715 x 1000 = 91,52 kg
Agua	:	205,00 kg

- Corrección por Humedad:

$$Ag. Fino = 954,00 \times \left(\frac{0,68}{100} + 1 \right) = 960,49 \text{ kg}$$

$$Ag. Grueso = 508,06 \times \left(\frac{0,73}{100} + 1 \right) = 511,77 \text{ kg}$$

$$Roca Pumita = 91,52 \times \left(\frac{0,73}{100} + 1 \right) = 92,19 \text{ kg}$$

- Aporte de Agua a la Mezcla:

$$Ag. Fino = \frac{(0,68 - 1,61) \times 954,00}{100} = -8,872 \text{ Lt.}$$

$$Ag. Grueso = \frac{(0,73 - 1,08) \times 508,06}{100} = -1,778 \text{ Lt.}$$

$$Roca Pumita = \frac{(0,73 - 6,21) \times 91,52}{100} = -5,015 \text{ Lt.}$$

$$\Sigma = -15,665 \text{ Lt.}$$

- Agua Efectiva:

$$Agua Efec. = 205 - (-15,665)$$

$$Agua Efec. = 220,67 \text{ Lt.}$$

- Proporciones en Peso:

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Roca Pumita	Agua
$\frac{250,00}{250,00}$	$\frac{960,49}{250,00}$	$\frac{511,77}{250,00}$	$\frac{92,19}{250,00}$	$\frac{220,67}{250,00}$

$$1 : 3,84 : 2,05 : 0,37 / 0,88$$

Dosificación 4: Concreto con adición de 60 % de roca pumita

Se enumeran los pasos a seguir para el diseño de mezcla

- Cálculo del Volumen Absoluto de Concreto para la cantidad de materiales por m³:

$$Cemento = \frac{250}{2,9 \times 1000} = 0,086 \text{ m}^3$$

$$Agua = \frac{205}{1000} = 0,205 \text{ m}^3$$

$$Aire = 3 \% = 0,03 \text{ m}^3$$

$$Vol. A. Grueso = 0,319 \times 0,40 = 0,128 \text{ m}^3$$

$$Roca Pumita = 0,319 \times 0,60 = 0,191 \text{ m}^3$$

$$\Sigma = 0,640 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. A. Fino} = 1 - 0,640 = 0,360 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso Seco Agregado Fino} = 0,360 \times 2,65 \times 1000 = 954,00 \text{ kg}$$

- **Peso Seco de los Materiales:**

$$\text{Cemento} : 250,00 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Fino} : 954,00 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Grueso} : 0,128 \times 2,66 \times 1000 = 340,48 \text{ kg}$$

$$\text{Roca Pumita} : 0,191 \times 0,715 \times 1000 = 136,57 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} : 205,00 \text{ kg}$$

- **Corrección por Humedad:**

$$\text{Ag. Fino} = 954,00 \times \left(\frac{0,68}{100} + 1 \right) = 960,49 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Grueso} = 340,48 \times \left(\frac{0,73}{100} + 1 \right) = 342,97 \text{ kg}$$

$$\text{Roca Pumita} = 136,57 \times \left(\frac{0,73}{100} + 1 \right) = 137,57 \text{ kg}$$

- **Aporte de Agua a la Mezcla:**

$$\text{Ag. Fino} = \frac{(0,68 - 1,61) \times 954,00}{100} = -8,872 \text{ Lt.}$$

$$\text{Ag. Grueso} = \frac{(0,73 - 1,08) \times 340,48}{100} = -1,192 \text{ Lt.}$$

$$\text{Roca Pumita} = \frac{(0,73 - 6,21) \times 136,57}{100} = -7,484 \text{ Lt.}$$

$$\Sigma = -17,548 \text{ Lt.}$$

- **Agua Efectiva:**

$$\text{Agua Efec.} = 205 - (-13,754)$$

$$\text{Agua Efec.} = 222,55 \text{ Lt.}$$

- **Proporciones en Peso:**

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Roca Pumita	Agua
$\frac{250,00}{250,00}$	$\frac{960,49}{250,00}$	$\frac{342,97}{250,00}$	$\frac{137,57}{250,00}$	$\frac{222,55}{250,00}$

1 : 3,84 : 1,37 : 0,55 / 0,89

Anexo 10. Ensayos de compresión axial de las briquetas de concreto

- ✓ Resultado del ensayo a compresión axial de briquetas a los 7 días.

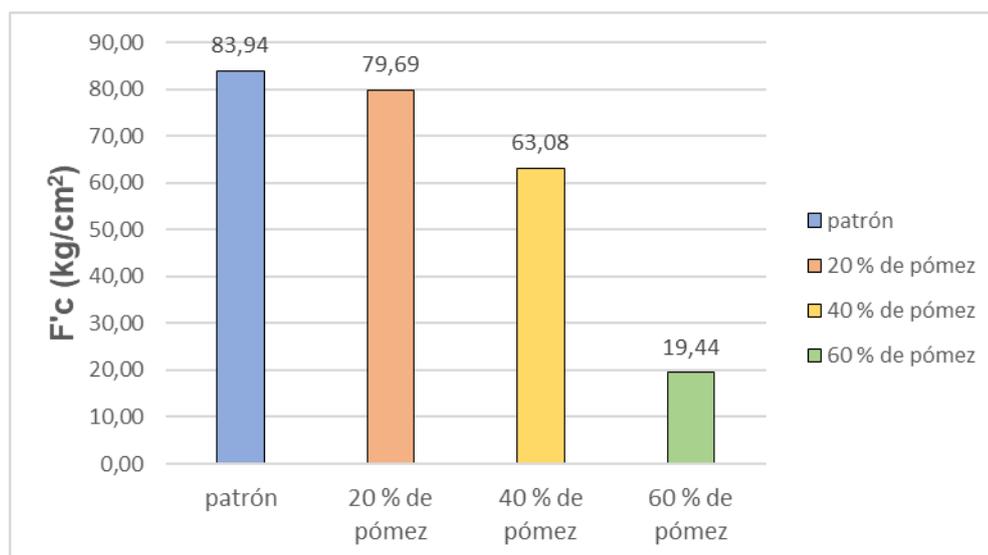
Tabla 54

Resistencia a la compresión de las briquetas a los 7 días

Identificación	Diseño	Fza. de Rotura (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar	F'c (kg/cm ²)
Patrón	P01-PP	84,61	85,57	1,62	83,94
	P02-PP	84,64			
	P03-PP	87,44			
20 % de Pómez	P01-20%P	86,33	83,08	3,39	79,69
	P02-20%P	83,34			
	P03-20%P	79,57			
40 % de Pómez	P01-40%P	67,29	66,05	2,96	63,08
	P02-40%P	68,19			
	P03-40%P	62,66			
60 % de Pómez	P01-60%P	44,24	50,84	31,41	19,44
	P02-60%P	23,27			
	P03-60%P	85,03			

Figura 29

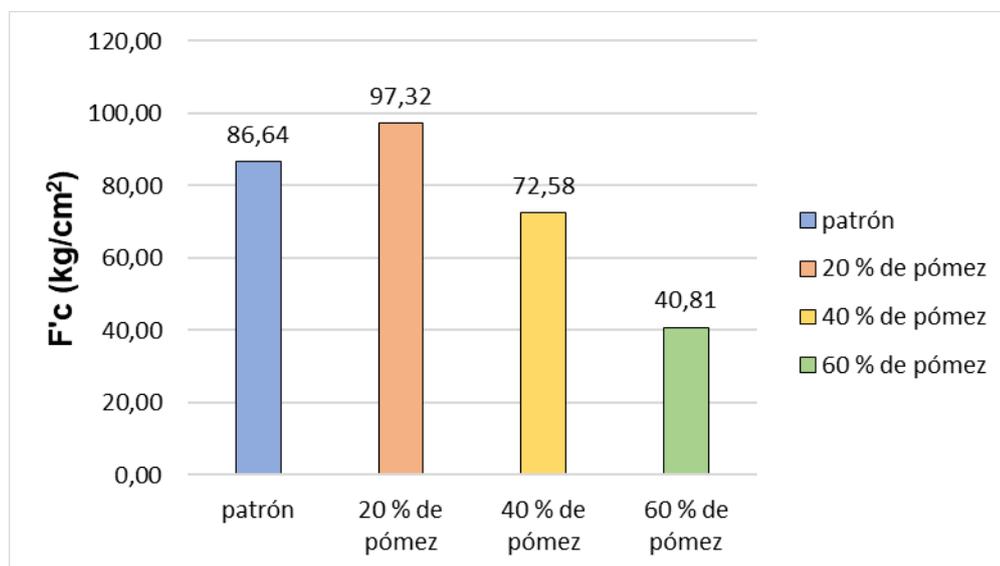
Resistencia a la compresión axial a los 7 días



- ✓ Resultado del ensayo a compresión axial de briquetas a los 14 días.

Tabla 55*Resistencia a la compresión de las briquetas a los 14 días*

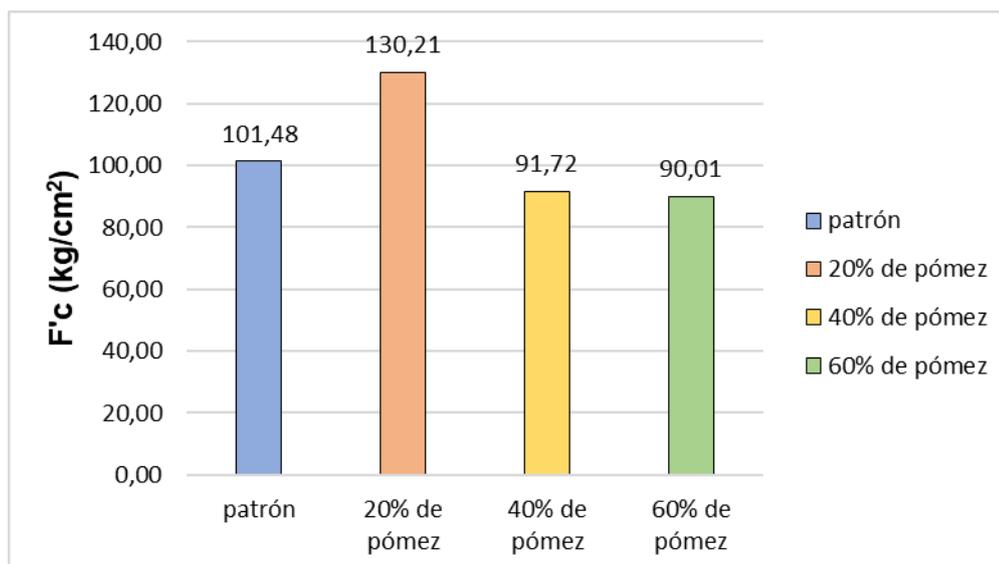
Identificación	Diseño	Fza. de Rotura (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar	F'c (kg/cm ²)
Patrón	P01-PP	86,15	91,69	5,06	86,64
	P02-PP	92,86			
	P03-PP	96,06			
20 % de Pómez	P01-20%P	100,07	99,35	2,04	97,32
	P02-20%P	100,93			
	P03-20%P	97,06			
40 % de Pómez	P01-40%P	82,87	79,39	6,82	72,58
	P02-40%P	71,54			
	P03-40%P	83,77			
60 % de Pómez	P01-60%P	42,71	49,74	8,93	40,81
	P02-60%P	59,78			
	P03-60%P	46,71			

Figura 30*Resistencia a la compresión axial a los 14 días*

✓ Resultado del ensayo a compresión axial de briquetas a los 28 días.

Tabla 56*Resistencia a la compresión de las briquetas a los 28 días*

Identificación	Diseño	Fza. de Rotura (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar	F'c (kg/cm ²)
Patrón	P01-PP	108,44	106,17	4,70	101,48
	P02-PP	109,31			
	P03-PP	100,77			
20 % de Pómez	P01-20%P	133,36	135,23	5,01	130,21
	P02-20%P	131,41			
	P03-20%P	140,91			
40 % de Pómez	P01-40%P	122,66	109,84	18,11	91,72
	P02-40%P	117,73			
	P03-40%P	89,12			
60 % de Pómez	P01-60%P	87,84	107,10	17,10	90,01
	P02-60%P	112,99			
	P03-60%P	120,47			

Figura 31*Resistencia a la compresión axial a los 28 días*

Anexo 11. Ensayos de compresión axial de los ladrillos de concreto

- ✓ Resultado del ensayo a compresión axial del ladrillo de concreto a los 7 días.

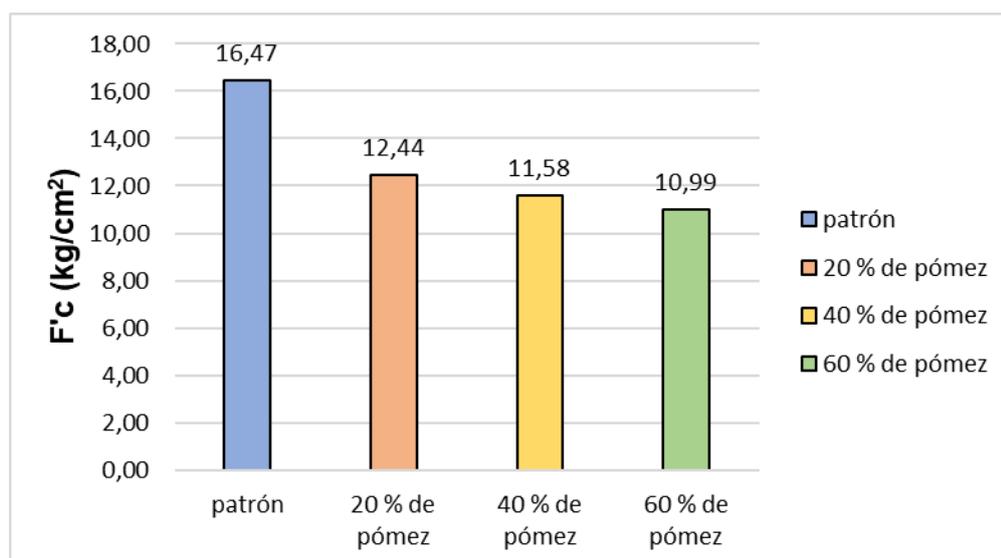
Tabla 57

Resistencia a la compresión del ladrillo de concreto a los 7 días

Identificación	Diseño	Fza. de Rotura (kg/cm ²)	Media	Desviación Estándar	F'c (kg/cm ²)
Patrón	P01-PP	16,54	16,72	0,25	16,47
	P02-PP	17,01			
	P03-PP	16,62			
20 % de Pómez	P01-20%P	12,32	13,32	0,87	12,44
	P02-20%P	13,95			
	P03-20%P	13,68			
40 % de Pómez	P01-40%P	11,55	11,78	0,20	11,58
	P02-40%P	11,88			
	P03-40%P	11,92			
60 % de Pómez	P01-60%P	11,71	11,37	0,38	10,99
	P02-60%P	10,96			
	P03-60%P	11,43			

Figura 32

Resistencia a la compresión axial del ladrillo a los 7 días



- ✓ Resultado del ensayo a compresión axial del ladrillo de concreto a los 14 días

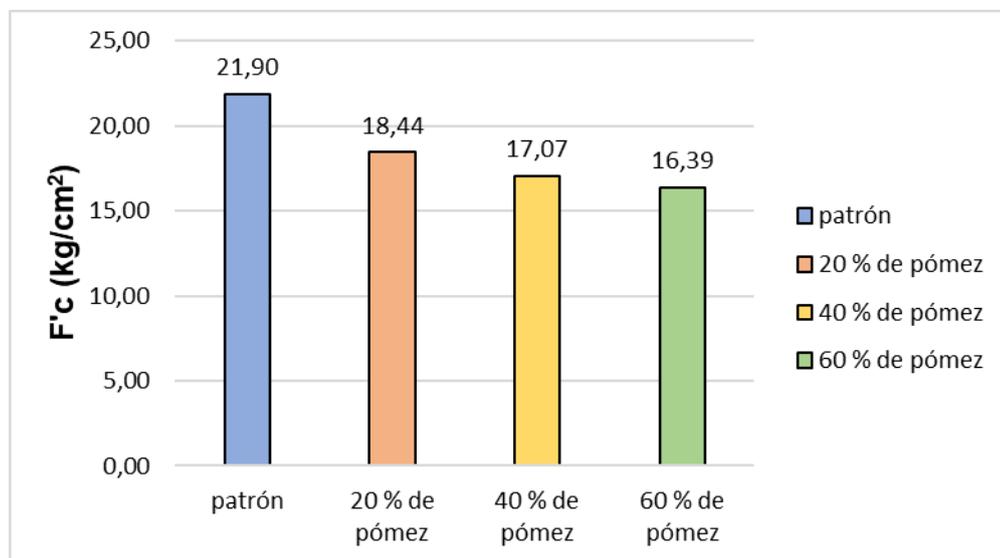
Tabla 58

Resistencia a la compresión del ladrillo de concreto a los 14 días

Identificación	Diseño	Fza. de Rotura (kg/cm ²)	Media	Desviación Estándar	F'c (kg/cm ²)
Patrón	P01-PP	23,63	22,81	0,92	21,90
	P02-PP	21,82			
	P03-PP	22,99			
20 % de Pómez	P01-20%P	20,15	19,42	0,98	18,44
	P02-20%P	19,81			
	P03-20%P	18,31			
40 % de Pómez	P01-40%P	17,10	17,52	0,45	17,07
	P02-40%P	18,00			
	P03-40%P	17,46			
60 % de Pómez	P01-60%P	16,81	16,73	0,34	16,39
	P02-60%P	17,02			
	P03-60%P	16,36			

Figura 33

Resistencia a la compresión axial del ladrillo a los 14 días



- ✓ Resultado del ensayo a compresión axial del ladrillo de concreto a los 28 días

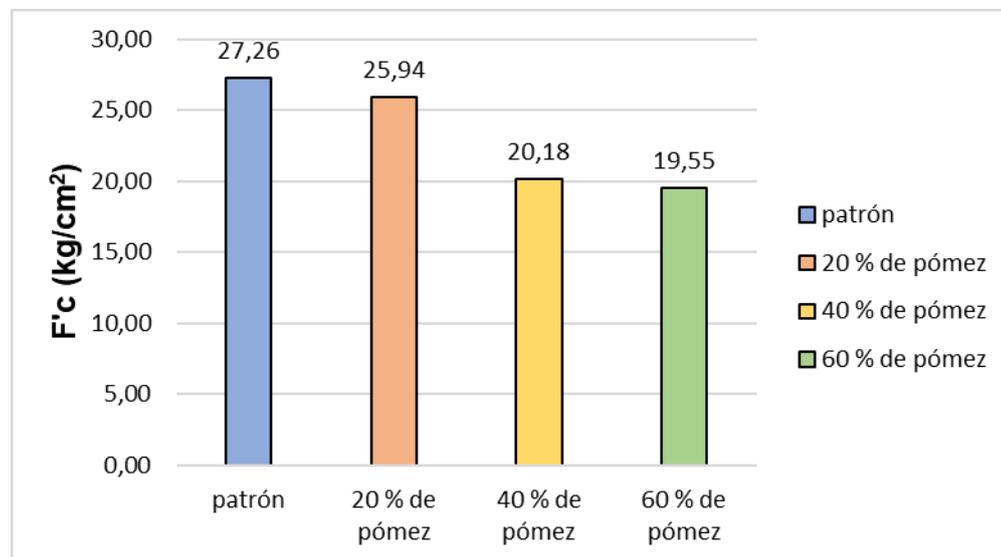
Tabla 59

Resistencia a la compresión del ladrillo de concreto a los 28 días

Identificación	Diseño	Fza. de Rotura (kg/cm ²)	Media	Desviación Estándar	F'c (kg/cm ²)
Patrón	P01-PP	27,52	27,77	0,51	27,26
	P02-PP	27,43			
	P03-PP	28,35			
20 % de Pómez	P01-20%P	26,77	27,16	1,22	25,94
	P02-20%P	28,53			
	P03-20%P	26,18			
40 % de Pómez	P01-40%P	22,17	21,39	1,21	20,18
	P02-40%P	22			
	P03-40%P	20			
60 % de Pómez	P01-60%P	19,57	20,18	0,63	19,55
	P02-60%P	20,16			
	P03-60%P	20,83			

Figura 34

Resistencia a la compresión axial del ladrillo a los 28 días



Anexo 12. Evidencia fotográfica

Para determinar la resistencia a la compresión a los 7 días, 21 días y 28 días, se utilizó el equipo de prensa digital marca Forney, en el laboratorio de Suelos y Pavimentos de la Universidad Privada de Tacna.

Ensayo a compresión axial de briquetas

	
<p>Rotura de briqueta a los 28 días – patrón</p>	<p>Rotura de briqueta a los 28 días – 20 % pómez</p>
	
<p>Rotura de briqueta a los 28 días – 40 % pómez</p>	<p>Rotura de briqueta a los 28 días – 60 % pómez</p>

Ensayo a compresión axial del ladrillo de concreto



Rotura del Ladrillo de Concreto a los 28 días
– Patrón



Rotura del Ladrillo de Concreto a los 28 días
– 20% pómez



Rotura del Ladrillo de Concreto a los 28 días
– 40 % pómez



Rotura del Ladrillo de Concreto a los 28 días
– 60 % pómez

Anexo 13. Ensayo de resistencia a la flexo-tracción de los ladrillos de concreto - ladrillo patrón (lp)



Universidad Católica
San Pablo

Departamento de
Ingeniería Civil

Laboratorio de Concreto y Ensayo
de Materiales de Construcción

INFORME DE ENSAYO MODULO DE ROTURA (FLEXOTRACCION) LADRILLO HUECO PARA LOSAS ALIGERADAS

N° DE EXPEDIENTE

LC 4945-23 / UCSP

Página: 01 de 4

Fecha de emisión: 04/03/2023

SOLICITANTES : ALEXANDER PARISUAÑA QUISPE - OMAR MAMANI HUARCAYA
PROYECTO : TESIS: "APLICACIÓN DE LOS DERIVADOS DE LA ROCA PUMITA EN LOS LADRILLOS DE CONCRETO PARA EVALUAR SU FACTIBILIDAD DE USO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSAS ALIGERADAS, TACNA - 2022"
UBICACIÓN : TACNA

CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS

DESCRIPCION : LADRILLOS HUECO DE CONCRETO

DIMENSION : 30cm x 20cm x 15cm

PROCEDENCIA: ELABORACION PROPIA

DESCRIPCION MUESTRA (CODIGO)	FECHAS		EDAD (días)	DIMENSIONES (cm)			DIST. ENTRE APOYOS (cm)	EXCENTR (cm)	CARGA DE ROTURA (kgf)	MODULO DE ROTURA	
	FABRIC.	ENSAYO		LARGO	ANCHO	ALT.				(MPa)	(kgf/cm ²)
L01 - LP	17/02/23	27/02/23	10	30,00	19,10	15,00	27,6	0,6	349,0	0,32	3,22
L02 - LP	17/02/23	27/02/23	10	30,00	19,70	15,00	27,6	0,7	458,0	0,40	4,06
L03 - LP	17/02/23	28/02/23	11	29,95	19,50	15,00	27,6	0,9	456,0	0,39	4,02
L04 - LP	14/02/23	28/02/23	14	30,05	19,60	15,05	27,6	1,5	477,0	0,39	3,96
L05 - LP	14/02/23	28/02/23	14	29,95	19,70	15,00	27,6	0,6	396,0	0,35	3,54
L06 - LP	14/02/23	28/02/23	14	30,00	19,50	15,05	27,6	0,9	509,0	0,44	4,46
L07 - LP	03/02/23	03/03/23	28	29,95	19,00	15,00	27,6	0,9	535,0	0,48	4,84
L08 - LP	03/02/23	03/03/23	28	29,90	19,90	15,10	27,6	0,7	434,0	0,37	3,76
L09 - LP	03/02/23	03/03/23	28	29,90	19,90	15,10	27,6	0,8	389,0	0,33	3,34

OBSERVACIONES - No existe normatividad para Ensayos de Flexión para Ladrillo Hueco **de Concreto** para Losas Aligeradas
- A solicitud el interesado, se realizan los ensayos tomando en cuenta la Normas: NTP 399.613: Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos **de arcilla** usados en albañilería, Item 7, Módulo de Rotura (Ensayo de Flexión), y la Norma 331.040: Ladrillo hueco cerámico para techos y entrepisos aligerados
- Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante.



Fernando Garnica Cueva
FERNANDO GARNICA CUEVA
Jefe de Laboratorios de Ingeniería Civil
Ingeniero Civil
CIP. N° 115035

Laboratorios:
Calle Sucre N°601, Cercado - Arequipa, Perú
Telf: (054) 605630 anexo: 281 - Cel: 971351240
Email: labcivil@ucsp.edu.pe

 **INDECISO**
INSTITUTO PARA EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO SOCIAL
Av. Salaverry 301, Cercado - Arequipa

Anexo 14. Ensayo de resistencia a la flexo-tracción de los ladrillos de concreto - ladrillo con adición roca pumita (20%p)



Universidad Católica
San Pablo

Departamento de
Ingeniería Civil

Laboratorio de Concreto y Ensayo
de Materiales de Construcción

INFORME DE ENSAYO **MODULO DE ROTURA (FLEXOTRACCION)** **LADRILLO HUECO PARA LOSAS ALIGERADAS**

N° DE EXPEDIENTE

LC 4945-23 / UCSP

Página: 02 de 4

Fecha de emisión: 04/03/2023

SOLICITANTES : ALEXANDER PARISUAÑA QUISPE - OMAR MAMANI HUARCAYA
PROYECTO : TESIS: "APLICACIÓN DE LOS DERIVADOS DE LA ROCA PUMITA EN LOS LADRILLOS DE CONCRETO PARA EVALUAR SU FACTIBILIDAD DE USO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSAS ALIGERADAS, TACNA - 2022"
UBICACIÓN : TACNA

CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS

DESCRIPCION : LADRILLOS HUECO DE CONCRETO

DIMENSION : 30cm x 20cm x 15cm

PROCEDENCIA: ELABORACION PROPIA

DESCRIPCION MUESTRA (CODIGO)	FECHAS		EDAD (días)	DIMENSIONES (cm)			DIST. ENTRE APOYOS (cm)	EXCENTR (cm)	CARGA DE ROTURA (kgf)	MODULO DE ROTURA	
	FABRIC.	ENSAYO		LARGO	ANCHO	ALT.				(MPa)	(kgf/cm ²)
L01 - 20% P	17/02/23	27/02/23	10	29,95	19,50	15,00	27,6	0,8	433,0	0,38	3,85
L02 - 20% P	17/02/23	27/02/23	10	30,00	20,00	15,00	27,6	0,7	448,0	0,38	3,91
L03 - 20% P	17/02/23	28/02/23	11	29,95	19,80	15,05	27,6	0,6	423,0	0,37	3,74
L04 - 20% P	14/02/23	28/02/23	14	30,00	19,30	15,00	27,6	0,6	442,0	0,40	4,03
L05 - 20% P	14/02/23	28/02/23	14	30,05	19,00	15,00	27,6	0,9	437,0	0,39	3,96
L06 - 20% P	14/02/23	28/02/23	14	30,00	19,00	15,05	27,6	0,5	432,0	0,39	4,01
L07 - 20% P	03/02/23	03/03/23	28	29,95	19,20	15,00	27,6	0,8	374,0	0,33	3,38
L08 - 20% P	03/02/23	03/03/23	28	29,95	19,00	15,00	27,6	0,8	361,0	0,32	3,29
L09 - 20% P	03/02/23	03/03/23	28	29,95	19,30	15,10	27,6	0,7	421,0	0,37	3,76

OBSERVACIONES - No existe normatividad para Ensayos de Flexión para Ladrillo Hueco de Concreto para Losas Aligeradas
- A solicitud el interesado, se realizan los ensayos tomando en cuenta la Normas: NTP 399.613: Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería, Item 7, Módulo de Rotura (Ensayo de Flexión); y la Norma 331.040: Ladrillo hueco cerámico para techos y entrepisos aligerados
- Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante.



Fernando Garnica Cuba
FERNANDO GARNICA CUBA
Jefe de Laboratorios de Ingeniería Civil
Ingeniero Civil
CIP N° 115035

Laboratorios:

Calle Sucre N°601, Cercado - Arequipa, Perú
Telf: (054) 605630 anexo: 281 - Cel: 971351240
Email: labcivil@ucsp.edu.pe



INDECISO
INSTITUTO PARA EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO SOCIAL
Av. Salaverry 301, Cercado - Arequipa

Anexo 15. Ensayo de resistencia a la flexo-tracción de los ladrillos de concreto - ladrillo con adición roca pumita (40%p)



Universidad Católica
San Pablo

Departamento de
Ingeniería Civil

Laboratorio de Concreto y Ensayo
de Materiales de Construcción

INFORME DE ENSAYO MODULO DE ROTURA (FLEXOTRACCION) LADRILLO HUECO PARA LOSAS ALIGERADAS

N° DE EXPEDIENTE

LC 4945-23 / UCSP

Página: 03 de 4

Fecha de emisión: 04/03/2023

SOLICITANTES : ALEXANDER PARISUAÑA QUISPE - OMAR MAMANI HUARCAYA

PROYECTO : TESIS: "APLICACIÓN DE LOS DERIVADOS DE LA ROCA PUMITA EN LOS LADRILLOS DE CONCRETO PARA EVALUAR SU FACTIBILIDAD DE USO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSAS ALIGERADAS, TACNA - 2022"

UBICACIÓN : TACNA

CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS

DESCRIPCION : LADRILLOS HUECO DE CONCRETO

DIMENSION : 30cm x 20cm x 15cm

PROCEDENCIA: ELABORACION PROPIA

DESCRIPCION MUESTRA (CODIGO)	FECHAS		EDAD (días)	DIMENSIONES (cm)			DIST. ENTRE APOYOS (cm)	EXCENTR (cm)	CARGA DE ROTURA (kgf)	MODULO DE ROTURA	
	FABRIC.	ENSAYO		LARGO	ANCHO	ALT.				(MPa)	(kgf/cm ²)
L01 - 40%P	17/02/23	27/02/23	10	30,00	19,10	15,05	27,6	0,6	451,0	0,40	4,13
L02 - 40% P	17/02/23	27/02/23	10	29,90	19,60	15,00	27,6	0,9	395,0	0,34	3,47
L03 - 40% P	17/02/23	28/02/23	11	30,00	19,00	15,00	27,6	0,6	442,0	0,40	4,09
L04 - 40% P	14/02/23	28/02/23	14	30,00	18,80	15,00	27,6	0,6	403,0	0,37	3,77
L05 - 40% P	14/02/23	28/02/23	14	30,05	19,00	15,05	27,6	0,8	405,0	0,36	3,67
L06 - 40% P	14/02/23	28/02/23	14	30,00	18,70	15,00	27,6	0,7	481,0	0,44	4,49
L07 - 40% P	03/02/23	03/03/23	28	29,90	19,00	15,05	27,6	0,8	450,0	0,40	4,08
L08 - 40% P	03/02/23	03/03/23	28	29,95	19,20	15,10	27,6	0,6	505,0	0,45	4,57
L09 - 40% P	03/02/23	03/03/23	28	29,95	18,90	15,05	27,6	0,5	452,0	0,41	4,21

OBSERVACIONES - No existe normatividad para Ensayos de Flexión para Ladrillo Hueco **de Concreto** para Losas Aligeradas
- A solicitud el interesado, se realizan los ensayos tomando en cuenta la Normas: NTP 399.613: Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos **de arcilla** usados en albañilería, Item 7, Módulo de Rotura (Ensayo de Flexión); y la Norma 331.040: Ladrillo hueco cerámico para techos y entrepisos aligerados
- Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante.



Fernando Garnica Cuba
FERNANDO GARNICA CUBA
Jefe de Laboratorios de Ingeniería Civil
Ingeniero Civil
CIP. N° 115035

Laboratorios:
Calle Sucre N°601, Cercado - Arequipa, Perú
Telf: (054) 605630 anexo: 281 - Cel: 971351240
Email: labcivil@ucsp.edu.pe

 **INDECOS**
INSTITUTO PARA EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO SOCIAL
Av. Salaverry 301, Cercado - Arequipa

Anexo 16. Ensayo de resistencia a la flexo-tracción de los ladrillos de concreto - ladrillo con adición roca pumita (60%p)



Universidad Católica
San Pablo

Departamento de
Ingeniería Civil

Laboratorio de Concreto y Ensayo
de Materiales de Construcción

INFORME DE ENSAYO MODULO DE ROTURA (FLEXOTRACCION) LADRILLO HUECO PARA LOSAS ALIGERADAS

N° DE EXPEDIENTE

LC 4945-23 / UCSP

Página: 04 de 4

Fecha de emisión: 04/03/2023

SOLICITANTES : ALEXANDER PARISUAÑA QUISPE - OMAR MAMANI HUARCAYA

PROYECTO : TESIS: "APLICACIÓN DE LOS DERIVADOS DE LA ROCA PUMITA EN LOS LADRILLOS DE CONCRETO PARA EVALUAR SU FACTIBILIDAD DE USO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSAS ALIGERADAS, TACNA - 2022"

UBICACIÓN : TACNA

CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS

DESCRIPCION : LADRILLOS HUECO DE CONCRETO

DIMENSION : 30cm x 20cm x 15cm

PROCEDENCIA: ELABORACION PROPIA

DESCRIPCION MUESTRA (CODIGO)	FECHAS		EDAD (días)	DIMENSIONES (cm)			DIST. ENTRE APOYOS (cm)	EXCENTR (cm)	CARGA DE ROTURA (kgf)	MODULO DE ROTURA	
	FABRIC.	ENSAYO		LARGO	ANCHO	ALT.				(MPa)	(kgf/cm ²)
L01 - 60% P	17/02/23	27/02/23	10	29,90	19,50	15,05	27,6	0,8	318,0	0,28	2,81
L02 - 60% P	17/02/23	27/02/23	10	30,00	19,70	15,00	27,6	0,9	349,0	0,30	3,05
L03 - 60% P	17/02/23	28/02/23	11	30,00	19,20	15,05	27,6	0,6	384,0	0,34	3,50
L04 - 60% P	14/02/23	28/02/23	14	30,00	18,90	15,10	27,6	0,8	289,0	0,26	2,62
L05 - 60% P	14/02/23	28/02/23	14	29,95	19,40	15,05	27,6	0,7	380,0	0,33	3,40
L06 - 60% P	14/02/23	28/02/23	14	30,05	19,10	15,00	27,6	0,8	377,0	0,34	3,42
L07 - 60% P	03/02/23	03/03/23	28	29,95	19,50	15,05	27,6	0,7	374,0	0,33	3,33
L08 - 60% P	03/02/23	03/03/23	28	29,95	19,10	15,00	27,6	0,5	345,0	0,31	3,20
L09 - 60% P	03/02/23	03/03/23	28	29,95	19,00	15,00	27,6	0,9	375,0	0,33	3,39

OBSERVACIONES - No existe normatividad para Ensayos de Flexión para Ladrillo Hueco **de Concreto** para Losas Aligeradas
- A solicitud el interesado, se realizan los ensayos tomando en cuenta la Normas: NTP 399.613: Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos **de arcilla** usados en albañilería, Item 7, Módulo de Rotura (Ensayo de Flexión), y la Norma 331.040: Ladrillo hueco cerámico para techos y entrepisos aligerados
- Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante.



Fernando Garnica Cuba
FERNANDO GARNICA CUBA
Jefe de Laboratorios de Ingeniería Civil
Ingeniero Civil
CIP. N° 115035

Laboratorios:

Calle Sucre N°601, Cercado - Arequipa, Perú
Telf: (054) 605630 anexo: 281 - Cel: 971351240
Email: labcivil@ucsp.edu.pe



INDECOSO
INSTITUTO PARA EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO SOCIAL
Av. Salaverry 301, Cercado - Arequipa

Anexo 17. Análisis de costos unitarios

Tabla 60

Determinación del costo de ladrillo de concreto – LP

Partida	01.01.01	Ladrillo de concreto (15x20x30) cm Para techo de h=0,20 m - LP	
Rendimiento	und/DIA 720,0000	EQ. 180,0000	Costo unitario directo por: und 1,20

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
Operario	hh	1,0000	0,0111	10,06	0,11
Peon	hh	1,0000	0,0111	7,10	0,08
					0,19
Materiales					
Confitillo	m ³		0,0025	60,00	0,15
Arena	m ³		0,0027	45,00	0,12
Cemento portland tipo I (42,5 kg)	bol		0,0270	24,50	0,66
AGUA	m ³		0,0010	2,60	0,00
					0,94
Equipos					
Herramientas Manuales	%mo		3,0000	0,19	0,01
Mezcladora de Concreto	hm	1,0000	0,0111	6,25	0,07
					0,08

Fecha: **02/03/2023**

Tabla 61*Determinación del costo de ladrillo de concreto L-20%P*

Partida	01.01.02	Ladrillo de concreto (15x20x30) cm para techo de h=0,20 m- L-20%P	
Rendimiento	und/DIA 720,0000	EQ. 180,0000	Costo unitario directo por: und 1,21

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
Operario	hh	1,0000	0,0111	10,06	0,11
Peón	hh	1,0000	0,0111	7,10	0,08
					0,19
Materiales					
Confitillo	m ³		0,0020	60,00	0,12
Arena	m ³		0,0027	45,00	0,12
Cemento portland tipo I (42,5 kg)	bol		0,0270	24,50	0,66
Piedra	m ³		0,0005	60,00	0,03
Pomez	m ³		0,0010	10,00	0,01
					0,94
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		3,0000	0,19	0,01
Mezcladora de concreto	hm	1,0000	0,0111	6,25	0,07
					0,08

Fecha: **02/03/2023**

Tabla 62*Determinación del costo de ladrillo de concreto L-40%P*

Partida	01.01.03	Ladrillo de concreto (15x20x30) cm Para techo de h=0,20 m - L-40%P			
Rendimiento	und/DIA 720,0000	EQ. 180,0000			Costo unitario directo por: und 1,21
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
Operario	hh	1,0000	0,0111	10,06	0,11
Peon	hh	1,0000	0,0111	7,10	0,08
					0,19
Materiales					
Confitillo	m ³		0,0015	60,00	0,09
Arena	m ³		0,0027	45,00	0,12
Cemento portland tipo I (42,5 kg)	bol		0,0270	24,50	0,66
Piedra	m ³		0,0010	60,00	0,06
Pomez	m ³		0,0010	10,00	0,01
Agua	m ³		0,0010		
					0,94
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		3,0000	0,19	0,01
Mezcladora de concreto	hm	1,0000	0,0111	6,25	0,07
					0,08
				Fecha:	02/03/2023

Anexo 18. Matriz de consistencia

“Aplicación de los derivados de la roca pumita en ladrillos de concreto para evaluar su factibilidad de uso en la construcción de losas aligeradas, Tacna – 2022”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable de estudio	Metodología
<p>Problema general:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿En qué medida la aplicación de los derivados de la roca pumita en ladrillos de concreto influyen en la evaluación de su factibilidad de uso en la construcción de losas aligeradas? <p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál son las propiedades físico y mecánicas de la roca pumita y agregados para su uso en la fabricación del ladrillo de concreto para losas aligeradas? 	<p>Objetivo general:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar en qué medida la aplicación de los derivados de la roca pumita en ladrillos de concreto influyen en la evaluación de su factibilidad de uso en la construcción de losas aligeradas. <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar las propiedades físico y mecánicas de la roca pumita y agregados para su uso en la fabricación del ladrillo de concreto para losas aligeradas. 	<p>Hipótesis general:</p> <ul style="list-style-type: none"> El uso de los derivados de la roca pumita en ladrillos de concreto influyen significativamente en la evaluación de su factibilidad de uso en la construcción de losas aligeradas. <p>Hipótesis específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Las propiedades físico y mecánicas de la roca pumita son aptas y logran satisfacer los requerimientos mínimos para su uso en la fabricación del ladrillo de concreto de losas aligeradas. 	<p>Variable independiente</p> <p>Aplicación de los derivados de la roca pumita en ladrillos de concreto.</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de la roca pumita. Dosificación de los componentes del concreto ligero. <p>Variable dependiente</p> <p>La factibilidad de uso en la construcción de losas aligeradas.</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> Densidad del ladrillo de concreto ligero. 	<p>Diseño de Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> Experimental <p>Tipo de Estudio</p> <ul style="list-style-type: none"> El tipo de investigación fue Aplicado. <p>Nivel de Investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> El nivel de investigación es Explicativo. <p>Muestra</p> <ul style="list-style-type: none"> La muestra está conformada por pruebas de mezcla de roca pumita y

<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el porcentaje adecuado de roca pumita y la relación agua-cemento para reducir la densidad del ladrillo de concreto y una resistencia adecuada? • ¿Cuál es la factibilidad económica del ladrillo fabricado con el derivado de la roca pumita en comparación al ladrillo de arcilla tradicional en la construcción de losas aligeradas? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el porcentaje adecuado de roca pumita, y la relación agua cemento que permita reducir la densidad del ladrillo de concreto y obtener una resistencia adecuada. • Determinar la factibilidad económica del ladrillo fabricado con el derivado de la roca pumita en comparación al ladrillo de arcilla tradicional en la construcción de losas aligeradas. 	<ul style="list-style-type: none"> • La dosificación adecuada de los componentes del concreto es 1: 5: 2, cemento: arena: derivados de la roca pumita. Y la resistencia a una carga lineal total es 2,4 kN. • Los costos en ladrillos con adición de los derivados de la roca pumita disminuyen hasta un 15 % en comparación del ladrillo de arcilla tradicional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia del ladrillo de concreto ligero. • Costo de ladrillo por metro cuadrado de losa aligerada. 	<p>arena fina (DP1) con dosificaciones de roca pumita en reemplazo del agregado grueso (20 %, 40 % y 60 %).</p> <p>La cantidad de la muestra total fue de 96 unidades.</p>
--	--	---	---	--