

UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

El empleo del aditivo espumante y su influencia en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en bloques huecos para albañilería no estructural

Para optar el título profesional de Ingeniero civil

Autores:

Bach. Marco Chayanne Lingan Mendoza

Bach. Lenin Alfredo Rubio Cieza

Asesor:

Dr. Nelson Enrique Huangal Castañeda

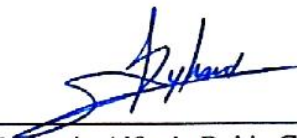
Fecha de sustentación: 23 de junio de 2026

Lambayeque, 2026

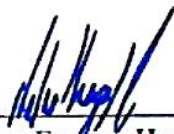
**El empleo del aditivo espumante y su influencia en las propiedades físicas y
mecánicas del concreto en bloques huecos para albañilería no estructural**



Bach. Marco Chayanne Ligan Mendoza
Autor



Bach. Lenin Alfredo Rubio Cieza
Autor



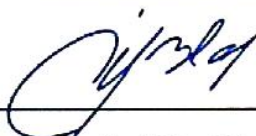
Dr. Ing. Nelson Enrique Huangal Castañeda
Asesor

Tesis presentada a la Facultad de Ingeniería Civil, Sistemas y Arquitectura, de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo para obtener el Título Profesional de INGENIERO CIVIL.

Aprobado por:



Dr. Ing. Juan Herman Farias Feijoo
Presidente del Jurado



Dra. Ing. Rocio Del Pilar Blas Rebaza
Secretaria del Jurado



Msc. Ing. Domingo Jorge Luis Dávila Vidarte
Vocal del Jurado

Lambayeque, 2026



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



ACTA DE SUSTENTACIÓN
N° 018-2026-UI-FICSA



Siendo las 11:00 am del día 23 de junio del 2026, se reunieron los miembros de jurado de la Tesis titulada: "EL EMPLEO DEL ADITIVO ESPUMANTE Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO EN BLOQUES HUECOS PARA ALBAÑILERÍA NO ESTRUCTURAL" con código N° IC_V_2025_070, y designado por Resolución Decanal N° 690-2025-UNPRG-FICSA con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis profesional antes mencionada, conformado por los siguientes docentes:

DR. ING. JUAN HERMAN FARIAS FEIJOO	PRESIDENTE
DRA. ING. ROCIO DEL PILAR BLAS REBAZA	SECRETARIO
MSC. ING. DOMINGO JORGE LUIS DAVILA VIDARTE	VOCAL

Asesorado por DR. ING. NELSON ENRIQUE HUANGAL CASTAÑEDA.

El acto de sustentación fue autorizado por OFICIO VIRTUAL N° 148-2026-UIFICSA, la tesis profesional fue presentada y sustentada por los Bachilleres: MARCO CHAYANNE LINGAN MENDOZA Y LENIN ALFREDO RUBIO CIEZA, tuvo una duración de 60 minutos Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva:

	NUMERO	LETRAS	CALIFICATIVO
MARCO CHAYANNE LINGAN MENDOZA	<u>17</u>	<u>Diecisiete</u>	<u>Bueno</u>
LENIN ALFREDO RUBIO CIEZA	<u>17</u>	<u>Diecisiete</u>	<u>Bueno</u>

Por lo que quedan APTOS para obtener el Título Profesional de INGENIERO CIVIL de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Civil De Sistemas y de Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12:00 m.; del mismo día, se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

DR. ING. JUAN HERMAN FARIAS FEIJOO
PRESIDENTE

DRA. ING. ROCIO DEL PILAR BLAS REBAZA
SECRETARIO

MSC. ING. DOMINGO JORGE LUIS DAVILA VIDARTE
VOCAL

DR. ING. NELSON ENRIQUE HUANGAL CASTAÑEDA
ASESOR

JHFF/bcm.



CONSTANCIA DE VERIFICACION DE ORIGINALIDAD

Yo, Dr. Ing. Nelson Enrique Huangal Castañeda, usuario revisor de Tesis ☒

Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ y/o Trabajo Académico ☐

Titulado: “EL EMPLEO DEL ADITIVO ESPUMANTE Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO EN BLOQUES HUECOS PARA ALBAÑILERÍA NO ESTRUCTURAL”

Cuyos autores son: Marco Chayanne Lingan Mendoza; con DNI N° 77465947 y Lenin Alfredo Rubio Cieza; con DNI N° 75612757, declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud 15%, verificables en el Resumen del Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 30 de mayo del 2026



Firma (Asesor)

Dr. Ing. Nelson Enrique Huangal Castañeda

DNI 40774977

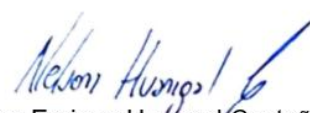
EL EMPLEO DEL ADITIVO ESPUMANTE Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO EN BLOQUES HUECOS PARA ALBAÑILERÍA NO ESTRUCTURAL

INFORME DE ORIGINALIDAD

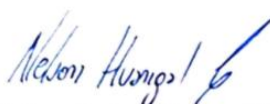
15%	15%	6%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	Jiménez Uribe, Paola Leidi. "Propuesta de un instrumento para la medición de las competencias digitales docentes en la Universidad El Bosque", Universidad El Bosque (Colombia) Publicación	<1%
9	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1%
10	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1%


Dr.Ing. Nelson Enrique Huangal Castañeda
DNI. 40774977
Asesor

11	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Tecsup Trabajo del estudiante	<1 %
13	Submitted to Instituto Tecnológico de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1 %
14	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Blackboard Trabajo del estudiante	<1 %
16	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego 2025 Trabajo del estudiante	<1 %
17	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
18	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
19	1library.org Fuente de Internet	<1 %
20	Submitted to Universidad Internacional del Ecuador Trabajo del estudiante	<1 %
21	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1 %
22	Submitted to Universidad Nacional de Cajamarca Trabajo del estudiante	<1 %
23	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	periodicos.fclar.unesp.br Fuente de Internet	<1 %



Dr.Ing. Nelson Enrique Huangal Castañeda
DNI. 40774977
Asesor

25	pt.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
26	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	<1 %
27	docplayer.biz.tr Fuente de Internet	<1 %
28	mail.imcyc.com Fuente de Internet	<1 %
29	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1 %
30	Submitted to Universidad San Jorge Trabajo del estudiante	<1 %
31	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	www.enfermeriadeportiva.com Fuente de Internet	<1 %
33	Miranda Haquehua, Estefania. "Influencia de los programas televisivos en el comportamiento violento de los niños y niñas de 04 años de la I.E.I. Katherine Navarrete Kalinoswki del centro poblado de Tambillo distrito de Urcos 2017.", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru) Publicación	<1 %
34	Submitted to Universidad San Marcos Trabajo del estudiante	<1 %



Dr.Ing. Nelson Enrique Huangal Castañeda
DNI. 40774977
Asesor

Excluir citas
Excluir bibliografía

Activo
Activo

Excluir coincidencias < 15 words



Dr.Ing. Nelson Enrique Huangal Castañeda
DNI. 40774977
Asesor



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Marco Chayanne Lingan Mendoza
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: EL EMPLEO DEL ADITIVO ESPUMANTE Y SU INFLUENCIA EN LA...
Nombre del archivo: Tesis_Lingan_Rubio.docx
Tamaño del archivo: 263.37K
Total páginas: 81
Total de palabras: 16,717
Total de caracteres: 93,407
Fecha de entrega: 30-may-2026 12:40p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2972711743

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

El empleo del aditivo espumante y su influencia en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en bloques huecos para albañilería no estructural

Para optar el título profesional de Ingeniero civil

Autores:
Bach. Marco Chayanne Lingan Mendoza
Bach. Lenin Alfredo Rubio Cieza

Asesor:
Dr. Nelson Enrique Huangal Castañeda

Fecha de sustentación: 23 de junio de 2026
Lambayeque, 2026

Dr. Ing. Nelson Enrique Huangal Castañeda
DNI. 40774977
Asesor

A Dios, en primer lugar, le ofrezco este estudio de investigación por brindarme la fuerza, el conocimiento y la constancia esencial para finalizar esta etapa de mi vida.

A mi padre Leoncio Lingan Malca y mi madre Carmela Mendoza Gosgot, por su amor sin limitaciones, por su empeño y por ser el soporte crucial en mi desarrollo personal y profesional.

A mis hermanos Lita, Ever, Felicitas, Angie y Dayanna, y mi cuñado Alex por su apoyo, comprensión y motivación.

A mi tía Giovany Mendoza Gosgot por sus enseñanzas y experiencias brindadas.

A mi hijo Marco André Lingan Adrianzén quien es mi mayor motivación y razón para seguir adelante. Que este logro sea un ejemplo de esfuerzo y dedicación para su futuro.

Por ello, entrego este trabajo como una humilde recompensa por su infinita paciencia y amor.

Marco Chayanne Lingan Mendoza

Dedico el presente trabajo de investigación y toda mi carrera universitaria, Primeramente, a Dios, por orientarme, protegerme y darme la energía que necesito para continuar cada día, afrontar las dificultades con sabiduría e inteligencia, y no rendirme ante los desafíos.

A mi padre, José Darío Rubio Bustamante, y a mi madre, María Lila Cieza Gálvez, por el apoyo incesante que me brindaron en cada etapa de mi vida, la confianza que depositaron en mí y su amor sin condiciones, lo cual hizo posible que lograra mis objetivos uno a uno. Ustedes son y siempre serán el principal motivo para superarme día a día.

A mis hermanos, Mirian, Jeiner, Marco y Jhordy, por su cariño, apoyo y motivación constante durante este importante camino profesional.

A mis tíos, Mario Rojas, Ofalia Cieza y Segundo Rubio, quienes estuvieron presentes a lo largo de mi formación universitaria, brindándome su guía y valiosos consejos.

A mis padrinos, tíos, primos y amigos, con quienes compartí cada logro y viví momentos inolvidables durante mi vida universitaria.

A todos ellos, Ofrezco este trabajo como un modesto gesto de reconocimiento por su paciencia, confianza y apoyo, que hicieron posible la culminación de esta importante meta profesional.

Lenin Alfredo Rubio Cieza

Quiero agradecer sinceramente y con profundidad a todas las personas que han colaborado y me han apoyado durante el desarrollo de la investigación actual; en particular, a mi asesor, Dr. Nelson Enrique Huangal Castañeda, por su orientación constante, valiosa experiencia y conocimientos compartidos, los cuales han sido fundamentales para lograr la culminación satisfactoria de esta tesis.

Los autores

Índice General

Resumen	xvii
Abstract.....	xviii
Introducción.....	19
I. Diseño Teórico	24
1.1 Antecedentes de la Investigación.....	24
1.2 Base Teórica.....	32
1.3 Operacionalización de Variables	36
II. Diseño Metodológico	40
2.1 Tipo de investigación.....	40
2.2 Diseño de contrastación de Hipótesis	40
2.3 Población, Muestra y Muestreo	44
2.3.1. Población.....	44
2.3.2. Muestra	45
2.4 Técnica, Instrumentos, Equipos y Materiales de Recolección de Datos ...	47
2.4.1. Técnica.....	47
2.4.2. Instrumentos.....	49
2.4.3. Equipos	50
2.4.4. Materiales.....	50
III. Resultados	52
IV. Discusión.....	71
Conclusiones.....	76

Recomendaciones	78
Referências Bibliográficas.....	79
Anexos	83

Índice de Tablas

Tabla 1 Operacionalización de variable.	39
Tabla 2 Diseño con posprueba exclusivamente y grupo de control, comprendiendo 3 grupos de control	41
Tabla 3 Cantidad de unidades para analizar su resistencia a la compresión	45
Tabla 4 Cantidad de unidades para evaluar sus propiedades físicas.	45
Tabla 5 Cantidad de prismas para analizar la resistencia a compresión de pilas.	46
Tabla 6 Cantidad de muretes para determinar su resistencia a la diagonal de los mismos.	46
Tabla 7 Análisis granulométrico del confitillo de Pacherez - Pucalá.....	52
Tabla 8 Propiedades del agregado grueso	53
Tabla 9 Diseño de mezcla por m ³	54
Tabla 10 Dosificación por saco con Aditivo espumante	54
Tabla 11 Variación del contenido de agua según dosificación.....	55
Tabla 12 Relación agua/cemento por diseño	56
Tabla 13 Incremento del aditivo espumante	56
Tabla 14 Resistencia a compresión de bloques huecos a los 7 días	57
Tabla 15 Resistencia a compresión de bloques huecos a los 14 días	58
Tabla 16 Resistencia a compresión de bloques huecos a los 28 días	59
Tabla 17 Comparación de resistencia a compresión de los bloques huecos.....	60
Tabla 18 Prueba de Shapiro-Wilk para verificar la normalidad de los datos de resistencia a la compresión en los bloques de concreto	62
Tabla 19 Prueba de homogeneidad de la varianza, en función de la media, para los valores vinculados con la resistencia a la compresión de bloques de concreto	63
Tabla 20 Prueba ANOVA unidimensional sobre los valores de resistencia a la compresión de bloques de concreto	64
Tabla 21 Prueba de Tukey, para los valores de resistencia a la compresión de bloques de	

concreto a los siete días 66

Tabla 22 Prueba de Tukey, a los resultados de la resistencia a la compresión de los

bloques de concreto, a catorce días 68

Tabla 23 Evaluación de Tukey, a los valores de la resistencia a la compresión de bloques

de concreto, después de 28 días..... 70

Índice de Figuras

Figura 1 Comparación resistencia a compresión de bloques huecos a los 7 días.....	57
Figura 2 Comparación resistencia a compresión de bloques huecos a los 14 días.....	59
Figura 3 Comparación resistencia a compresión de bloques huecos a los 28 días.....	60
Figura 4 Comparación de resistencia a compresión de los bloques huecos a diferentes edades	61

Resumen

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar la incidencia del aditivo espumante sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto empleado en la fabricación de bloques huecos destinados a albañilería no estructural. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de carácter aplicado y con diseño experimental. Se elaboraron tres mezclas con dosificaciones de 1.0, 1.5 y 2.0 kg/m³ de aditivo, evaluando su función en estado fresco y endurecido. Para el diseño de mezcla se adoptó una relación agua/cemento de 0.50, utilizando 384.26 kg/m³ de cemento, 948.92 kg/m³ de agregado y 205.84 kg/m³ de agua, verificándose condiciones adecuadas de trabajabilidad durante el proceso de elaboración. Los resultados evidenciaron un incremento del aditivo hasta 99.10% no alteró el agua (variación <0.5%) ni la relación a/c (0.533 a 0.530), manteniendo la consistencia de la mezcla. Sin embargo, en la resistencia a compresión a 28 días, se registraron valores de 43.04, 37.56 y 28.17 kg/cm² para las muestras M1, M2 y M3, respectivamente. A pesar de ello, todas las mezclas incrementaron su resistencia entre 45.9% y 50.0%, evidenciando un adecuado desarrollo del proceso de hidratación del cemento. Se concluye que el aditivo espumante reduce la resistencia, pero permite obtener un material más liviano, siendo viable en usos no estructurales.

Palabras clave: Aditivo espumante, concreto, resistencia a compresión, bloques huecos, albañilería no estructural

Abstract

The purpose of this research was to evaluate the influence of the foaming additive on the physical and mechanical properties of concrete used in the manufacture of hollow blocks for non-structural masonry. The study was conducted under a quantitative approach, with an applied nature and an experimental design. Three mixtures were prepared with additive dosages of 1.0, 1.5, and 2.0 kg/m³, assessing their performance in both fresh and hardened states. For the mix design, a water-cement ratio of 0.50 was adopted, using 384.26 kg/m³ of cement, 948.92 kg/m³ of aggregate, and 205.84 kg/m³ of water, while adequate workability conditions were verified during the manufacturing process. The results showed that increasing the additive up to 99.10% did not alter the water content (variation <0.5%) or the w/c ratio (0.533 to 0.530), maintaining the consistency of the mixture. However, for compressive strength at 28 days, values of 43.04, 37.56, and 28.17 kg/cm² were recorded for the samples M1, M2, and M3, respectively. Despite this, all mixtures increased their strength by between 45.9% and 50.0%, indicating adequate development of the cement hydration process. It is concluded that the foaming additive reduces strength but allows for a lighter material, making it viable for non-structural applications.

Keywords: Foaming additive, concrete, compressive strength, hollow blocks, non-structural masonry

Introducción

La presente investigación analiza la influencia del aditivo espumante en la fabricación de bloques huecos de concreto destinados a sistemas de albañilería no estructural, evaluando principalmente las modificaciones generadas en sus propiedades físicas y mecánicas. Actualmente, la industria de la construcción muestra una tendencia orientada hacia el empleo de materiales de menor peso volumétrico y con mejores condiciones de sostenibilidad, lo que ha impulsado la búsqueda de opciones distintas al concreto convencional que mejoren su rendimiento y ayuden a disminuir los gastos de producción. En este contexto, el estudio plantea un procedimiento experimental basado en la incorporación de distintas dosificaciones de aditivo espumante dentro de la mezcla de concreto. De esta manera, se evalúa el comportamiento del material en estado fresco, especialmente en términos de consistencia y trabajabilidad, así como sus propiedades finales relacionadas con resistencia mecánica, absorción y densidad. Con este trabajo se busca generar información técnica que contribuya a evaluar la factibilidad de emplear este tipo de aditivos en la elaboración de elementos constructivos más ligeros, sin dejar de lado su funcionalidad y desempeño en aplicaciones no estructurales.

En el Perú, la autoconstrucción es una práctica ampliamente extendida, especialmente en zonas urbanas y periurbanas, donde gran parte de las edificaciones destinadas a vivienda se levantan sin planos estructurales, sin la intervención de profesionales técnicos y sin el cumplimiento riguroso de las normativas de construcción. Esta situación conlleva a la utilización de elementos de albañilería no estructural, como bloques de concreto elaborados artesanalmente, los cuales presentan deficiencias importantes en cuanto a calidad y uniformidad. En particular, el empleo de agregados (arena y grava) sin control granulométrico ni cumplimiento de estándares técnicos influye negativamente en propiedades fundamentales del bloque, tal cual la densidad, la retención

liquida y la perdurabilidad.

El incremento del peso de las edificaciones, producto del uso de bloques de concreto de elevada densidad y baja calidad, genera un efecto contraproducente en zonas de alta sismicidad, como ocurre en buena parte del territorio peruano. Una mayor masa estructural implica un aumento de las fuerzas sísmicas que actúan sobre el edificio, lo que eleva el riesgo de colapso si los materiales no poseen la resistencia adecuada. Además, la baja capacidad resistente de los bloques artesanales, en comparación con los productos industrializados, incrementa la vulnerabilidad de las construcciones frente a movimientos sísmicos moderados o severos. Esta problemática se agrava por la informalidad en la producción y comercialización de estos bloques, así como por la falta de fiscalización en su uso dentro del proceso de autoconstrucción. Por tanto, resulta urgente evaluar alternativas que permitan optimizar las particularidades físico-aprensivas de piezas empleados en albañilería no estructural, sin incrementar el peso total de la edificación, contribuyendo así a una construcción más segura y sostenible.

Considerando las circunstancias vigentes constructivas sostenible, la búsqueda de insumos más livianos, eficientes y de menor impacto ambiental ha favorecido el avance de tecnologías innovadoras, como el concreto celular. Este tipo de concreto, caracterizado por su estructura porosa generada mediante aditivos espumantes, proporcionando beneficios en aspectos tales como la simplificación de la manipulación, el aislamiento acústico y térmico y la disminución del peso. En particular, su aplicación en bloques huecos para albañilería no estructural representa una opción factible en comparación con los materiales tradicionales, especialmente en edificaciones de bajo requerimiento resistente. Sin embargo, la incorporación de aditivos espumantes puede modificar sustancialmente las particularidades físico- carga de la mezcla, por lo que es necesario evaluar su repercusión sobre el

funcionamiento del compuesto. En tal sentido, el presente estudio se propone evaluar la influencia del aditivo espumante en la confección de componentes huecos de albañilería, con el fin de determinar su viabilidad técnica y su adecuación a las condiciones constructivas actuales.

En tal sentido en la presenta tesis se formula como problema de investigación la siguiente interrogante ¿De qué manera el empleo del aditivo espumante influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en bloques huecos para albañilería no estructural? Como respuesta a esta interrogante se establece como hipótesis que: el empleo del aditivo espumante influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en bloques huecos para albañilería no estructural.

En el ámbito teórico, el estudio se sustentó en el análisis del aditivo espumante como un elemento novedoso dentro del diseño de mezclas de concreto, evaluando su papel y comportamiento en la modificación de las propiedades del material. Teóricamente, buscó ampliar el conocimiento sobre la modificación de las propiedades físicas y mecánicas del material, aportando información valiosa para la comprensión del comportamiento del concreto celular o aireado en aplicaciones no estructurales. Además, contribuyó a la literatura científica al establecer parámetros experimentales que permitan correlacionar la dosificación del aditivo con la densidad, resistencia y trabajabilidad del concreto.

En lo práctico, el estudio tiene relevancia al proporcionar una opción viable para la elaboración de bloques huecos de albañilería no estructural, caracterizados por su menor peso y mejor capacidad aislante. Su aplicación práctica permitió optimizar recursos en obras de baja carga, mejorar la productividad durante el proceso constructivo y facilitar el transporte e instalación de los elementos prefabricados, reduciendo costos y tiempo de ejecución.

En lo tecnológico, la investigación promovió la innovación en los procesos de elaboración del concreto al incorporar el uso de aditivos espumantes, los cuales generan una estructura porosa controlada que modifica favorablemente las propiedades del material. Este enfoque tecnológico impulsó el desarrollo de materiales sostenibles, livianos y adaptados a nuevas exigencias de eficiencia energética y sustentabilidad en la construcción moderna.

En lo social, el empleo de bloques huecos elaborados con concreto modificado mediante aditivo espumante representó una alternativa accesible y ecológica para la edificación de viviendas de bajo costo. Su implementación puede contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida en áreas vulnerables, promoviendo el desarrollo urbano responsable y apoyando políticas orientadas a la vivienda digna y sostenible.

El objetivo general de la presente tesis es evaluar la influencia del empleo del aditivo espumante en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en bloques huecos para albañilería no estructural. Para lograr desarrollar el objetivo general, se formuló los siguientes objetivos específicos: elaborar el diseño de mezcla para el concreto no convencional detallando la caracterización de los agregados, estableciendo la proporción de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua, así como evaluar la consistencia de la mezcla en estado fresco; evaluar el comportamiento del concreto con diferentes dosificaciones de aditivo espumante (1.0 lt/m^3 , 1.5 lt/m^3 y 2.0 lt/m^3) en la fabricación de bloques huecos para albañilería no estructural; analizar las propiedades físicas y mecánicas de los bloques huecos fabricados con concreto convencional y con el concreto elaborado con distintos porcentajes de aditivo espumante.

La presente investigación se encuentra estructurada en cuatro capítulos principales, además de referencias bibliográficas y anexos.

En el Capítulo I se desarrolla el marco teórico, donde se presentan los estudios internacionales, nacionales y locales relacionados con el uso de concretos ligeros y aditivos espumantes en la fabricación de bloques de albañilería. Asimismo, se expone la base teórica que sustenta la investigación, abordando conceptos sobre concreto ligero, aditivos espumantes, propiedades físicas y mecánicas, y características normativas de los bloques huecos no estructurales. Además, se definen las variables de estudio y su operacionalización, así como las hipótesis generales y específicas que orientan la comprobación experimental del trabajo.

El Capítulo II comprende el desarrollo metodológico de la investigación, detallando el tipo y diseño de estudio, procedimiento experimental, población, muestra y técnicas de recolección de datos. Por último, se explica el proceso de análisis y procesamiento de la información, que posibilitó establecer el vínculo entre las diversas dosificaciones del aditivo espumante y las características mecánicas y físicas del concreto, garantizando así la fiabilidad y validez de los resultados logrados.

En el Capítulo III se presentan los resultados obtenidos a partir de la caracterización de agregados, diseño de mezcla y evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques elaborados con distintas dosificaciones de aditivo espumante.

Posteriormente, en el Capítulo IV se desarrolla la discusión técnica de los resultados, estableciendo comparaciones con investigaciones previas y analizando el comportamiento del concreto modificado en función de las variables estudiadas.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación.

I. Diseño Teórico

1.1 Antecedentes de la Investigación

Antecedentes Internacionales

Yang et al. (2020) desarrollaron una investigación orientada al uso del hormigón espumado como un material ligero y con buenas prestaciones, ampliamente empleado en la construcción. Con el objetivo de incentivar la reutilización de residuos provenientes de la demolición y obras civiles, incorporaron polvo de ladrillo de arcilla reciclado como sustitución parcial del cemento en concretos celulares. Para ello, prepararon mezclas con diferentes niveles de densidad y porcentajes de sustitución, evaluando posteriormente aspectos como la contracción por secado, la absorción de agua, las propiedades mecánicas y la estructura de poros. Los registros indicaron que el polvo de ladrillo de arcilla presenta un comportamiento similar al de los materiales cementantes suplementarios, alcanzando un índice puzolánico aproximado de 89.6%. Asimismo, su incorporación no generó cambios relevantes en la densidad seca ni en la estructura porosa del material, pero sí permitió disminuir la contracción por secado. En cuanto a la resistencia a la compresión, se evidenció que esta se mantiene e incluso puede incrementarse con porcentajes de reemplazo de hasta 15%, reduciéndose únicamente cuando se supera dicho límite. Estos efectos fueron más evidentes en mezclas de baja densidad, lo que subraya la oportunidad técnica, económica y ambiental de emplear polvo de ladrillo reciclado para fabricar hormigón celular.

Seker et al. (2022), realizaron un estudio con el propósito de analizar las propiedades de la sustancia en formación microcelular de alta ligereza con sustituto de humo con sílice y aditivo sintético para espuma. Se produjeron dos referencias diferentes y hormigones celulares sustituidos con humo de sílice con densidades de 220 y 200 kg/ m³. Se utilizó humo de sílice como material de reemplazo y su proporción en las mezclas se mantuvo constante al 5% en peso. Según los resultados del estudio, se encontró que las resistencias a la

comprensiva y los coeficientes de coeficiente térmico de las referencias y los hormigones celulares sustituidos con humo de sílice con densidades de 220 y 200 kg/m³ fueron de 0,26, 0,21 y 0,32, 0,26 Mpa a los 28 días y 0,073, 0,069 y 0,068, 0,060 W/mK, respectivamente, esta investigación evaluó el desempeño de espumas generadas a partir de dos surfactantes sintéticos distintos: el lauril sulfato de sodio y el etoxilato de nonilfenol, combinados con un aditivo llamado sal sódica de carboximetilcelulosa, para su aplicación en concreto celular. El estudio analizó propiedades clave como la densidad inicial de la espuma, su estabilidad, el tamaño promedio de burbuja y la viscosidad de la solución surfactante, mediante un diseño experimental apoyado en el método estadístico de optimización de respuestas.

Campoverde (2024) realizó una investigación con el fin de señalar que el empleo de bloques de concreto en tabiquería incrementa de manera considerable la carga muerta de las edificaciones, lo que conlleva a la necesidad de redimensionar los elementos estructurales. Ante esta situación, se planteó una investigación experimental orientada a evaluar el concreto celular como una opción más liviana. Para ello, se elaboraron mezclas con distintas densidades en estado fresco y se llevaron a cabo pruebas de resistencia a la compresión en bloques y cilindros. Los resultados evidenciaron que la densidad de 1070 kg/m³ presenta el mejor desempeño, alcanzando resistencias de hasta 2 MPa, cumpliendo así con los requisitos establecidos en normativas nacionales e internacionales para su uso en mampostería. Por otro lado, se observó que densidades menores (800 kg/m³) y mayores (1390 kg/m³) Se producen una reducción significativa de la resistencia, atribuible primordialmente a una porosidad incrementada o a una distribución inapropiada de la espuma en la mezcla. Finalmente, el estudio concluye que el concreto celular no solo cumple con las exigencias mecánicas, sino que también representa una alternativa eficiente para reducir el peso de las estructuras, logrando un adecuado balance entre costo y desempeño.

Suryanita et al. (2022) desarrollaron una investigación con el propósito de optimizar el comportamiento de los bloques de hormigón celular ligero mediante la sustitución parcial del cemento por humo de sílice. El estudio partió de la problemática asociada a la disminución de la densidad en este tipo de material, la cual, si bien contribuye a reducir el peso estructural, tiende a perjudicar su resistencia a la compresión. Para abordar esta situación, se elaboraron bloques de 10 cm de ancho, 20 cm de alto y 60 cm de largo, incorporando humo de sílice en proporciones de 0%, 0,5%, 1%, 5%, 10% y 15% en relación con el peso del cemento. Posteriormente, se llevaron a cabo distintos ensayos para analizar su desempeño, tales como resistencia a la compresión, desplazamiento, esfuerzo, deformación y módulo de elasticidad. Los resultados mostraron que la dosificación óptima correspondió al 10% de humo de sílice, logrando una resistencia de 1,03 MPa, lo que significó un aumento del 81,25% frente a la mezcla sin adiciones. Este comportamiento fue validado mediante un análisis numérico empleando el método de elementos finitos, el cual obtuvo un valor cercano de 1,06 MPa. En síntesis, se concluye que la incorporación adecuada de humo de sílice mejora considerablemente las propiedades del hormigón celular ligero, obteniéndose un material con mayor resistencia y mejor desempeño para aplicaciones en construcción.

Suryanita et al. (2021), realizaron un estudio en el que evaluaron el comportamiento del hormigón celular ligero frente a la exposición a altas temperaturas. Este material, debido a su estructura porosa y menor peso en comparación con los ladrillos tradicionales, es comúnmente utilizado en muros con el fin de reducir las cargas en las edificaciones. Para el desarrollo del ensayo, se fabricaron bloques con dimensiones de 60 cm de largo, 10 cm de ancho y 20 cm de alto. Los resultados mostraron que, luego de 40 minutos de exposición al calor, la resistencia a la compresión disminuyó hasta 0,3 MPa, lo que equivale a una reducción del 42,3% respecto a su condición inicial a temperatura ambiente. Además, se

observó un cambio en el color de la superficie hacia un tono gris negruzco y la aparición de una textura seca y agrietada, lo que afectó la densidad y el desempeño estructural del material. La investigación concluyó que, para preservar las propiedades del hormigón celular ligero después de la exposición al fuego, es recomendable aplicar una capa protectora adicional que mejore su resistencia y durabilidad.

Antecedentes Nacionales

Esquivel (2024), desarrolló una investigación con el propósito de disminuir las cargas generadas por los elementos no estructurales de una edificación, con el fin de reducir los daños potenciales ante la acción sísmica. Para ello, se llevó a cabo una evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos fabricados con concreto celular de densidad baja, en la que se empleó un aditivo espumante como agente incorporador de aire. El estudio se realizó con un enfoque cuantitativo aplicado, que empleó un diseño experimental y una perspectiva transversal. La muestra estuvo conformada por 27 probetas para definir la dosificación más adecuada y por 99 unidades de ladrillos producidos con porcentajes de espuma preformada de 8%, 11% y 13%. Los resultados mostraron que la incorporación del 13% de espuma permitió obtener una densidad de 980 kg/m^3 , con menor succión y mayor deformación, aunque sin cumplir con el límite de absorción establecido. En cuanto a la resistencia a la compresión, el valor promedio alcanzado fue de 27.42 kg/cm^2 a los 28 días; sin embargo, los ladrillos con 8% de espuma presentaron una resistencia superior, de 50.78 kg/cm^2 , cumpliendo con los requisitos de la Norma Técnica E.070 para su uso como unidades no portantes.

Cora y De la Cruz (2022), realizaron un estudio con el objetivo principal de determinar cómo afecta el empleo de una sustancia expansora en el mortero a la durabilidad comprensiva de eje sesgado y el nivel al grado de adherencia entre unidades de mampostería

y mezcla cementante en paredes. Se realizaron ensayos físicos del agregado fino (arena gruesa), conforme a normas NTP, que incluyeron determinación del gradado, liquido natural, densidad del insumo, densidad a granel y porcentaje de retención liquida. El documento preciso dentro de una determinación aplicada, de grado explicativo y modelo preexperimental factorial. En método se precisa la utilización científica, y las pruebas de resistencia se llevaron a cabo en cubos de 5 cm de lado, dando como resultado valores de 38,17 kg/cm² para el mortero convencional y 11,16 kg/cm² para el mortero con aditivo espumante. En precisión la durabilidad compresiva de eje ascendente, los muretes de juntas de mortero de 1,5 cm de grosor alcanzaron 2,87 kg/cm² con mortero convencional y solo 0,89 kg/cm² con mortero espumado. Para uniones de 2,0 cm, los valores fueron 5,88 y 1,72 kg/cm², determinadamente. En las pruebas de tracción directa, los ladrillos cruzados con mortero convencional registraron 1,71 kg/cm², mientras que aquellos con mortero espumado alcanzaron solo 0,52 kg/cm². Con un espesor de junta de 2,0 cm, los resultados fueron 2,18 kg/cm² para el mortero normal y 0,59 kg/cm² para el modificado. En conclusión, el estudio determinó que el adicionar insumos de espumante en el mortero de la mezcla no resulta favorable para aplicaciones en muros de albañilería, ya que disminuye tanto la durabilidad compresiva con el enlace dentro del mortero y los elementos de tabiquería.

Ramos (2025), realizó una investigación con el objetivo de analizar cómo las irregularidades dimensionales influyen en las particularidades de las mezclas celulares empleados en equipamientos de mampostería. El enfoque fue cuantitativo, de clase aplicada, enfoque numérico, con propósito práctico. El conjunto muestral incluyó 45 piezas básicas hechas con mezcla tradicional y otras 45 con mezcla de espuma, todos evaluados a los 28 plazos de edad. Las unidades de la mezcla celular fueron creadas utilizando moldes diferenciados (1, 2 y 3), obteniéndose resultados destacados especialmente en el molde 3. Este presentó un área de 16 678,40 mm², una masa específica de 1,514 g/cm³, un porcentaje

de vacíos porosos de 30,377 %, retención de agua de 28,84 %, durabilidad compresiva simple de 70,04 kg/cm² y resistencia compresiva volumétrica de 115,21 kg/cm². Los hallazgos permitieron concluir que la variación geométrica tiene un impacto positivo en las particularidades mecanico-físicos de las unidades de la mezcla celular utilizados en sistemas de albañilería. Se recomendó fortalecer los controles en la formulación del modelo de las mezclas, ya que la incorporación del aditivo espumoso genera la conformación burbujea que influyen directamente en la configuración interna del bloque y en su desempeño estructural.

Córdova y Flores (2021), realizó un trabajo de investigación con el propósito de realizar una examinación comparativa de las particularidades compresivas de la mezcla celular, con el fin de optimizar su diseño mediante el uso de determinados espumas y sustancias lumínicas como materiales alternativos. Entre los objetivos específicos se planteó, por un lado, evaluar el comportamiento mecánico de la mezcla celular elaborado con aditivos espumantes, y por otro, examinación de las particularidades de la mezcla celular incorporando sustancia aluminice. El estudio se enmarcó dentro de una clase cuantitativa, de rasgo aplicada y grado tecnológico. Se trabajó con un total de 42 clases de mezcla celular, determinando los 33 específicamente destinados a ensayos de durabilidad compresiva, empleando tres diseños de mezcla diferentes. Estos ensayos se realizaron a tres edades de curado: 7, 14 y 28 días. El objetivo final de este proyecto fue identificar el material más adecuado para mejorar el rendimiento del concreto celular en aplicaciones de tabiquería, priorizando el uso de insumos livianos y sostenibles. En ese contexto, se estudió el polvo de aluminio, un residuo reciclable, utilizado en proporciones del 3 %, 4 % y 5 % respecto al peso del cemento tipo I. Asimismo, se incorporó un agente espumante de tipo proteico o sintético en proporciones del 2 % en relación al volumen de agua por cada 100 litros. Los hallazgos alcanzados en determinados documentos de examinación demostraron que, tanto

el reemplazo básico de la sustancia por aditivo de aluminio como la inclusión del aditivo espumante, contribuyeron a mejorar el desempeño del concreto celular en comparación con la mezcla patrón, lo cual evidencia su potencial como alternativa más ligera y ambientalmente favorable en el ámbito de la construcción.

Rojas (2023), llevó a cabo una investigación en la que evaluó el comportamiento de bloques de concreto al incorporar vidrio triturado como material adicional, reemplazando parcialmente el agregado fino en proporciones de 20%, 30% y 40% respecto a su peso. Para analizar su rendimiento, se realizaron ensayos de resistencia a la compresión, absorción, alabeo y variación dimensional, así como pruebas de compresión axial y resistencia diagonal en pilas y muretes, empleando unidades de dimensiones estándar de $12 \times 20 \times 40$ cm. Los resultados mostraron una reducción en la absorción del material y un incremento significativo en la resistencia. A los 28 días, los bloques convencionales alcanzaron una resistencia de 61.42 kg/cm^2 , mientras que los bloques con adición de vidrio obtuvieron valores de 63.93, 69.20 y 75.28 kg/cm^2 , según el porcentaje incorporado. En cuanto a las pilas, la resistencia a la compresión axial fue de 74.87 kg/cm^2 en el concreto tradicional, aumentando a 79.61, 84.64 y 90.91 kg/cm^2 en las mezclas modificadas. Del mismo modo, los muretes con contenido de vidrio presentaron un mejor comportamiento frente a esfuerzos diagonales en comparación con los convencionales. Se concluye que la incorporación de vidrio molido como material adicional mejora tanto las propiedades físicas como mecánicas de los bloques de concreto, constituyéndose como una alternativa eficiente y sostenible para su uso en la construcción.

Antecedentes Locales

Zafra (2025), desarrolló una investigación con el objetivo de analizar las particularidades meca- física de unidades de la mezcla aligerado para muros portantes en

Lambayeque, incorporando meta caolín y aserrín calcinado como aditivos. Se evaluaron sus propiedades químicas y físicas, determinando la dosificación más adecuada para su aplicación. El estudio, de tipo cuantitativo y experimental, se realizó conforme a las normas técnicas peruanas (NTP 399.604, 399.605, 399.613 y 399.621) y determinando un total de 204 bloques. Los hallazgos mostraron que el adicionar estos materiales minimiza determinadamente la durabilidad compresiva, pero incrementa la retención líquida y minimización volumétrica, generando elementos más livianos. La durabilidad muestral patrón ($83,97 \text{ kg/cm}^2$) se redujo a $39,42 \text{ kg/cm}^2$ con una mezcla de 10 % de meta caolín y 20 % de aserrín calcinado. La retención líquida aumentó de 8,51 % a 14,53 %, y lo volumétrico disminuyó de $2286,41 \text{ kg/m}^3$ a $1898,20 \text{ kg/m}^3$. Asimismo, las pruebas de compresión axial y diagonal confirmaron una pérdida de resistencia con el incremento de aserrín. Se concluye que, aunque la combinación de estos aditivos puede aplicarse, requiere un equilibrio cuidadoso entre peso y resistencia para cumplir con las particularidades determinadas en lo normativo E.070 del RNE.

García (2022), llevó a cabo un estudio con la finalidad de examinar el accionar mecánico-físico de bloques elaborados con concreto liviano, en los cuales se incorporaron distintos porcentajes de polvo de escoria de aluminio: 3 %, 6 % y 9 % con respecto al peso del cemento. Con el diseño óptimo establecido, se procedió a fabricar bloques de concreto, evaluando su comportamiento tanto en clase fresca (grados, fluidez, masa unitaria y contención de aire), como en estado endurecido, mediante documentos de examinación (dimensionales, retención líquida, densidad seca, succión y alabeo) y mecánicos (durabilidad compresiva individual f'_b , durabilidades verticales f'_m y resistencia a corte por compresión diagonal V'_m). Los resultados permitieron concluir que los bloques con adición de escoria de aluminio pueden ser clasificados únicamente como elementos para albañilería no estructural, debido a que, si bien se logró una importante disminución en la densidad del

concreto (hasta alcanzar 1323,39 kg/m³ con 9 % de adición), esta reducción fue acompañada por una pérdida considerable en la capacidad resistente del material, con una disminución de hasta 58,26 % en la durabilidad compresiva a los 28 lapsos comparativos con determinados bloques sin adición de escoria.

1.2 Base Teórica

Concreto ligero

Cotrina (2023) sustenta que se trata de un tipo de concreto liviano, el cual se caracteriza por la inclusión de aire en su estructura. Esta inclusión se logra mediante la utilización de agentes espumantes o a través de reacciones químicas que generan la liberación de gas. Su principal ventaja es la reducción significativa de peso sin comprometer su volumen, dándole propiedades que lo hacen idóneo para la fabricación de bloques huecos destinados a elementos no estructurales. Estos bloques, al ser más ligeros que los convencionales, facilitan la manipulación en obra, reducen las cargas muertas de las edificaciones y contribuyen a mejorar el aislamiento térmico y acústico.

Aditivo espumante

“Sustancia química que se incorpora al concreto para generar burbujas de aire de forma controlada, reduciendo su densidad y mejorando propiedades como el aislamiento térmico y acústico” (Li y Zheng, 2023, p. 1296), lo cual coincide con González y Pérez (2021) quienes mencionaron que el aditivo espumante es un componente químico cuya función principal es generar una espuma estable al mezclarse con agua y aire, que luego se incorpora a la mezcla del concreto. Esta espuma forma burbujas uniformes que se distribuyen en la matriz cementicia, creando una estructura porosa. Existen dos tipos principales de aditivos espumantes: los proteicos, derivados de sustancias naturales y que generan burbujas más resistentes; y los sintéticos, de base química, que proporcionan

espumas más homogéneas y duraderas. La estabilidad y tamaño de las burbujas teniendo una incidencia directa en las particularidades del concreto, principalmente en la densidad, absorción y resistencia (p. 112),

Propiedades físicas y mecánicas del concreto ligero

Las propiedades físicas constituyen un “conjunto de características del concreto que describen su comportamiento sin modificar su composición química, como la densidad, absorción de agua, porosidad y trabajabilidad” (Murray Holladay Rd, 2007, p. 6).

Al respecto, Yang et al. (2022) mencionaron que entre las particularidades físicas más relevantes de la mezcla celular están la densidad, retención líquida, porosidad y conducción térmica. La densidad suele ser considerablemente menor que la mezcla convencional, lo cual es deseable en elementos no portantes. Sin embargo, esta reducción también puede influir negativamente en su resistencia mecánica si no se controla adecuadamente la dosificación y calidad de la espuma. La absorción de agua, por su parte, tiende a incrementarse debido a la estructura porosa, lo que puede afectar la durabilidad si no se toman medidas de protección o impermeabilización. La porosidad, aunque beneficia el aislamiento térmico y acústico, debe ser evaluada cuidadosamente para evitar comprometer la integridad del bloque.

Asimismo, las propiedades mecánicas son “Parámetros que definen cómo responde el concreto a esfuerzos externos, como la resistencia a la tracción, compresión o flexión; son fundamentales para valorar su rendimiento estructural o no estructural.” (Liu et al., 2024, p. 22).

En relación a lo indicado, la resistencia a la compresión es la particularidad mecánica óptima y crítica en el comportamiento de la mezcla de concreto ligero. Al tratarse de un insumo con aire incorporado, su capacidad resistente suele ser inferior a la del concreto convencional; no obstante, puede ser suficiente para aplicaciones en albañilería no

estructural. El tipo y proporción del aditivo espumante influyen en la cohesión de la sustancia y, por cual, en particularidad para resistir fuerzas. Además, otros factores como la grandeza y repartición porosa, el curado y la relación agua/cemento, también juegan un papel relevante en el desempeño mecánico del material (Izquierdo y Ortega, 2017, p. 23).

Bloques huecos con concreto liviano o celular

El concreto celular es un material de construcción caracterizado por su baja densidad, logrado mediante la incorporación de burbujas de aire en su estructura, lo que permite reducir la carga muerta en las edificaciones sin afectar significativamente su resistencia. Está compuesto principalmente por cemento Portland, agua, agente espumante y aire, y en muchos casos fibras, prescindiendo de agregados gruesos, los cuales son sustituidos por vacíos de aire que le confieren propiedades como aislamiento térmico, resistencia al fuego y facilidad de manejo; por ello, es ampliamente utilizado en la fabricación de bloques huecos para construcción (Canahua, 2014).

Propiedades físicas

Según Rajeeth et al. (2025) mencionaron que la variación dimensional, hace referencia a la alteración dimensional en los bloques de concreto como las modificaciones que ocurren en sus dimensiones nominales (largo, ancho y espesor) durante el proceso de fabricación y curado. Estas diferencias ocurren principalmente por la contracción de la mezcla de cemento al fraguar o por condiciones ambientales como temperatura y humedad. La normativa peruana (NTP 399.613:2018 – Bloques de concreto para muros) establece tolerancias dimensionales máximas permitidas con el fin de asegurar la uniformidad y la correcta modulación en el diseño estructural.

El autor Garrido (2019) manifiesta que el alabeo corresponde a la curvatura o irregularidad en las superficies de los bloques de concreto, expresada como concavidad o

convexidad. Este defecto ocurre generalmente por contracciones diferenciales durante el secado y curado del material. El alabeo afecta directamente la planeidad de los muros y la adherencia del mortero, pudiendo generar fisuras y pérdida de estabilidad. La NTP 399.613 exige que el alabeo no supere los 2 mm en la cara del bloque para garantizar un acabado adecuado y un óptimo desempeño estructural.

De acuerdo con Behera et al. (2025) expresaron que la densidad es la relación entre el volumen y la masa de los bloques de concreto, es un indicador fundamental de su calidad. Los bloques de densidad más alta tienen una mayor duración en condiciones ambientales difíciles y resisten mejor a la compresión, mientras que los de baja densidad tienden a ser más aislantes térmicamente. Se señala que la densidad adecuada asegura un equilibrio entre resistencia y comportamiento térmico. De acuerdo con la NTP 399.613, los bloques de concreto estructurales deben cumplir con densidades mínimas establecidas, diferenciando entre bloques macizos y huecos, en función de su uso previsto.

Según Anny et al. (2024) la absorción se define como la capacidad que tiene un bloque de concreto para incorporar y retener agua en su estructura porosa cuando se encuentra en ambientes húmedos. Este comportamiento está directamente relacionado con la porosidad del material y su capacidad de succión capilar, lo que incide en su durabilidad y en su resistencia frente a agentes agresivos como los sulfatos y cloruros. Un alto nivel de absorción puede generar la aparición de manchas y un deterioro anticipado, mientras que valores adecuados contribuyen a prolongar la vida útil del material. En el Perú, la normativa vigente (NTP 399.613 y la Norma Técnica E.070 – Albañilería) establece que el porcentaje de absorción en bloques de concreto estructurales no debe superar el 13 %, con el objetivo de evitar una excesiva porosidad.

Propiedades mecánicas

De acuerdo con Saman (2019) menciona que la resistencia a la compresión es la propiedad más importante de los bloques de concreto, ya que permite evaluar su capacidad para soportar cargas que buscan comprimirlos sin que se produzca falla o fractura. En el contexto normativo peruano, la NTP 399.613 indica que los bloques estructurales deben cumplir con una resistencia mínima de 45 kg/cm^2 a compresión, valor que puede variar según su clasificación, ya sea como bloques macizos o huecos.

Según Zade et al. (2021) mencionan que, al medir la resistencia en pilas, es posible analizar cómo se comportan bloques de concreto apilados y unidos con mortero, lo cual reproduce las condiciones reales de una pared. Este ensayo muestra la interacción entre bloques y juntas de mortero, a diferencia de la compresión simple en unidades aisladas. Según la Norma Técnica E.070, las pilas de bloques deben demostrar una resistencia axial mínima equivalente al 60 % de la resistencia unitaria de los bloques, lo cual asegura que el conjunto mantenga un desempeño adecuado en condiciones de carga.

De acuerdo a San Bartolomé y Wilson (2018) mencionaron que la resistencia a la compresión diagonal resulta crítica para garantizar la estabilidad estructural frente a cargas laterales. La Norma Técnica Peruana E.070 y la Norma de Albañilería E.080 establecen un valor mínimo de 0.25 MPa para garantizar un comportamiento adecuado frente a esfuerzos.

1.3 Operacionalización de Variables

Variable independiente: Aditivo espumante

Definición conceptual.

“Sustancia química que se incorpora al concreto para generar burbujas de aire de forma controlada, reduciendo su densidad y mejorando propiedades como el aislamiento térmico y acústico” (Li y Zheng, 2023, p. 1296).

Definición operativa.

Se refiere al componente incorporado en la mezcla de concreto con el propósito de generar una estructura celular mediante la formación de burbujas de aire.

Variable dependiente: Propiedades físicas y mecánicas del concreto en bloques huecos para albañilería no estructural.

Definición conceptual.

“Conjunto de características del concreto que describen su comportamiento sin modificar su composición química, como la densidad, absorción de agua, porosidad y trabajabilidad” (Murray, 2007, p. 6).

“Parámetros que definen cómo responde el concreto a esfuerzos externos, como la resistencia a la tracción, compresión o flexión; son fundamentales para valorar su rendimiento estructural o no estructural.” (Liu et al., 2024, p. 22).

Definición operativa.

Hace referencia a las características que presenta el concreto como resultado de la inclusión del aditivo espumante. Entre las propiedades físicas se consideran la densidad, absorción de agua y porosidad; mientras que las propiedades mecánicas comprenden principalmente la resistencia a la compresión.

En la Tabla 1 se presenta la forma en que se han definido y medido las variables del estudio: el “aditivo espumante” y las “propiedades físicas y mecánicas del concreto aplicado a bloques huecos para albañilería no estructural”.

La variable independiente, denominada “aditivo espumante”, se estudia a través de dos dimensiones: el diseño de mezcla del concreto tradicional y el diseño de mezcla que incluye diversos porcentajes de este aditivo. Por otro lado, se examina la variable

dependiente, que hace referencia a las "propiedades mecánicas y físicas de los bloques huecos de concreto", considerando sus propiedades mecánicas y sus características físicas.

Además, para ambas variables se cuenta con indicadores, unidades de medida e instrumentos respectivos:

Tabla 1

Operacionalización de variable.

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición	Instrumento
Variable independiente: Aditivo espumante	“Sustancia química que se incorpora al concreto para generar burbujas de aire de forma controlada, reduciendo su densidad y mejorando propiedades como el aislamiento térmico y acústico” (Li y Zheng, 2023, p. 1296).	Se refiere al componente incorporado en la mezcla de concreto con el propósito de generar una estructura celular mediante la formación de burbujas de aire.	Diseño de mezcla de concreto convencional	Caracterización de los agregados	Razón	Ficha de registro para los ensayos de laboratorio Documentación técnica- normativa Reporte de procesamiento y análisis de datos mediante software
				Proporción de: Cemento, agregado fino, agregado grueso y agua		
				Consistencia de la mezcla en estado fresco		
			Diseño de mezcla de concreto con porcentaje del aditivo espumante	Dosificación de aditivo (1.0 lt/m³)		
				Dosificación de aditivo (1.5 lt/m³)		
				Dosificación de aditivo (2.0 lt/m³)		
Variable dependiente: Propiedades físicas y mecánicas del concreto en bloques huecos para albañilería no estructural.	“Conjunto de características del concreto que describen su comportamiento sin modificar su composición química, como la densidad, absorción de agua, porosidad y trabajabilidad” (Murray, 2007, p. 6). “Parámetros que definen cómo responde el concreto a esfuerzos externos, como la resistencia a la tracción, compresión o flexión; son fundamentales para valorar su rendimiento estructural o no estructural.” (Liu et al., 2024, p. 22).	Se refiere a las propiedades que el concreto muestra como consecuencia de la incorporación del aditivo espumante. Las propiedades físicas incluyen la porosidad, la densidad y la absorción de agua; las propiedades mecánicas se refieren sobre todo a la resistencia a la compresión.	Propiedades físicas	Variación dimensional	Razón	Ficha de registro para los ensayos de laboratorio Documentación técnica- normativa Reporte de procesamiento y análisis de datos mediante software
				Alabeo		
				Densidad		
				Absorción		
			Propiedades mecánicas	Resistencia a compresión de los bloques a 7,14 y 28 días		
				Resistencia a compresión de pilas a 28 días		
				Resistencia a diagonal de muretes a 28 días.		

II. Diseño Metodológico

2.1 Tipo de investigación

La investigación fue de tipo aplicada porque estuvo enfocada en brindar respuestas específicas a problemas reales, lo que posibilitó el uso inmediato de sus resultados en el mundo real (Cabezas et al., 2018).

El enfoque de la investigación fue cuantitativo porque se basó en la recopilación y el análisis de datos numéricos que posibilitaron la medición y evaluación objetiva de las variables implicadas (Cabezas et al., 2018).

2.2 Diseño de contrastación de Hipótesis

Diseño de la investigación

El diseño de la investigación, según Cabezas et al. (2018), constituye el plan general que orienta el desarrollo del estudio con la finalidad de responder las interrogantes planteadas o comprobar las hipótesis formuladas. Asimismo, Hernández y Mendoza (2018) señalan que los diseños experimentales se emplean cuando el investigador busca determinar el efecto que produce la manipulación de una variable independiente sobre una variable dependiente.

En este contexto, el estudio actual es un diseño experimental porque examina cómo el aditivo espumante afecta las características físicas y mecánicas del concreto que se emplea en bloques huecos para la albañilería no estructural. La variable independiente está representada por la dosificación del aditivo espumante, mientras que las variables dependientes corresponden a las propiedades físicas y mecánicas evaluadas, tales como la resistencia a la compresión, densidad y absorción del concreto.

La investigación contempla un grupo de control y tres grupos experimentales. El grupo de control está conformado por especímenes elaborados sin adición de aditivo

espumante, mientras que los grupos experimentales consideran dosificaciones de 0.5 lt/m³, 1.5 lt/m³ y 3.0 lt/m³ de aditivo espumante incorporado en la mezcla de concreto.

Por consiguiente, el diseño experimental permite establecer la relación causa-efecto entre el empleo del aditivo espumante y las variaciones producidas en las propiedades físicas y mecánicas del concreto empleado en bloques huecos para albañilería no estructural.

En concordancia con Hernández y Mendoza (2018), el diseño con posprueba únicamente y grupo de control puede incluir varios grupos experimentales, permitiendo comparar diferentes niveles de manipulación de la variable independiente.

Tabla 2

Diseño con posprueba exclusivamente y grupo de control, comprendiendo 3 grupos de control

Grupo	Tratamiento experimental	Posprueba
GC	-	O1
GE1	X1	O2
GE2	X2	O3
GE3	X3	O4

Nota. El diseño experimental se implementará durante 7, 14 y 28 días, en los que las probetas estarán saturadas con agua.

Lo detallado en la tabla 2, representa:

GC: Grupo de control conformado por especímenes elaborados sin aditivo espumante.

GE: Grupos experimentales conformados por especímenes elaborados con aditivo espumante.

X1: Dosificación de 0.5 lt/m³ de aditivo espumante.

X2: Dosificación de 1.5 lt/m³ de aditivo espumante.

X3: Dosificación de 3.0 lt/m³ de aditivo espumante.

O1, O2, O3 y O4: Medición de las propiedades físicas y mecánicas del concreto, tales como resistencia a la compresión, densidad y absorción.

Constaste de hipótesis

El contraste de hipótesis constituye un procedimiento estadístico que permite determinar si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos de los grupos evaluados. Para ello, se comparan las medias obtenidas en el grupo de control y en los grupos experimentales, con la finalidad de establecer la influencia del aditivo espumante sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

Para el análisis estadístico se empleará un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, equivalente a un 95% de confianza.

Prueba de bondad de ajuste (normalidad)

Se utilizará la prueba de Shapiro-Wilk para comprobar si los datos tienen una distribución normal, porque el tamaño de las muestras por grupo es inferior a 30 especímenes.

Hipótesis estadística

H0: Los datos de las resistencias a la compresión del concreto, tanto del grupo experimental como del grupo control, no presentan una distribución normal

HA: La información adquirida de las resistencias a la compresión del concreto, tanto del grupo experimental como del grupo de control, no corresponde a una distribución normal.

Nivel de significancia: $\alpha = 5\% = 0.05$

Si $p\text{-valor} \geq 0.05$, no se rechaza H_0 .

Si $p\text{-valor} < 0.05$, se rechaza H_0 .

Prueba de homogeneidad de varianzas

Para verificar la igualdad de varianzas entre los grupos evaluados, se aplicará la prueba de Levene.

Hipótesis estadística

H_0 : Entre las varianzas de los cuatro grupos no hay diferencias relevantes

H_A : Las varianzas de al menos dos grupos son notablemente distintas

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Si $p\text{-valor} \geq 0.05$, no se rechaza H_0 .

Si $p\text{-valor} < 0.05$, se rechaza H_0 .

Prueba ANOVA

Para comprobar si hay diferencias notables entre las medias de los grupos analizados, se llevará a cabo un análisis de varianza (ANOVA) de un factor.

Hipótesis estadística

H_0 : Las medias de las propiedades físicas y mecánicas del concreto son iguales entre el grupo de control y los grupos experimentales.

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

H_A : Las medias de las resistencias a la compresión del concreto de los tres grupos experimentales y del grupo control no son equivalentes $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$.

Nivel de significancia: $\alpha = 5\% = 0.05$

Si $p\text{-valor} \geq 0.05$, no se rechaza H_0 .

Si $p\text{-valor} < 0.05$, se rechaza H_0 .

Donde:

μ_1 : Media del grupo de control.

μ_2 : Media del grupo experimental con 0.5 lt/m³.

μ_3 : Media del grupo experimental con 1.5 lt/m³.

μ_4 : Media del grupo experimental con 3.0 lt/m³.

Pruebas post hoc

Si se hallan diferencias importantes con la prueba ANOVA, se utilizará la prueba post hoc de Tukey para determinar entre cuáles grupos están presentes esas diferencias estadísticas.

Nivel de significancia: $\alpha = 5\% = 0.05$

Si $p\text{-valor} \geq 0.05$, no se rechaza H_0 .

Si $p\text{-valor} < 0.05$, se rechaza H_0 .

2.3 Población, Muestra y Muestreo

2.3.1. Población

Los bloques huecos para albañilería no estructural se elaboraron en la actual investigación con aditivo espumante y bajo condiciones de laboratorio controladas. Esta población comprendió las mezclas de concreto diseñadas con diferentes dosificaciones del aditivo espumante, considerando los parámetros establecidos en el estudio para evaluar su comportamiento físico y mecánico.

2.3.2. Muestra

La muestra se compuso de 60 bloques de concreto ligero elaborados mediante la incorporación de aditivo espumante, destinados a la evaluación del comportamiento físico y mecánico. La fabricación de los especímenes se realizó aplicando distintas concentraciones de aditivo espumante en la mezcla, estableciéndose dosificaciones de 1.0 l/m³, 1.5 l/m³ y 2.0 l/m³.

La cantidad de muestras se estableció de acuerdo a las especificaciones técnicas incluidas en la normativa peruana correspondiente a las unidades de albañilería hechas con concreto. En ese contexto, se empleó la NTP 399.604, correspondiente a los métodos de muestreo y evaluación de unidades de concreto; como se describe en las tablas 3 y 4.

Tabla 3

Cantidad de unidades para analizar su resistencia a la compresión

Diseño de mezcla de concreto	Tiempo a ensayar		
	7 días	14 días	28 días
Con 1.00 lt/m ³ de aditivo espumante	3	3	3
Con 1.50 lt/m ³ de aditivo espumante	3	3	3
Con 2.00 lt/m ³ de aditivo espumante	3	3	3

Nota. Valores obtenidos de la NTP 399.604.

Tabla 4

Cantidad de unidades para evaluar sus propiedades físicas.

Diseño de mezcla de concreto	Ensayo			
	Variación dimensional	Alabeo	Densidad	Absorción
Con 1.00 lt/m ³ de aditivo espumante	3	3	3	3
Con 1.50 lt/m ³ de aditivo espumante	3	3	3	3
Con 2.00 lt/m ³ de aditivo espumante	3	3	3	3

Nota. Valores obtenidos de la NTP 399.604.

Además, se tuvieron en cuenta las pautas técnicas definidas en la NTP 399.605 y en la NTP 399.621, que describen el método para determinar la resistencia a compresión de prismas de albañilería y el ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería, respectivamente. Las tablas 5 y 6 presentan esta información. Aunque estas disposiciones están principalmente enfocadas en la evaluación de unidades de albañilería estructural, en este estudio se emplearon a modo de referencia para analizar el comportamiento físico-mecánico de bloques de concretos fabricados con un aditivo espumante que se utilizan en componentes no estructurales de albañilería.

Tabla 5

Cantidad de prismas para analizar la resistencia a compresión de pilas.

Diseño de mezcla de concreto	Tiempo a ensayar
	28 días
Con 1.00 lt/m ³ de aditivo espumante	1
Con 1.50 lt/m ³ de aditivo espumante	1
Con 2.00 lt/m ³ de aditivo espumante	1

Nota. Valores obtenidos de la NTP 399.605.

Tabla 6

Cantidad de muretes para determinar su resistencia a la diagonal de los mismos.

Diseño de mezcla de concreto	Tiempo a ensayar
	28 días
Con 1.00 lt/m ³ de aditivo espumante	1
Con 1.50 lt/m ³ de aditivo espumante	1
Con 2.00 lt/m ³ de aditivo espumante	1

Nota. Valores obtenidos de la NTP 399.621.

Finalmente, para aumentar la fiabilidad de los resultados obtenidos en los experimentos y asegurar una adecuada representatividad estadística, se ensayaron múltiples especímenes por cada dosificación estudiada.

2.4 Técnica, Instrumentos, Equipos y Materiales de Recolección de Datos

Técnica e instrumentos

2.4.1. Técnica

La técnica de investigación, según lo expuesto por Medina et al. (2023), se entiende como un conjunto de procedimientos específicos orientados a recolectar y analizar información dentro de un enfoque metodológico. Estas técnicas pueden incluir encuestas, entrevistas, observación y experimentación, entre otras alternativas (p. 13).

Esta investigación se realizó a través de una serie ordenada de pruebas experimentales en el laboratorio, con la finalidad de examinar cómo afecta el aditivo espumante las características físicas y mecánicas del concreto celular que se empleó para fabricar bloques huecos destinados a la albañilería no estructural (Ver anexo 01).

En una etapa inicial, se realizó la caracterización de los materiales que conforman la mezcla de concreto, entre ellos el agua, el confitillo y el cemento. En particular, se realizaron pruebas de granulometría, humedad, absorción y peso específico en el confitillo para verificar que satisface los requisitos técnicos necesarios para su utilización. Luego, se diseñaron las mezclas de concreto, que incluyeron una mezcla de referencia sin aditivo espumante y tres mezclas más con diferentes dosificaciones. Esta variación posibilitó la comparación de los resultados y el análisis del impacto que tiene el aditivo en el comportamiento del material.

Posteriormente, se realizó la generación de la espuma, procurando obtener una estructura uniforme y estable. Dicha espuma fue incorporada a la mezcla de concreto, cuidando que el proceso de mezclado no altere la estabilidad de las burbujas de aire formadas. Una vez obtenida la mezcla, esta fue colocada en moldes metálicos de dimensiones normalizadas para la elaboración de bloques huecos. Durante el proceso de

moldeo se aplicó una compactación ligera, con el propósito de evitar la pérdida del aire incorporado. Luego del vaciado, los especímenes fueron desmoldados después de 24 horas y sometidos a un proceso de curado, el cual se llevó a cabo mediante inmersión o aspersión, durante periodos de 7, 14 y 28 días, garantizando condiciones adecuadas para el desarrollo de sus propiedades. Cumplidos los tiempos de curado, se procedió a la ejecución de los ensayos correspondientes.

Asimismo, se efectuó el procesamiento y análisis de datos a través de la recolección de resultados extraídos de los ensayos que se han hecho en concreto endurecido. Las cifras que se han registrado, como la densidad, la absorción y la resistencia a la compresión, se organizaron en gráficos y tablas comparativas con el objetivo de discernir las diferencias provocadas por las distintas dosificaciones del aditivo espumante. Posteriormente, se aplicó un análisis estadístico descriptivo que permitió interpretar el comportamiento de las muestras y determinar tendencias o patrones en los resultados. Finalmente, la información procesada se contrastó con los objetivos planteados, evaluando la influencia real del aditivo espumante sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

Diseño y elaboración de las mezclas de concreto

El proceso se inicia con el diseño de mezclas siguiendo los lineamientos del comité ACI 211, adaptado para concretos con aire incorporado. Se estableció una "mezcla patrón" (0% aditivo) y mezclas experimentales con diferentes porcentajes de aditivo espumante. El mezclado se realizó en seco inicialmente para homogeneizar el cemento y la arena, para luego incorporar el agua y, finalmente, el aditivo espumante previamente activado (espuma preformada).

Producción de la espuma y dosificación del aditivo

Para la obtención de la estructura celular, el aditivo espumante fue procesado mediante un equipo generador de espuma, garantizando burbujas estables y uniformes. Como señala la norma ASTM C869, la espuma debe poseer una densidad específica para asegurar que no colapse durante el fraguado. Se registró el volumen de espuma añadido por metro cúbico para determinar la relación entre la cantidad de aditivo y la densidad final del bloque.

Moldeo y curado de los bloques huecos

Una vez obtenida la mezcla con la consistencia adecuada, se procedió al vaciado en moldes metálicos normalizados para bloques huecos. El proceso de compactación fue ligero para evitar la expulsión del aire incorporado. Los bloques fueron desmoldados tras 24 horas y sometidos a un proceso de curado por inmersión o aspersión según la NTP 339.033, con el fin de garantizar la hidratación completa del cemento.

Ensayos de resistencia y propiedades físicas

Se llevaron a cabo pruebas de resistencia a la compresión conforme a la norma NTP 399.604 para determinar la calidad de los bloques. El promedio de resistencia de la muestra se obtuvo mediante el uso de la media aritmética. También se calculó el coeficiente de variación y la desviación estándar para evaluar cómo se dispersan los datos. Para determinar el rango de valores esperados para la población de bloques, se usará el intervalo de confianza del 95% para los medios (Molina, 2013).

2.4.2. Instrumentos

Los instrumentos son las herramientas que permiten registrar los datos de los ensayos. Se utilizarán:

- Fichas de registro granulométrico. Para anotar los resultados del tamizado de la arena (NTP 400.012).
- Protocolos de rotura a compresión. Formatos donde se consignará la carga máxima de falla y el cálculo de la resistencia en MPa o kg/cm².
- Fichas de control de densidad y absorción. Basadas en la NTP 339.601 para concretos celulares.

2.4.3. Equipos

Durante el desarrollo de la investigación se utilizarán los siguientes equipos:

- Máquina universal de ensayos que determinó la resistencia a la compresión de los bloques huecos a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días), según las normas técnicas aplicables.
- Balanza electrónica de precisión para obtener el peso exacto de los especímenes antes y después de los ensayos de absorción.
- Horno de secado que se utilizó para eliminar la humedad de las muestras y calcular la absorción de agua con mayor exactitud.
- Recipientes volumétricos y probetas medidoras necesarios para el cálculo del volumen y la densidad del concreto celular.
- Computadora portátil destinada al procesamiento de datos, elaboración de informes, y gestión de la información experimental.
- Cámara digital que posibilitó la documentación visual de todo el proceso experimental, desde la fabricación de las mezclas hasta la realización de los experimentos.

2.4.4. Materiales

Materiales de campo y gabinete:

- Cemento Portland Tipo I (marca Inka), conforme a la NTP 334.009, como material aglomerante principal en la elaboración del concreto.
- Arena gruesa limpia, que se caracterizó previamente mediante ensayos de granulometría, absorción, peso específico, peso unitario y contenido de humedad, de acuerdo con las NTP correspondientes.
- Agua potable, en condiciones adecuadas para mezclas de concreto, conforme a la NTP 339.127.
- Aditivo espumante (proteico o sintético), que se incorporó en proporciones definidas respecto al volumen de agua de mezcla, con la finalidad de generar burbujas de aire estables que formen la estructura celular del concreto.
- Moldes metálicos para la fabricación de bloques huecos, con dimensiones normalizadas, los cuales permitió reproducir condiciones reales de elementos constructivos para tabiquería no estructural.
- Herramientas auxiliares de obra como paletas, baldes, reglas, recipientes de mezcla, bandejas, guinchas y cepillos, que facilitaron las actividades de mezclado.

III. Resultados

3.1. En el marco del objetivo de elaborar el diseño de mezcla para este tipo de concreto, se realizó la caracterización de los agregados, estableciendo la proporción de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua, así como la evaluación de la consistencia de la mezcla en estado fresco. El agregado grueso utilizado correspondió al confitillo procedente de la cantera Pacherez - Pucalá, el cual fue seleccionado por cumplir adecuadamente con las especificaciones granulométricas requeridas para la elaboración del concreto no convencional. Asimismo, este material fue sometido a un análisis granulométrico por tamizado, como se detalla en la tabla 7, con el propósito de verificar la distribución de tamaños de sus partículas.

Tabla 7

Análisis granulométrico del confitillo de Pacherez - Pucalá

Tamiz		Peso	Retenido (%)		% Que	Especificaciones	
pulg.	mm.	Retenido	Total	Acumulado	Pasa	Mínimo	Máximo
2"	50.00				100.00		
1 1/2"	38.00				100.00		
1"	25.00				100.00		
3/4"	19.00				100.00		
1/2"	12.50				100.00	100.00	100.00
3/8"	9.52	9.20	0.18	0.20	99.80	90.00	100.00
1/4"	6.25	272.10	5.44	5.64	94.36	90.00	100.00
Nº 4	4.75	2147.60	42.95	48.59	51.41	20.00	55.00
Nº 8	2.36	2441.00	48.82	97.41	2.59	5.00	30.00
Nº 16	1.18	119.90	2.40	99.80	0.20	0.00	10.00
Paltillo		10.20	0.20	100.00	0.00	0.00	5.00
Tamaño Máximo			3/8"	Tamaño Máximo Nominal		1/4"	

En la tabla 7 se evidencia que el confitillo presenta una gradación adecuada, con un 99.80% y 94.36% de material pasante en los tamices de 3/8" y 1/4", respectivamente, y un

51.41% en el tamiz N° 4, valores que se encuentran dentro de los rangos normativos; no obstante, se registra un 2.59% en el tamiz N° 8, ligeramente por debajo del mínimo requerido (5%), lo que indica una leve deficiencia de finos, sin afectar significativamente la continuidad de la curva ni la idoneidad del material para su uso en concreto celular.

Tabla 8

Propiedades del agregado grueso

Material	Peso específico (g/cc)	Módulo de fineza	Humedad Natural (%)	Absorción (%)	P. Unitario S. (Kg/m ³)	P. Unitario C. (Kg/m ³)
Cemento Pacasmayo Tipo I	3.12					
Agregado Grueso - Confitillo	2.59	-	0.35	1.8	1230	1430

En la tabla 8 muestra que el agregado grueso presenta un peso específico de 2.59 g/cm³, valor típico de materiales pétreos naturales, lo que indica una adecuada densidad para la elaboración de concreto.

El contenido de humedad natural es de 0.35%, lo que representa un valor bajo, permitiendo un mejor control de la cantidad de agua efectiva en la mezcla. Por otro lado, la absorción es de 1.8%, indicando que el agregado tiene una capacidad moderada de retener agua, aspecto que debe ser considerado en el diseño de mezcla.

En cuanto al peso unitario, se registran valores de 1230 kg/m³ en estado suelto y 1430 kg/m³ en estado compactado, evidenciando una buena capacidad de acomodamiento de las partículas, lo cual contribuye a una mayor densificación del concreto.

Tabla 9*Diseño de mezcla por m³*

Material	Cantidad
Cemento	384.26 kg/m ³
Agua	205.84 kg/m ³
Agregado	948.92 kg/m ³
Relación a/c	0.5

En la tabla 9, el diseño de mezcla establece una proporción de 384.26 kg/m³ de cemento, 205.84 kg/m³ de agua y 948.92 kg/m³ de agregado, con una relación agua/cemento de 0.5. Este valor de relación a/c indica un equilibrio adecuado entre trabajabilidad y resistencia, permitiendo obtener una mezcla con suficiente fluidez sin comprometer sus propiedades mecánicas. Asimismo, la proporción de agregado representa el 61.6% del total de la mezcla, lo cual es coherente con la necesidad de generar un concreto ligero con estructura celular.

Tabla 10*Dosificación por saco con Aditivo espumante*

Diseño	Cemento (kg)	Agregado (kg)	Agua (L)	Aditivo (kg)	Aditivo (kg/m³)
M1	42.50	104.95	22.66	0.111	1.0
M2	42.50	104.95	22.6	0.166	1.5
M3	42.50	104.95	22.55	0.221	2.0

En la tabla 10 muestra que la dosificación base de materiales (cemento, agregado y agua) se mantiene constante en los tres diseños, variando únicamente la cantidad de aditivo espumante. El contenido de aditivo incrementa progresivamente de 1.0 a 2.0 kg/m³, mientras

que el agua presenta una ligera reducción de 22.66 L a 22.55 L, lo cual permite compensar el efecto del aditivo en la mezcla.

Asimismo, el diseño de mezcla establecido, con una relación agua/cemento de 0.5 y una proporción de agregado predominante (948.92 kg/m³).

Por otro lado, la dosificación del aditivo espumante fue planteada de manera progresiva y controlada (1.0, 1.5 y 2.0 kg/m³), manteniendo constantes las demás variables del diseño, lo que permite aislar y evaluar de forma precisa su influencia en el comportamiento del concreto.

3.2. A partir del diseño de mezcla previamente establecido, se evaluó el comportamiento del concreto en estado fresco considerando diferentes dosificaciones de aditivo espumante (1.0, 1.5 y 2.0 kg/m³), manteniendo constantes las demás variables del diseño.

Tabla 11

Variación del contenido de agua según dosificación

Diseño	Aditivo (kg/m ³)	Agua (L)	Variación (%)
M1	1.0	22.66	0.00%
M2	1.5	22.6	-0.26%
M3	2.0	22.55	-0.49%

La tabla 11 muestra que el contenido de agua presenta una reducción leve y progresiva, pasando de 22.66 L en M1 a 22.55 L en M3, lo que representa una variación máxima de -0.49%; esta diferencia, menor al 0.5%, evidencia que el ajuste en el agua es prácticamente insignificante, manteniéndose estable pese al incremento del aditivo espumante.

Tabla 12*Relación agua/cemento por diseño*

Diseño	Agua (L)	Cemento (kg)	Relación a/c
M1	22.66	42.50	0.533
M2	22.6	42.50	0.532
M3	22.55	42.50	0.53

En la tabla 12 muestra que la relación agua/cemento se mantiene prácticamente constante, con valores que varían ligeramente de 0.533 a 0.530, registrando una diferencia total de 0.003, lo que confirma que no existen cambios relevantes en la proporción de la mezcla y que esta variable no influye en las variaciones del comportamiento del concreto.

Tabla 13*Incremento del aditivo espumante*

Diseño	Aditivo (kg)	Incremento (%)
M1	0.111	0.00%
M2	0.166	49.55%
M3	0.221	99.10%

En la tabla 13 muestra que el contenido de aditivo espumante presenta un incremento significativo, pasando de 0.111 kg a 0.221 kg, lo que equivale a un aumento de hasta 99.10%, evidenciando una tendencia claramente creciente y controlada en su dosificación entre los diferentes diseños de mezcla.

Los resultados muestran que el comportamiento del concreto está directamente condicionado por la dosificación del aditivo espumante, la cual se incrementa significativamente hasta en 99.10%, mientras que el contenido de agua presenta una

variación mínima menor al 0.5% y la relación agua/cemento se mantiene prácticamente constante, con una diferencia de apenas 0.003.

3.3. Los valores obtenidos de las propiedades físicas de los bloques huecos, tanto para el concreto convencional como para las mezclas con diferentes porcentajes de aditivo espumante, se presentan en la tabla 14.

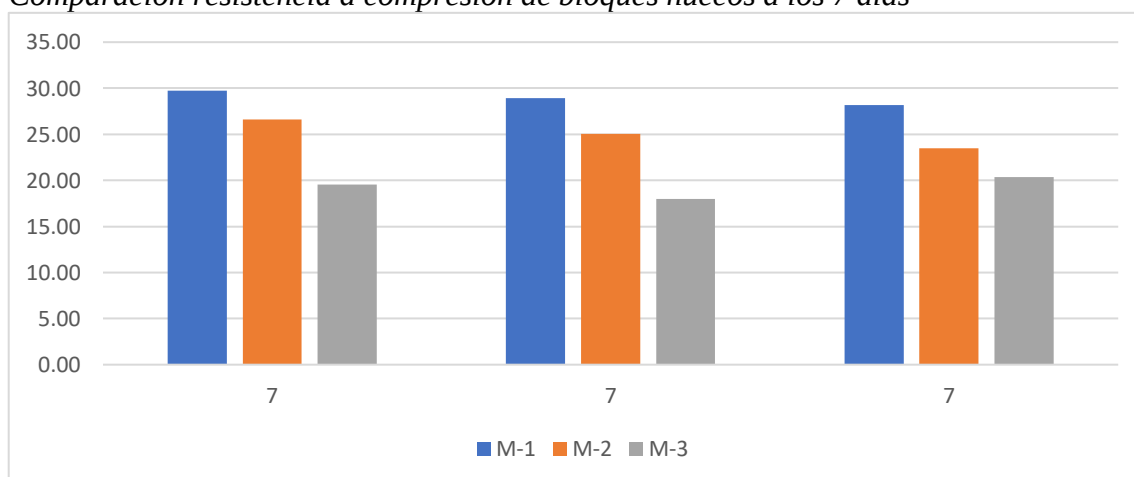
Tabla 14

Resistencia a compresión de bloques huecos a los 7 días

Diseño	Espécimen	Día	Cantidad de Aditivo	Resistencia (Kg/cm ²)
M-1	Bloque-1	7	1.00	29.74
	Bloque-2			28.95
	Bloque-3			28.17
M-2	Bloque-1	7	1.50	26.61
	Bloque-2			25.04
	Bloque-3			23.48
M-3	Bloque-1	7	2.00	19.56
	Bloque-2			18.00
	Bloque-3			20.35

Figura 1

Comparación resistencia a compresión de bloques huecos a los 7 días



En la figura 1 se evidencia que, a los 7 días de curado, la resistencia a la compresión disminuye de manera gradual a medida que se incrementa la dosificación del aditivo espumante. La mezcla M1, con 1.0 kg/m³, presentó el mayor valor promedio de 28.95 kg/cm², destacándose como la más resistente en esta etapa inicial. En cambio, la mezcla M2 alcanzó una resistencia de 25.04 kg/cm², lo que implica una reducción aproximada del 13.5% en relación con M1. Esta disminución es más pronunciada en la mezcla M3, que obtuvo 19.30 kg/cm², reflejando una caída del 33.3% respecto a la mezcla con menor dosificación. En conjunto, estos resultados sugieren que el aumento del aditivo espumante influye negativamente en la resistencia a edades tempranas, debido a la generación de vacíos dentro de la matriz del concreto.

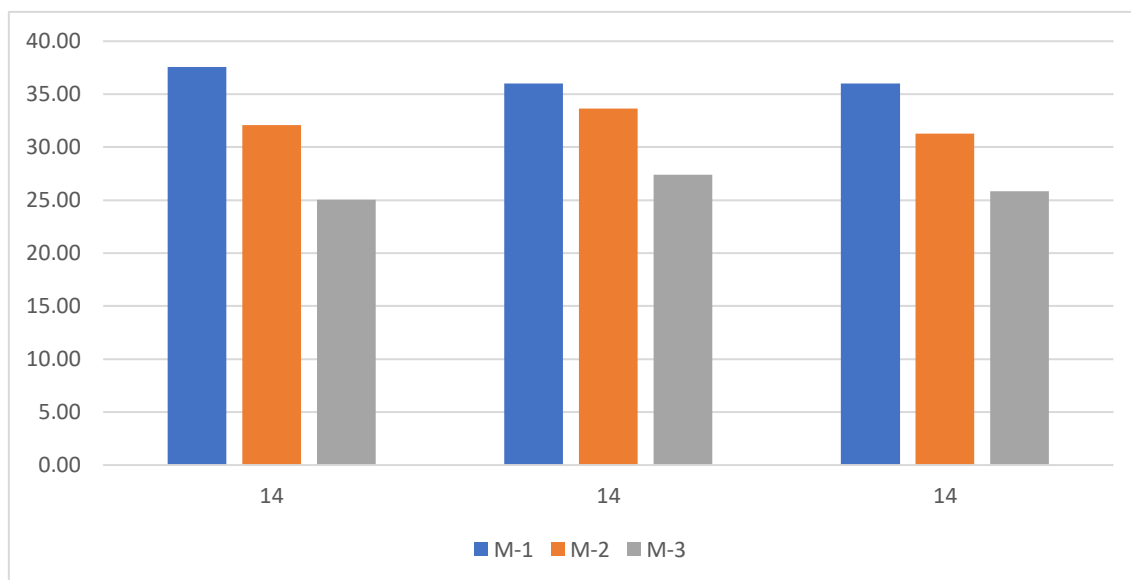
Tabla 15

Resistencia a compresión de bloques huecos a los 14 días

Diseño	Espécimen	Día	Cantidad de Aditivo	Resistencia (Kg/cm2)
M-1	Bloque-1	14	1.00	37.56
	Bloque-2			36.00
	Bloque-3			36.00
M-2	Bloque-1	14	1.50	32.09
	Bloque-2			33.65
	Bloque-3			31.30
M-3	Bloque-1	14	2.00	25.04
	Bloque-2			27.39
	Bloque-3			25.82

Figura 2

Comparación resistencia a compresión de bloques huecos a los 14 días



En la figura 2 se evidencia que, a los 14 días de curado, todas las mezclas incrementan su resistencia a la compresión en comparación con los resultados a los 7 días. La mezcla M1 alcanza un valor promedio de 36.52 kg/cm², mientras que la mezcla M2 registra 32.35 kg/cm², lo que representa una disminución al 11.4%. Por su parte, la mezcla M3 obtiene una resistencia de 26.08 kg/cm², evidenciando una reducción del 28.6% respecto a M1.

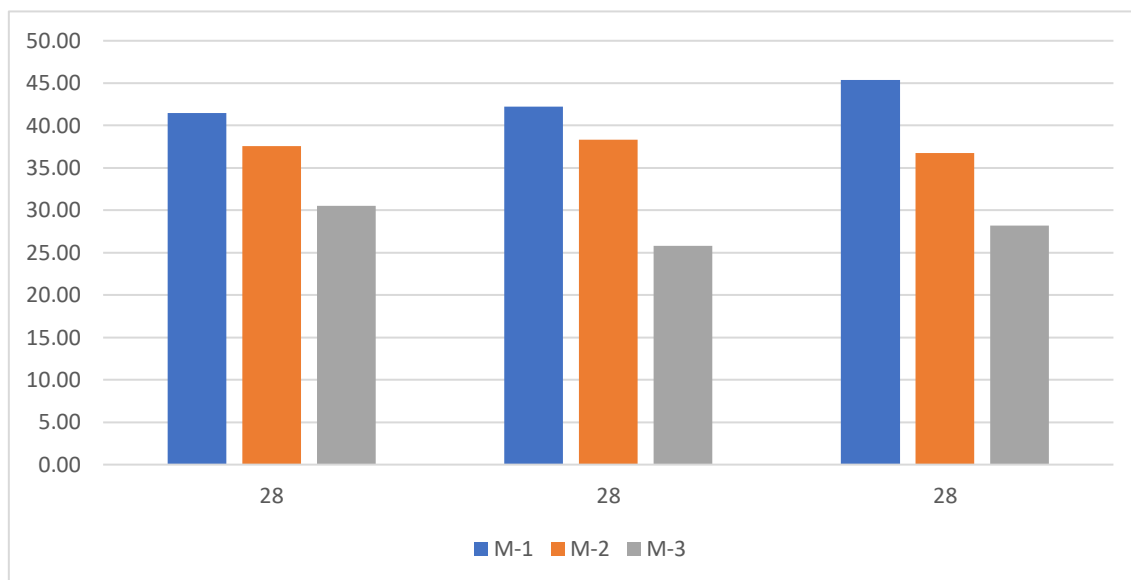
Tabla 16

Resistencia a compresión de bloques huecos a los 28 días

Diseño	Espécimen	Día	Cantidad de Aditivo	Resistencia (Kg/cm2)
M-1	Bloque-1	28	1.00	41.48
	Bloque-2			42.26
	Bloque-3			45.39
M-2	Bloque-1	28	1.50	37.56
	Bloque-2			38.35
	Bloque-3			36.78
M-3	Bloque-1	28	2.00	30.52
	Bloque-2			25.82
	Bloque-3			28.17

Figura 3

Comparación resistencia a compresión de bloques huecos a los 28 días



En la figura 3 se muestra que, a los 28 días de curado las mezclas alcanzan sus valores más altos de resistencia. La mezcla M1 presenta una resistencia promedio de 43.04 kg/cm², seguida por la mezcla M2 con 37.56 kg/cm², lo que implica una reducción de 12.7%. Por otro lado, la mezcla M3 alcanza 28.17 kg/cm², evidenciando una disminución significativa de 34.6% en comparación con M1.

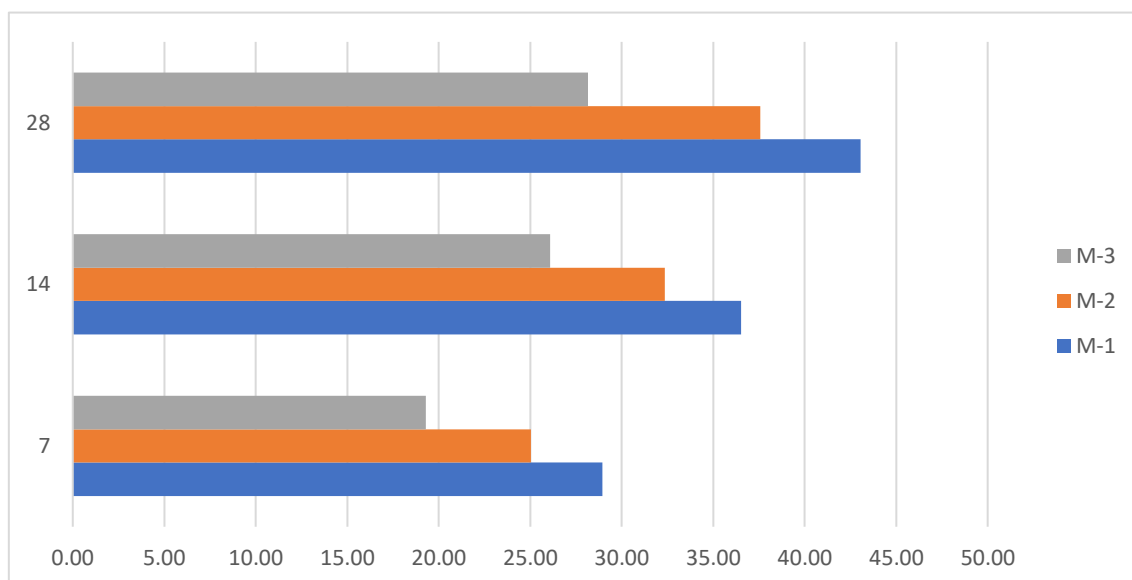
Tabla 17

Comparación de resistencia a compresión de los bloques huecos

Diseño	Día	f'c (kg/cm2)	f'c (MPa)
M-1	7	28.95	2.84
	14	36.52	3.58
	28	43.04	4.22
M-2	7	25.04	2.46
	14	32.35	3.17
	28	37.56	3.68
M-3	7	19.30	1.89
	14	26.08	2.56
	28	28.17	2.76

Figura 4

Comparación de resistencia a compresión de los bloques huecos a diferentes edades



En la figura 4 se muestra el análisis conjunto de los resultados que todas las mezclas presentan un incremento sostenido de la resistencia a compresión entre los 7, 14 y 28 días. En el caso de la mezcla M1, la resistencia aumenta de 28.95 a 43.04 kg/cm², lo que representa un incremento de aproximadamente 48.7%. De manera similar, la mezcla M2 incrementa su resistencia en 50.0%, pasando de 25.04 a 37.56 kg/cm², mientras que la mezcla M3 presenta un aumento de 45.9%, pasando de 19.30 a 28.17 kg/cm².

A pesar de este comportamiento favorable en el desarrollo de resistencia, se mantiene una diferencia clara entre las mezclas, donde el incremento del aditivo espumante genera reducciones progresivas en todos los casos. En particular, a los 28 días, la mezcla M3 presenta una resistencia 34.6% menor que la mezcla M1, lo que evidencia el impacto significativo del aditivo en la estructura interna del concreto.

Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk se muestran en la Tabla 18, que estuvo organizada con los datos acerca de la resistencia a la compresión de bloques de concreto, considerando los diferentes tiempos de curado (7, 14 y 28 días) y las distintas concentraciones de aditivo espumante utilizadas en la mezcla de concreto (1.0 lt/m³, 1.5 lt/m³

y 2.0 lt/m³). Los valores que se han obtenido indican que, en cada uno de los casos, los valores de significancia (Sig. > 0.05) y los estadísticos de Shapiro-Wilk evidencian que Los datos de resistencia a la compresión tienen una distribución normal, sin importar la cantidad de aditivo espumante empleada ni el periodo de curado de los bloques.

Tabla 18

Prueba de Shapiro-Wilk para verificar la normalidad de los datos de resistencia a la compresión en los bloques de concreto

Resistencia a la compresión de los bloques de concreto		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	el	Sig.
Resistencia a la compresión a 7 días	Bloque fabricado con 0 lt/m ³ de aditivo espumante	0.999	3	0.948
	Bloque fabricado con 1.0 lt/m ³ de aditivo espumante	1.000	3	0.993
	Bloque fabricado con 1.5 lt/m ³ de aditivo espumante	1.000	3	0.996
	Bloque fabricado con 2.0 lt/m ³ de aditivo espumante	0.965	3	0.643
Resistencia a la compresión a 14 días	Bloque fabricado con 0 lt/m ³ de aditivo espumante	0.942	3	0.534
	Bloque fabricado con 1.0 lt/m ³ de aditivo espumante	0.967	3	0.649
	Bloque fabricado con 1.5 lt/m ³ de aditivo espumante	0.965	3	0.643
	Bloque fabricado con 2.0 lt/m ³ de aditivo espumante	0.964	3	0.634
Resistencia a la compresión a 28 días	Bloque fabricado con 0 lt/m ³ de aditivo espumante	0.933	3	0.500
	Bloque fabricado con 1.0 lt/m ³ de aditivo espumante	0.893	3	0.362
	Bloque fabricado con 1.5 lt/m ³ de aditivo espumante	1.000	3	0.993
	Bloque fabricado con 2.0 lt/m ³ de aditivo espumante	1.000	3	1.000

Nota. Valores obtenidos mediante el software IBM SPSS Statistics

Los resultados del análisis de homogeneidad de varianzas de Levene, que se basa en la media, se presentan en la Tabla 19. Este análisis fue realizado a los grupos formados por

los valores de resistencia a la compresión del concreto fabricado sin aditivo espumante (0 lt/m^3) y con la incorporación de diferentes concentraciones de aditivo espumante de 1.0 lt/m^3 , 1.5 lt/m^3 y 2.0 lt/m^3 en la mezcla de concreto. La resistencia a la compresión medida a los 7 días tuvo una significancia (Sig.) de 0.578; en consecuencia, el valor p-valor es superior a 0.05, lo que señala que no existen evidencias suficientes para descartar la hipótesis nula de igualdad en las varianzas. Esto demuestra que las varianzas entre los grupos presentan homogeneidad. En el análisis realizado a los 14 días, la significancia (Sig.) obtenida fue de 0.515, al igual que en el caso anterior, el valor p-valor supera 0.05, evidenciando que las varianzas mantienen un comportamiento homogéneo entre los grupos evaluados. Por otro lado, a los 28 días se registró una significancia (Sig.) de 0.214; por tanto, el valor p-valor continúa siendo mayor a 0.05, confirmando nuevamente la igualdad de varianzas entre los grupos en este periodo de curado. En resumen, se puede concluir que, en todos los periodos analizados, las varianzas presentan homogeneidad entre los grupos de estudio.

Tabla 19

Prueba de homogeneidad de la varianza, en función de la media, para los valores vinculados con la resistencia a la compresión de bloques de concreto

Resistencia a la compresión de los bloques de concreto	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia a la compresión a 7 días	0.700	3	8	0.578
Resistencia a la compresión a 14 días	0.827	3	8	0.515
Resistencia a la compresión a 28 días	1.865	3	8	0.214

Nota. Valores alcanzados a través del software IBM SPSS Statistics

Se muestran los resultados del análisis de varianza (ANOVA) en la Tabla 20. Este estudio se realizó para establecer si hay diferencias relevantes entre los grupos que consisten en los valores de resistencia a la compresión del concreto fabricado sin aditivo espumante. (0 lt/m^3) y aquellos que incorporan distintas concentraciones de aditivo espumante de 1.0 lt/m^3 , 1.5 lt/m^3 y 2.0 lt/m^3 en la dosificación de la mezcla de concreto.

Antes de realizar el análisis estadístico, se comprobó que los valores de cada uno de los grupos evaluados muestran una distribución normal y que las varianzas entre ellos son homogéneas, cumpliéndose así los supuestos requeridos para la aplicación de la prueba ANOVA.

Tabla 20

Prueba ANOVA unidimensional sobre los valores de resistencia a la compresión de bloques de concreto

Resistencia a la compresión de los bloques de concreto		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Resistencia a la compresión a 7 días	Entre grupos	181.174	3	60.391	49.373	0.00002
	Dentro de grupos	9.785	8	1.223		
	Total	190.960	11			
Resistencia a la compresión a 14 días	Entre grupos	218.345	3	72.782	64.085	0.00001
	Dentro de grupos	9.086	8	1.136		
	Total	227.431	11			
Resistencia a la compresión a 28 días	Entre grupos	429.668	3	143.223	53.676	0.00001
	Dentro de grupos	21.346	8	2.668		
	Total	451.014	11			

Nota. Valores alcanzados a través del software IBM SPSS Statistics

En relación con los resultados de la resistencia a la compresión del concreto que se muestran en la Tabla 20, se nota que el valor de significación (Sig.) fue de 0.00002 después de siete días de curado. Por lo tanto, dado que el p-valor es menor a 0.05, se prueba que existen diferencias estadísticamente relevantes entre los grupos analizados. De igual manera, para la resistencia a la compresión evaluada a los 14 días, el valor de significancia (Sig.) registrado fue 0.00001; como el p-valor es inferior a 0.05, se demuestra otra vez que hay diferencias relevantes entre los grupos de estudio. Asimismo, en los resultados correspondientes a los 28 días de curado, la significancia (Sig.) alcanzó un valor de 0.00001; en consecuencia, el p-valor continúa siendo menor a 0.05, demostrando que las diferencias entre los grupos siguen siendo estadísticamente significativas.

Se puede deducir, a partir de los resultados presentados en la Tabla 20, que el aumento de la cantidad de aditivo espumante en la mezcla está vinculado con las diferencias significativas entre los grupos de resistencia a la compresión del concreto analizados al séptimo, decimocuarto y vigésimo octavo día. Esto se debe a que una mayor concentración del aditivo conlleva una menor resistencia a la compresión del bloque de concreto.

Los resultados de la prueba de Tukey, en cuanto a los valores de resistencia a la compresión de las muestras de concreto después del séptimo día, están reflejados en la Tabla 21.

Tabla 21

Prueba de Tukey, para los valores de resistencia a la compresión de bloques de concreto a los siete días

Resistencia a la compresión de los bloques de concreto, a 7 días		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Bloque fabricado con 0 lt/m ³ de aditivo espumante	Bloque fabricado con 1.0 lt/m ³ de aditivo espumante	-0.31333	0.90302	0.985	-3.2051	2.5785
	Bloque fabricado con 1.5 lt/m ³ de aditivo espumante	3,59667*	0.90302	0.017	0.7049	6.4885
	Bloque fabricado con 2.0 lt/m ³ de aditivo espumante	9,33667*	0.90302	0.000	6.4449	12.2285
Bloque fabricado con 1.0 lt/m ³ de aditivo espumante	Bloque fabricado con 0 lt/m ³ de aditivo espumante	0.31333	0.90302	0.985	-2.5785	3.2051
	Bloque fabricado con 1.5 lt/m ³ de aditivo espumante	3,91000*	0.90302	0.011	1.0182	6.8018
	Bloque fabricado con 2.0 lt/m ³ de aditivo espumante	9,65000*	0.90302	0.000	6.7582	12.5418
Bloque fabricado con 1.5 lt/m ³ de aditivo espumante	Bloque fabricado con 0 lt/m ³ de aditivo espumante	-3,59667*	0.90302	0.017	-6.4885	-0.7049
	Bloque fabricado con 1.0 lt/m ³ de aditivo espumante	-3,91000*	0.90302	0.011	-6.8018	-1.0182
	Bloque fabricado con 2.0 lt/m ³ de aditivo espumante	5,74000*	0.90302	0.001	2.8482	8.6318
Bloque fabricado con 2.0 lt/m ³ de aditivo espumante	Bloque fabricado con 0 lt/m ³ de aditivo espumante	-9,33667*	0.90302	0.000	-12.2285	-6.4449
	Bloque fabricado con 1.0 lt/m ³ de aditivo espumante	-9,65000*	0.90302	0.000	-12.5418	-6.7582
	Bloque fabricado con 1.5 lt/m ³ de aditivo espumante	-5,74000*	0.90302	0.001	-8.6318	-2.8482

Nota. *. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05. Valores alcanzados a través del software

IBM SPSS Statistics

La Tabla 21 muestra una comparación de las diferencias significativas entre los datos de la resistencia a la compresión del concreto fabricado sin aditivo espumante (0 lt/m^3) y los bloques, al agregar un aditivo espumante de 1.5 lt/m^3 ; el valor de p es 0.017, que es inferior a 0.05, lo que significa que la diferencia media es de 3.597; esto señala que la resistencia a la compresión del concreto en los bloques fabricados con 1.5 lt/m^3 de aditivo espumante fue más baja.

Se aprecia una diferencia relevante de 3.910 entre los valores de resistencia a la compresión de los bloques de concreto, que aparecen en la Tabla 21 y se elaboraron con la adición de aditivo espumante de 1.0 lt/m^3 y 1.5 lt/m^3 . La significancia es 0.011, siendo el p -valor inferior a 0.05, lo que indica que ha disminuido el valor de resistencia a la compresión del concreto en los bloques fabricados con un añadido de 1.5 lt/m^3 del aditivo espumante.

Además, se aprecia la diferencia notable de 5.740 entre los valores de resistencia a la compresión de las muestras de concreto, que se muestran en la Tabla 21 y que fueron fabricadas con aditivo espumante en cantidades de 1.5 lt/m^3 y 2.0 lt/m^3 ; el p -valor es menor a 0.05, con una significancia de 0.001, lo que indica una disminución de resistencia a la compresión del concreto en los bloques fabricados mediante la incorporación del espumante (1.5 lt/m^3).

Los resultados de la prueba de Tukey sobre los valores de resistencia a compresión de bloques de concreto fabricados sin aditivo espumante (0 lt/m^3) en la mezcla de concreto y los bloques, con la incorporación de aditivo espumante de 1.5 lt/m^3 a los catorce días se pueden ver en la Tabla 22, donde se comparan las diferencias significativas entre dichos valores, en los bloques; la significancia es 0.004, lo que significa que el p -valor es menor a 0.05; por consiguiente, la diferencia de medias es 4.397, lo cual indica que los bloques fabricados con la adición de 1.5 lt/m^3 de aditivo espumante tuvieron una resistencia a la compresión del concreto inferior.

Tabla 22

Prueba de Tukey, a los resultados de la resistencia a la compresión de los bloques de concreto, a catorce días

Resistencia a la compresión de los bloques de concreto, a 14 días		Diferencia de medias (I- J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Bloque fabricado con 0 lt/m ³ de aditivo espumante	Bloque fabricado con 1.0 lt/m ³ de aditivo espumante	0.49000	0.87014	0.940	-2.2965	3.2765
	Bloque fabricado con 1.5 lt/m ³ de aditivo espumante	4,39667*	0.87014	0.004	1.6102	7.1832
	Bloque fabricado con 2.0 lt/m ³ de aditivo espumante	10,66000*	0.87014	0.000	7.8735	13.4465
Bloque fabricado con 1.0 lt/m ³ de aditivo espumante	Bloque fabricado con 0 lt/m ³ de aditivo espumante	-0.49000	0.87014	0.940	-3.2765	2.2965
	Bloque fabricado con 1.5 lt/m ³ de aditivo espumante	3,90667*	0.87014	0.009	1.1202	6.6932
	Bloque fabricado con 2.0 lt/m ³ de aditivo espumante	10,17000*	0.87014	0.000	7.3835	12.9565
Bloque fabricado con 1.5 lt/m ³ de aditivo espumante	Bloque fabricado con 0 lt/m ³ de aditivo espumante	-4,39667*	0.87014	0.004	-7.1832	-1.6102
	Bloque fabricado con 1.0 lt/m ³ de aditivo espumante	-3,90667*	0.87014	0.009	-6.6932	-1.1202
	Bloque fabricado con 2.0 lt/m ³ de aditivo espumante	6,26333*	0.87014	0.000	3.4768	9.0498
Bloque fabricado con 2.0 lt/m ³ de aditivo espumante	Bloque fabricado con 0 lt/m ³ de aditivo espumante	-10,66000*	0.87014	0.000	-13.4465	-7.8735
	Bloque fabricado con 1.0 lt/m ³ de aditivo espumante	-10,17000*	0.87014	0.000	-12.9565	-7.3835
	Bloque fabricado con 1.5 lt/m ³ de aditivo espumante	-6,26333*	0.87014	0.000	-9.0498	-3.4768

Nota. *. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05. Valores alcanzados a través del software

IBM SPSS Statistics

Los resultados de la prueba de Tukey, en lo que respecta a los valores de resistencia a la compresión de bloques de concreto después de 28 días, se presentan en la Tabla 23. Se compararon las diferencias significativas entre los valores de resistencia a la compresión del concreto, usando bloques contruidos con 0 lt/m³ (patrón) y aquellos elaborados con 1.5 lt/m³ de aditivo espumante. La diferencia media fue de 5.027; por lo tanto, como el p-valor es inferior a 0.05; específicamente, es 0.023, se concluyó que la resistencia a la compresión en los bloques elaborados con la incorporación de 1.5 lt/m³ de aditivo espumante fue inferior.

En la Tabla 23 se muestran los valores de resistencia a la compresión de bloques de concreto, elaborados con aditivo espumante en cantidades de 1.0 lt/m³ y 1.5 lt/m³. Se aprecia una diferencia significativa de 5.48, con un p-valor de 0.014, que es inferior a 0.05; esto indica que en los bloques fabricados con la incorporación del aditivo espumante en volumen de 1.5 lt/m³, el valor de la resistencia a la compresión del concreto es más bajo.

Asimismo, al observar los valores de la resistencia a la compresión de los bloques de concreto que aparecen en la Tabla 23, se aprecia una diferencia notable de 9.393 entre las mezclas con 1.5 lt/m³ y 2.0 lt/m³ de aditivo espumante, con un p-valor inferior a 0.05; es decir, es igual a 0.00002. Esto indica que el valor de resistencia a la compresión del concreto disminuye cuando se incorporan bloques elaborados con 1.5 lt/m³ del aditivo espumante.

Tabla 23

Evaluación de Tukey, a los valores de la resistencia a la compresión de bloques de concreto, después de 28 días

Resistencia a la compresión de los bloques de concreto, a 28 días		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Probeta elaborada con 0 lt/m ³ de aditivo espumante	Probeta elaborada con 1.0 lt/m ³ de aditivo espumante	-0.45333	1.33373	0.985	-4.7244	3.8178
	Probeta elaborada con 1.5 lt/m ³ de aditivo espumante	5,02667*	1.33373	0.023	0.7556	9.2978
	Probeta elaborada con 2.0 lt/m ³ de aditivo espumante	14,42000*	1.33373	0.000	10.1489	18.6911
Probeta elaborada con 1.0 lt/m ³ de aditivo espumante	Probeta elaborada con 0 lt/m ³ de aditivo espumante	0.45333	1.33373	0.985	-3.8178	4.7244
	Probeta elaborada con 1.5 lt/m ³ de aditivo espumante	5,48000*	1.33373	0.014	1.2089	9.7511
	Probeta elaborada con 2.0 lt/m ³ de aditivo espumante	14,87333*	1.33373	0.000	10.6022	19.1444
Probeta elaborada con 1.5 lt/m ³ de aditivo espumante	Probeta elaborada con 0 lt/m ³ de aditivo espumante	-5,02667*	1.33373	0.023	-9.2978	-0.7556
	Probeta elaborada con 1.0 lt/m ³ de aditivo espumante	-5,48000*	1.33373	0.014	-9.7511	-1.2089
	Probeta elaborada con 2.0 lt/m ³ de aditivo espumante	9,39333*	1.33373	0.000	5.1222	13.6644
Probeta elaborada con 2.0 lt/m ³ de aditivo espumante	Probeta elaborada con 0 lt/m ³ de aditivo espumante	-14,42000*	1.33373	0.000	-18.6911	-10.1489
	Probeta elaborada con 1.0 lt/m ³ de aditivo espumante	-14,87333*	1.33373	0.000	-19.1444	-10.6022
	Probeta elaborada con 1.5 lt/m ³ de aditivo espumante	-9,39333*	1.33373	0.000	-13.6644	-5.1222

Nota. *. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05. Valores alcanzados a través del software

IV. Discusión

En relación con el objetivo referido a elaborar el diseño de mezcla del concreto no convencional mediante la caracterización de los agregados, la definición de proporciones de sus componentes y la evaluación de su consistencia en estado fresco, evidenciamos que el confitillo utilizado presenta una gradación granulométrica adecuada, cumpliendo con los parámetros normativos, a excepción de una ligera deficiencia de finos (2.59% en el tamiz N° 8). Este comportamiento es consistente con lo señalado por Ccora y De la Cruz (2022), quienes destacan la importancia de las propiedades físicas del agregado (como granulometría y humedad) en el desempeño del concreto, ya que estas influyen directamente en la trabajabilidad y en la respuesta mecánica del material.

Asimismo, las propiedades físicas del agregado grueso obtenidas (peso específico de 2.59 g/cm³, humedad de 0.35% y absorción de 1.8%) reflejan condiciones adecuadas para el control del agua efectiva en la mezcla. Estos resultados coinciden con lo reportado por Ramos (2025), quien señala que las características físicas de los materiales influyen en la estructura interna del concreto celular, especialmente en la formación de vacíos y en su comportamiento mecánico.

En relación con el diseño de mezcla, la proporción establecida (384.26 kg/m³ de cemento, relación a/c de 0.5 y 61.6% de agregado) muestra un equilibrio adecuado entre trabajabilidad y estabilidad, lo cual es fundamental en concretos celulares. Este resultado guarda concordancia con lo indicado por Campoverde (2024), quien resalta que un diseño adecuado de mezcla permite alcanzar un balance entre densidad y resistencia, especialmente en materiales ligeros utilizados en albañilería no estructural.

Por otro lado, la dosificación progresiva del aditivo espumante (1.0, 1.5 y 2.0 kg/m³), manteniendo constantes los demás componentes, permite evaluar de forma aislada su efecto

en el concreto. Este enfoque coincide con lo desarrollado por Córdova y Flores (2021), quienes emplearon variaciones controladas de aditivos espumantes para analizar su influencia en el desempeño del concreto celular, evidenciando mejoras en su comportamiento cuando las proporciones son adecuadamente controladas.

Sin embargo, es importante considerar que, tal como lo indican Zafra (2025) y Ccora y De la Cruz (2022), la incorporación de materiales que generan porosidad (como aditivos espumantes) puede reducir la resistencia mecánica si no se controla adecuadamente la dosificación, lo que refuerza la importancia del diseño progresivo aplicado en este estudio.

Por último, los resultados también guardan relación con el de Yang et al. (2020) y Seker et al. (2022), quienes destacan que la modificación de la composición del concreto celular (ya sea mediante aditivos o materiales suplementarios) no altera significativamente la estructura si se mantiene un adecuado control de la mezcla, permitiendo conservar propiedades físicas estables.

En relación con la evaluación del comportamiento del concreto en estado fresco considerando diferentes dosificaciones de aditivo espumante (1.0, 1.5 y 2.0 kg/m³), manteniendo constantes las demás variables del diseño, los resultados obtenidos evidenciaron que, al incrementar la dosificación del aditivo espumante de 1.0 a 2.0 kg/m³, el contenido de agua presenta una variación mínima de apenas -0.49%, mientras que la relación agua/cemento se mantiene constante, con valores entre 0.533 y 0.530. Este comportamiento indica que las condiciones base del diseño de mezcla no se ven alteradas, permitiendo que el efecto del aditivo espumante sea evaluado de manera directa sobre el comportamiento del concreto.

Este resultado es consistente con lo señalado por Córdova y Flores (2021), quienes enfatizan lo crucial que es mantener estables las variables principales del diseño de mezcla

al añadir aditivos espumantes, con el fin de analizar de forma precisa su influencia en el concreto celular. En ese mismo sentido, el incremento progresivo del aditivo observado en esta investigación (hasta 99.10%) se desarrolla bajo condiciones controladas.

Asimismo, el hecho de que la relación agua/cemento no presente variaciones significativas coincide con lo reportado por Yang et al. (2020), quienes indican que, para no alterar la estructura interna del concreto celular, es fundamental evitar cambios en los parámetros básicos de la mezcla, permitiendo que las modificaciones en el material respondan únicamente a la incorporación de aditivos o materiales complementarios.

Por otro lado, estos resultados guardan relación con lo expuesto por Seker et al. (2022), quienes señalan que el comportamiento del concreto celular depende principalmente de la dosificación y estabilidad de la espuma generada, más que de variaciones en el contenido de agua o en la proporción cemento-agua. En ese contexto, el incremento controlado del aditivo espumante observado en esta investigación constituye un factor determinante en la formación de la estructura celular del concreto.

Sin embargo, es importante considerar lo indicado por Zafra (2025) y Ccora y De la Cruz (2022), quienes advierten que el aumento de materiales generadores de porosidad, como los aditivos espumantes, puede influir negativamente en las propiedades mecánicas si no se mantiene un adecuado control de su dosificación. Esto resalta la importancia del incremento progresivo aplicado en este estudio, el cual permite evaluar gradualmente su impacto sin comprometer la estabilidad inicial de la mezcla.

Por último, los resultados también son coherentes con lo señalado por Campoverde (2024), quien destaca que el comportamiento del concreto celular está condicionado por el equilibrio entre sus componentes, especialmente cuando se busca optimizar su ligereza sin alterar sus condiciones de trabajabilidad. En este caso, dicho equilibrio se mantiene, ya que

las variaciones en el agua y la relación a/c son mínimas, permitiendo centrar el análisis en el efecto del aditivo espumante.

Los resultados del estudio de las propiedades mecánicas y físicas de los bloques vacíos, hechos con concreto convencional y con concreto compuesto por diferentes proporciones de aditivo espumante, muestran que la resistencia a compresión de los bloques baja conforme aumenta el aditivo espumante. En la mezcla con mayor dosificación (M3) en comparación con M1, se registraron reducciones de hasta 34.6% a las 28 días. Esta tendencia es consistente con diversos antecedentes que señalan que una mayor porosidad interna reduce la resistencia estructural del material.

En ese sentido, los resultados coinciden con lo reportado por Zafra (2025) y García (2022), quienes evidencian reducciones significativas en la resistencia al incorporar materiales que generan vacíos o disminuyen la densidad. Asimismo, Esquivel (2024) encontró que mayores contenidos de espuma reducen la resistencia, mientras que dosificaciones menores permiten conservar mejores propiedades mecánicas, lo cual es coherente con el comportamiento observado en la mezcla M1. De igual forma, Ccora y De la Cruz (2022), quienes concluyen que el uso de aditivos espumantes afecta negativamente la resistencia en morteros, confirmando la influencia del aire incorporado en la disminución del desempeño mecánico.

Por otro lado, los resultados difieren de estudios como los de Yang et al. (2020), Suryanita et al. (2022) y Rojas (2023), donde se reportan mejoras en la resistencia al incorporar materiales como polvo de ladrillo, humo de sílice o vidrio molido. Esta diferencia se debe a que dichos materiales poseen propiedades puzolánicas o de relleno que mejoran la cohesión interna, a diferencia del aditivo espumante que incrementa la porosidad.

Por último, también coinciden con Campoverde (2024), quien señala la existencia de un punto óptimo donde se logra un equilibrio entre peso y resistencia, ya que un exceso de aire reduce considerablemente la capacidad mecánica. En conjunto, se confirma que el concreto requiere un control adecuado en la dosificación del aditivo para garantizar un desempeño adecuado en aplicaciones no estructurales.

Conclusiones

Se determinó que el diseño de mezcla del concreto no convencional presenta un agregado grueso con gradación continua, alcanzando 99.80% y 94.36% de material pasante en los tamices de 3/8" y 1/4", respectivamente, cumpliendo con los rangos normativos, salvo una ligera deficiencia de finos de 2.59% en el tamiz N° 8. Asimismo, el agregado mostró propiedades físicas adecuadas, con peso específico de 2.59 g/cm³, humedad de 0.35% y absorción de 1.8%, lo que permite un control adecuado del contenido de agua en la mezcla. En cuanto al diseño de mezcla, este se estableció con 384.26 kg/m³ de cemento, 205.84 kg/m³ de agua y 948.92 kg/m³ de agregado, manteniendo una relación agua/cemento de 0.5; además, la proporción de agregado (61.6%) confirma la obtención de un concreto ligero con estructura celular, proporcionando una base estable y consistente para la incorporación del aditivo espumante.

Se evidenció que, al incrementar la dosificación del aditivo espumante de 1.0 a 2.0 kg/m³, el contenido de agua presenta una variación mínima de 0.11 L, menos del 0.5%, mientras que la relación agua/cemento se mantiene prácticamente constante con una variación de solo 0.003, de 0.533 a 0.530. Además, el aditivo espumante incrementa de manera significativa hasta en 99.10%, lo que confirma que el comportamiento del concreto en estado fresco está influenciado principalmente por la dosificación del aditivo, manteniéndose estables las demás variables del diseño de mezcla.

Se evidencia, que la incorporación del aditivo espumante reduce la resistencia a compresión de los bloques huecos. A los 28 días, la mezcla M1 alcanzó 43.04 kg/cm² (4.22 MPa), mientras que M2 y M3 presentaron reducciones de 12.7% y 34.6%, respectivamente. Asimismo, se evidencia que todas las mezclas desarrollan resistencia con el tiempo, registrando incrementos de 48.7% en M1, 50.0% en M2 y 45.9% en M3 entre los 7 y 28

días. Sin embargo, el incremento del aditivo genera una mayor porosidad interna, lo que disminuye la capacidad mecánica del material.

Recomendaciones

Realizar un control riguroso en el proceso de fabricación de bloques de concreto ligero para determinar las características granulométricas del conquitillo, especialmente del contenido de material fino presente en dicho agregado, dado que puede influir en la estructura interna del concreto y en su resistencia a la compresión.

Ampliar el estudio del comportamiento del concreto en estado fresco incorporando un mayor número de dosificaciones de aditivo espumante, incluyendo valores intermedios a los ya evaluados, para identificar su influencia en la consistencia y trabajabilidad de la mezcla durante la fabricación de los bloques huecos.

En futuras investigaciones debe incluirse otras propiedades que incluyan las ya investigadas tales como comportamiento térmico y acústico, así como el desempeño sísmico de los muretes elaborados con concreto ligero, con la finalidad de ampliar el conocimiento sobre su aplicación en proyectos de edificación.

Referências Bibliográficas

- ACI 213R-14. (2014). *Guide for Structural Lightweight-Aggregate Concrete*.
- Ángel San Bartolomé, & Daniel Quiun Wilson Silva. (2018). *Diseño Y Construcción De Estructuras*.
- Anny, N., Taufieq, S., Ahmad, I. A., & Pertiwi, N. (2024). Water Absorption Of Cellular Lightweight Concrete Using Rice Husk Ash As Additive Material. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)* e-ISSN, 21, 13-19.
<https://doi.org/10.9790/1684-2103021319>
- Behera, D., Liu, K. Y., Rachman, F., & Worku, A. M. (2025). Innovations and Applications in Lightweight Concrete: Review of Current Practices and Future Directions. En *Buildings* (Vol. 15, Número 12). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
<https://doi.org/10.3390/buildings15122113>
- Cabezas, E., Andrade, D., & Torres, J. (2018). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Campoverde, J. (2024). Diseño de mezcla de concreto celular para bloques en tabiquería con una resistencia de 2 Mpa. *Ups.edu.ec*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28442>
- Ccora, R. y De la Cruz, M. (2022, November 29). *Influencia del aditivo espumante como componente del mortero de concreto en muros de albañilería en la ciudad de Huancavelica*. Unh.edu.pe; Universidad Nacional de Huancavelica.
<https://repositorio.unh.edu.pe/items/3c4d8309-9413-4a1c-acf2-589cc2b39b09>
- Córdova, M. y Flores, J. (2021). Análisis comparativo de Las Propiedades mecánicas del concreto celular para optimizar el diseño utilizando aditivo espumante y polvo de aluminio. *Ucv.edu.pe*. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/66841>

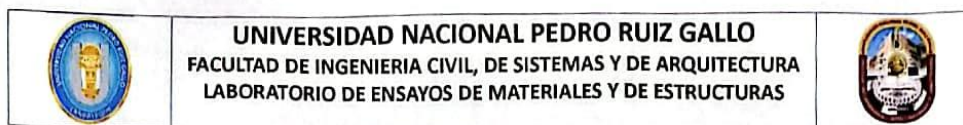
- Esquivel, C. (2023). Propiedades físicas y mecánicas del concreto celular como unidad de albañilería no portante, añadiendo un aditivo incorporador de aire como agente espumante en 8%, 11% y 13%, Cajamarca 2023. *Upn.edu.pe*. <https://doi.org/624.1834%20ESQU%202024>
- García, W. (2020). Evaluación de las propiedades físicomecánicas de bloques de concreto ligero incorporando polvo de escoria de aluminio, Lambayeque – 2020. *Uss.edu.pe*. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/9698>
- González, M., & Pérez, A. (2021). Tecnología del concreto: Aditivos y aplicaciones. . *Editorial Construcción y Tecnología*.
- Izquierdo, M., & Ortega, E. (2017). *Desarrollo y aplicación del concreto celular a base de aditivo espumante para la elaboración de bloques macizos destinados a tabiquerías no portantes en edificaciones*. .
- Li, J., & Zheng, C. (2023). Preparación y rendimiento de un agente espumante aniónico quelante. *Journal of Dispersion Science and Technology* , 44 (7), 1296-1304.
- Libia Gutiérrez De López. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*.
- Liu, Y., Zhao, Z., Amin, M., Ahmed, B., Khan, K., Arifeen, S., & Althoey, F. (2024). Hormigón celular para aplicaciones de construcción ligera: Una revisión exhaustiva del desarrollo de la investigación y las características del material. *Reviews On Advanced Materials Science* , 63, 20-22.
- Livia Cotrina, P. (2023). *Diseño estructural empleando el Software Cypecad para la gestión estratégica de proyectos estructurales*, Amarilis - Huánuco - 2022. Universidad De Huánuco.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. *Difundido por: ICG -Instituto de la Construcción y Gerencia*. https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/E_080.pdf

- Mohamed, A. M., Tayeh, B. A., Majeed, S. S., Aisheh, Y. I. A., & Salih, M. N. A. (2024). Ultra-light foamed concrete mechanical properties and thermal insulation perspective: A comprehensive review. *Journal of CO2 Utilization*, 83, 102827. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2024.102827>
- Murray Holladay Rd. (2007). *Chapter 6 Physical Properties of Structural Lightweight Concrete*. www.escsi.org
- Rajeeth, T. J., Sharma, A., Honnalli, R., Yantrapalli, S., Shinde, S. N., & Thenmozhi, S. (2025). Experimental investigation and optimization of cellular light weight concrete using foam content and prediction using response surface methodology. *Discover Sustainability*, 6(1). <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01829-y>
- Ramos, M. (2024). Análisis de la variación geométrica en las propiedades de los bloques de concreto celular en edificaciones de albañilería, Hhuancayo 2024. *Upla.edu.pe*. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/9327>
- Reni Suryanita, Yohannes Firzal, Harnedi Maizir, Mustafa, I., & Mohd. (2021). Experimental study on performance of cellular lightweight concrete due to exposure high temperature. *geomate Journal*, 21(83), 20–27. <https://geomatejournal.com/geomate/article/view/590>
- Rojas, L. (2023). Aplicación del vidrio molido como reemplazo parcial del agregado fino para evaluar el comportamiento físico-mecánico en bloques de concreto. *Usat.edu.pe*. <https://doi.org/RTU006511>
- Sahu, S. S., & Gandhi, I. S. R. (2021). Studies on influence of characteristics of surfactant and foam on foam concrete behaviour. *Journal of Building Engineering*, 40, 102333. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102333>
- Saman Hedjazi. (2019). *Resistencia a la compresión del hormigón ligero* (Pavlo Kryvenko, Ed.). 18 de julio de 2019.

- Şeker, B. Ş., Gökçe, M., & Toklu, K. (2022). Investigation of the effect of silica fume and synthetic foam additive on cell structure in ultra-low density foam concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 16, e01062. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01062>
- Suryanita, Harnedi Maizir, Rizki Zulapriansyah, Subagiono, Y., & Arshad, M. F. (2022). The effect of silica fume admixture on the compressive strength of the cellular lightweight concrete. *Results in Engineering*, 14, 100445–100445. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100445>
- Vásquez, V. (2021). Influencia del aditivo espumante y microsílíce sobre el peso unitario y resistencia a compresión del concreto para la obtención de concreto ligero estructural, Trujillo 2021. *Upn.edu.pe*. <https://doi.org/620.1124%20VASQ%202021>
- Yang, D., Liu, M., & Ma, Z. (2020). Properties of the foam concrete containing waste brick powder derived from construction and demolition waste. *Journal of Building Engineering*, 32, 101509. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101509>
- Yang, K. H., Kim, H. Y., & Lee, H. J. (2022). Mechanical Properties of Lightweight Aggregate Concrete Reinforced with Various Steel Fibers. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s40069-022-00538-4>
- Zade, N. P., Bhosale, A., Dhir, P. K., Sarkar, P., & Davis, R. (2021). Variability of Mechanical Properties of Cellular Lightweight Concrete Infill and Its Effect on Seismic Safety. *Natural Hazards Review*, 22(4). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)nh.1527-6996.0000501](https://doi.org/10.1061/(asce)nh.1527-6996.0000501)
- Zadith N Garrido. (2019). Influencia en la proporción de residuos de construcción y la relación agua/cemento en la resistencia a la compresión y alabeo. *Revista Pakamuros*, 1, 56-67.
- Zafra, J. (2025). Evaluación de las propiedades físico-mecánicas en la adición de metacaolín y aserrín calcinado en bloques de concreto ligero para muros portantes. *Usat.edu.pe*. <https://doi.org/RTU008224>.

Anexos

Anexo 1. Constancia 001 – 2026 LEME -FICSA



CONSTANCIA 001 – 2026 LEME – FICSA

El que suscribe, Director encargado del Departamento Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil de Sistemas y de Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

HACE CONSTAR:

Que los bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil:

LINGAN MENDOZA MARCO CHAYANNE

RUBIO CIEZA LENIN ALFREDO

Han realizado sus ensayos desde el 28 de Octubre del 2025 al 20 Febrero del 2026 en este laboratorio - LEME.

<u>TIPOS DE ENSAYOS</u>	<u>CANTIDAD</u>
• Contenido de humedad del agregado grueso	(2)
• Granulometría del agregado grueso	(2)
• Ensayo de densidad Suelto agregado grueso	(2)
• Ensayo de densidad Compactada agregado grueso	(2)
• Peso Específico de Masa del agregado grueso	(2)
• Grado de Absorción del agregado grueso	(2)
• Elaboración de Diseño de Mezcla Patrón $p = 1400 \text{ kg/m}^3$	(1)
• Diseño de Mezcla Patrón $p = 1400 \text{ kg/m}^3$ – Proporción de 1.0 kg/m^3 , 1.5 kg/m^3 , 2.0 kg/m^3 aditivo espumante INCOL @ Aditive – Celulosa.	(4)
• Curado de especímenes de Concreto en el Laboratorio.	(39)
• Ensayo de Variación dimensional de los bloques (1.0 kg/m^3 , 1.5 kg/m^3 , 2.0 kg/m^3)	(3)
• Ensayo de Contenido Humedad de los bloques (1.0 kg/m^3 , 1.5 kg/m^3 , 2.0 kg/m^3)	(3)
• Ensayo Grado de Absorción de los bloques (1.0 kg/m^3 , 1.5 kg/m^3 , 2.0 kg/m^3)	(3)
• Ensayo Peso Específico de los bloques (1.0 kg/cm^3 , 1.5 kg/m^3 , 2.0 kg/m^3)	(3)
• Determinación de la Resistencia a la compresión a los 7 días del concreto en Bloques huecos (Patrón, 1.0 kg/cm^3 , 1.5 kg/m^3 , 2.0 kg/m^3)	(9)
• Determinación de la Resistencia a la compresión a los 14 días del concreto en Bloques huecos (Patrón 1.0 kg/cm^3 , 1.5 kg/m^3 , 2.0 kg/m^3)	(9)
• Determinación de la Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto en Bloques huecos (Patrón 1.0 kg/m^3 , 1.5 kg/m^3 , 2.0 kg/m^3)	(9)

Para dar cumplimiento a un capítulo de su proyecto de Tesis: "EI EMPLEO DEL ADITIVO ESPUMANTE Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO EN BLOQUES HUECOS PARA ALBAÑILERÍA NO ESTRUCTURAL" con Código N° IC_V_2025_070.

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

Lambayeque, 20 de Abril del 2025



DR. ING FARIAS FEIJOO JUAN HERMAN
DIRECTOR (e) DAIC – FICSA

UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFORME DE LABORATORIO FICSA - UNPRG

“EL EMPLEO DEL ADITIVO ESPUMANTE Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO EN BLOQUES HUECOS PARA ALBAÑILERÍA NO ESTRUCTURAL”

Autor:

Marco Chayanne Lingen Mendoza

Lenin Alfredo Rubio Cieza

Asesor:

Dr. Nelson Enrique Huangal Castañeda

Lambayeque, 2026

ENSAYOS EN EL LABORATORIO FICSA - UNPRG	Nº DE ENSAYO
Análisis granulométrico del agregado grueso	2
Ensayo de densidad suelta y compactada del agregado grueso	2
Contenido de humedad del agregado grueso	2
Peso específico agregado grueso	2
Grado de Absorción del agregado grueso	2
Elaboración de diseño de mezcla patrón $\rho = 1400\text{kg/m}^3$	1
Diseño de mezcla $\rho = 1400\text{kg/m}^3$ - Proporción de 1.0kg/m^3 , 1.5kg/m^3 , 2.0kg/m^3 aditivo espumante INCOL © Adittive-Celulosa.	4
Curado de especímenes de concreto en el laboratorio.	39
Ensayo de variación dimensional de los bloques (1.0kg/m^3 , 1.5kg/m^3 , 2.0kg/m^3).	3
Ensayo de contenido de humedad de los bloques (1.0kg/m^3 , 1.5kg/m^3 , 2.0kg/m^3).	3
Ensayo grado de absorción de los bloques (1.0kg/m^3 , 1.5kg/m^3 , 2.0kg/m^3).	3
Ensayo peso específico de los bloques (1.0kg/m^3 , 1.5kg/m^3 , 2.0kg/m^3).	3
Determinación de la resistencia a la compresión a los 7 días del concreto en bloques huecos (Patrón, 1.0kg/m^3 , 1.5kg/m^3 , 2.0kg/m^3).	9
Determinación de la resistencia a la compresión a los 14 días del concreto en bloques huecos (Patrón, 1.0kg/m^3 , 1.5kg/m^3 , 2.0kg/m^3).	9
Determinación de la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto en bloques huecos (Patrón, 1.0kg/m^3 , 1.5kg/m^3 , 2.0kg/m^3).	9

ENSAYOS EN EL LABORATORIO LEMS W&C EIRL	Nº DE ENSAYO
Curado de especímenes de concreto	36
Determinación de la resistencia a la compresión a los 7 días del concreto en bloques huecos (Patrón, 1.0kg/m^3 , 1.5kg/m^3 , 2.0kg/m^3).	4
Determinación de la resistencia a la compresión a los 14 días del concreto en bloques huecos (Patrón, 1.0kg/m^3 , 1.5kg/m^3 , 2.0kg/m^3).	4
Determinación de la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto en bloques huecos (Patrón, 1.0kg/m^3 , 1.5kg/m^3 , 2.0kg/m^3).	4
Determinación de la resistencia de pilas a los 28 días del concreto (1.0kg/m^3 , 1.5kg/m^3 , 2.0kg/m^3).	3
Determinación de la resistencia diagonal -Muretes a los 28 días del concreto (1.0kg/m^3 , 1.5kg/m^3 , 2.0kg/m^3).	3



TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	8
2.	GENERALIDADES.....	9
2.1.	TESIS	9
2.2.	OBJETIVO GENERAL	9
2.3.	OBJETIVO ESPECIFICO	9
2.4.	MATERIALES	9
2.4.1.	AGREGADO GRUESO	9
2.4.2.	CEMENTO.....	10
2.4.3.	ADITIVO	10
2.5.	DESCRIPCIÓN DE CANTERAS	10
2.5.1.	CANTERA PACHEREZ – PUCALA	10
2.5.2.	CANTERA LA VICTORIA - PATAPO.....	11
3.	NORMATIVA	11
3.1.	ENSAYOS DE AGREGADO GRUESO.....	11
3.1.1.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	11
3.1.2.	ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD	12
3.1.3.	ENSAYO DE PESO UNITARIO	12
3.1.4.	ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN	12
3.2.	DISEÑO DE MEZCLA	13
3.2.1.	ENSAYO DE CONCRETO ENDURECIDO	13
3.2.1.1.	ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL	13
3.2.1.2.	ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD	13
3.2.1.3.	ENSAYO DE GRADO DE ABSORCIÓN.....	13
3.2.1.4.	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	13
3.2.1.5.	ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PILAS	14
3.2.1.6.	ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL - MURETES.....	14
4.	ENSAYOS DE LABORATORIO	14
4.1.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	14
4.1.1.	OBJETIVOS.....	14
4.1.2.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	14
4.1.3.	PROCEDIMIENTO PARA AGREGADO GRUESO	15
4.2.	ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD	15
4.2.1.	OBJETIVOS.....	15
4.2.2.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	15



4.2.3.	PROCEDIMIENTO PARA AGREGADO GRUESO	15
4.3.	ENSAYO DE PESO UNITARIO	16
4.3.1.	OBJETIVOS.....	16
4.3.2.	MATERIALES Y EQUIPOS	16
4.3.3.	PROCEDIMIENTO PARA PESO UNITARIO SUELTO	16
4.3.4.	PROCEDIMIENTO PARA PESO UNITARIO VARILLADO	16
4.4.	ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN	17
4.4.1.	PROCEDIMIENTO PARA AGREGADO GRUESO	17
4.5.	ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL DE BLOQUES HUECOS.....	18
4.5.1.	REFERENCIA NORMATIVA.....	18
4.5.2.	OBJETIVOS DEL ENSAYO	18
4.5.3.	DESCRIPCIÓN GENERAL	18
4.5.4.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	19
4.5.5.	MÉTODO DEL ENSAYO.....	19
4.6.	ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE BLOQUES HUECOS.....	19
4.6.1.	REFERENCIA NORMATIVA.....	19
4.6.2.	OBJETIVOS DEL ENSAYO	19
4.6.3.	DESCRIPCIÓN GENERAL	19
4.6.4.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	20
4.6.5.	MÉTODO DEL ENSAYO.....	20
4.7.	ENSAYO GRADO DE ABSORCIÓN DE BLOQUES HUECOS	20
4.7.1.	REFERENCIA NORMATIVA.....	20
4.7.2.	OBJETIVOS DEL ENSAYO.....	20
4.7.3.	DESCRIPCIÓN GENERAL	21
4.7.4.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	21
4.7.5.	MÉTODO DEL ENSAYO.....	21
4.8.	ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DE MASA DE BLOQUES HUECOS.....	22
4.8.1.	REFERENCIA NORMATIVA.....	22
4.8.2.	OBJETIVOS DEL ENSAYO.....	22
4.8.3.	DESCRIPCIÓN GENERAL	22
4.8.4.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	22
4.8.5.	MÉTODO DEL ENSAYO.....	22
4.9.	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES HUECOS	23
4.9.1.	REFERENCIA NORMATIVA.....	23
4.9.2.	OBJETIVOS DEL ENSAYO.....	23



4.9.3.	DESCRIPCIÓN GENERAL	23
4.9.4.	MATERIALES Y EQUIPOS	23
4.9.5.	MÉTODO DEL ENSAYO	23
4.10.	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS	24
4.10.1.	REFERENCIA NORMATIVA	24
4.10.2.	OBJETIVOS DEL ENSAYO	24
4.10.3.	DESCRIPCIÓN GENERAL	24
4.10.4.	MATERIALES Y EQUIPOS	24
4.10.5.	MÉTODO DEL ENSAYO	24
4.11.	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL - MURETES	25
4.11.1.	REFERENCIA NORMATIVA	25
4.11.2.	OBJETIVOS DEL ENSAYO	25
4.11.3.	DESCRIPCIÓN GENERAL	25
4.11.4.	MATERIALES Y EQUIPOS	25
4.11.5.	MÉTODO DEL ENSAYO	26
5.	RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO	26
5.1.	ENSAYOS DE AGREGADO GRUESO	26
5.1.1.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	26
5.1.2.	ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD	28
5.1.3.	ENSAYO DE PESO UNITARIO	28
5.1.4.	ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y GRADO DE ABSORCIÓN	30
5.2.	DISEÑO DE MEZCLA	31
5.3.	ENSAYOS EN CONCRETO ENDURECIDO – BLOQUES HUECOS	33
5.3.1.	ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL	33
5.3.2.	ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD	34
5.3.3.	ENSAYO GRADO DE ABSORCIÓN	35
5.3.4.	ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DE MASA	35
5.3.5.	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	36
6.	CONCLUSIONES	39
7.	PANEL FOTOGRÁFICO	41



INDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1: Ruta hacia la cantera Pacherez. Fuente Google Maps.....	10
Imagen N° 2: Ruta hacia la cantera La Victoria. Fuente Google Maps.....	11
Imagen N° 3: Cuarteo del agregado para la obtención de una muestra representativa.	41
Imagen N° 4: de la muestra M-01 para los ensayos de caracterización	41
Imagen N° 5: Pesaje de la muestra M-02 para los ensayos de caracterización	42
Imagen N° 6: Secado de las muestras en horno hasta alcanzar masa constante, procedimiento previo necesario para los ensayos de contenido de humedad.....	42
Imagen N° 7: Pesaje de las muestras secas y recipientes (ensayo de contenido de humedad). 42	
Imagen N° 8: Pesaje de la muestra N° 01 para el ensayo granulométrico.	42
<i>Imagen N° 9: Ensayo granulométrico de la muestra N°01.</i>	42
Imagen N° 10: Determinación de la masa del material retenido por tamiz (muestra N°01).....	42
Imagen N° 11: Pesaje de la muestra N° 02 para el ensayo granulométrico	42
<i>Imagen N° 12: Ensayo granulométrico de la muestra N°02.</i>	42
<i>Imagen N° 13: Determinación de la masa del material retenido por tamiz (muestra N°01).</i>	42
<i>Imagen N° 14: Ensayo de peso volumétrico suelto</i>	42
Imagen N° 15: Toma de peso y medidas del recipiente.....	42
Imagen N° 16: Determinación del peso de la muestra suelta (3 registros – Muestra N°02).....	42
<i>Imagen N° 19: Ensayo de peso específico de masa (lavado de muestra para eliminar impurezas)</i>	42
Imagen N° 17: Ensayo de peso volumétrico varillado (Muestra N°02).....	42
Imagen N° 18: Determinación del peso de la muestra suelta (3 registros-Muestra N°02)	42
Imagen N° 20: Secado de muestra en horno hasta alcanzar masa constante	42
Imagen N° 21: Saturación de muestra	42
<i>Imagen N° 22: Toma de muestra (5kg) para el ensayo de peso específico de masa.</i>	42
Imagen N° 23: Secado de muestra superficialmente	42
Imagen N° 24: Peso de muestra saturada superficialmente seca.....	42
<i>Imagen N° 25: Peso de muestra sumergida en agua</i>	42
Imagen N° 26: Elaboración de moldes de madera (30x12x19) para la elaboración de bloques.42	
<i>Imagen N° 27: Materiales y equipos.</i>	42
Imagen N° 28: Dosificación y preparación del aditivo	42
Imagen N° 29: Pesaje de materiales para la preparación de la mezcla según diseño de mezcla.	42



<i>Imagen N° 30: Colocación del aditivo espumante al equipo generador de espuma.....</i>	<i>42</i>
<i>Imagen N° 31: Mezcla de agua y cemento.....</i>	<i>42</i>
<i>Imagen N° 32: Adición de los 2/3 de confitillo.</i>	<i>42</i>
<i>Imagen N° 33: Se obtiene una mezcla de baja consistencia (seca).</i>	<i>42</i>
<i>Imagen N° 34: Adición de la espuma generada + 1/3 del confitillo faltante.</i>	<i>42</i>
<i>Imagen N° 35: Colocación de la mezcla en los moldes para la elaboración de bloques.....</i>	<i>42</i>
<i>Imagen N° 36: Se obtiene una mezcla de alta consistencia (fluida).....</i>	<i>42</i>
<i>Imagen N° 37: Elaboración de muretes.</i>	<i>42</i>
<i>Imagen N° 38: Traslado de bloques al laboratorio de la UNPRG.</i>	<i>42</i>
<i>Imagen N° 39: Elaboración de pilas.</i>	<i>42</i>
<i>Imagen N° 40: ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL.....</i>	<i>42</i>
<i>Imagen N° 41: ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD.....</i>	<i>42</i>
<i>Imagen N° 42 : ENSAYO GRADO DE ABSORCION.</i>	<i>42</i>
<i>Imagen N° 43: ENSAYO PESO ESPECIFICO.....</i>	<i>42</i>
<i>Imagen N° 44: Ensayo a la compresión a los 7 y 14 días (Laboratorio De Materiales FICSA).....</i>	<i>42</i>
<i>Imagen N° 45: Ensayo a la compresión a los 7 y 14 días (Laboratorio)</i>	<i>42</i>
<i>Imagen N° 46: Ensayo a la compresión a los 28 días (Laboratorio)</i>	<i>42</i>
<i>Imagen N° 47: Ensayo a la compresión a los 28 días (Laboratorio De Materiales FICSA)</i>	<i>42</i>
<i>Imagen N° 48: ENSAYO COMPRESION DE PILAS (Laboratorio)</i>	<i>42</i>
<i>Imagen N° 49: ENSAYO: COMPRESION DIAGONAL (MURETES) (Laboratorio).....</i>	<i>42</i>



1. INTRODUCCIÓN

En el Perú, la autoconstrucción es una práctica ampliamente extendida, especialmente en zonas urbanas y periurbanas, donde gran parte de las edificaciones destinadas a vivienda se levantan sin planos estructurales, sin la intervención de profesionales técnicos y sin el cumplimiento riguroso de las normativas de construcción. Esta situación conlleva a la utilización de elementos de albañilería no estructural, como bloques de concreto elaborados artesanalmente, los cuales presentan deficiencias importantes en cuanto a calidad y uniformidad. En particular, el empleo de agregados (arena y grava) sin control granulométrico ni cumplimiento de estándares técnicos influye negativamente en propiedades fundamentales del bloque, tal cual la durabilidad compresiva, la densidad, la retención líquida y la perdurabilidad.

Considerando las circunstancias vigentes constructivas sostenibles, la búsqueda de insumos más livianos, eficientes y de menor impacto ambiental ha llevado al desarrollo de nuevas tecnologías como el concreto celular. Este tipo de concreto, caracterizado por su estructura porosa generada mediante aditivos espumantes, ofreciendo bienestar significativos en rasgos de reducción de peso, facilidad de manipulación y aislamiento térmico y acústico. En particular, su aplicación en bloques huecos para albañilería no estructural representa una alternativa viable frente a los materiales convencionales, especialmente en edificaciones de bajo requerimiento resistente. Sin embargo, la incorporación de aditivos espumantes puede modificar sustancialmente las particularidades físico- carga de la mezcla, por lo que es necesario evaluar su repercusión sobre el funcionamiento del compuesto.



2. GENERALIDADES

2.1. TESIS

“EL EMPLEO DEL ADITIVO ESPUMANTE Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO EN BLOQUES HUECOS PARA ALBAÑILERÍA NO ESTRUCTURAL”

2.2. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia del empleo del aditivo espumante en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en bloques huecos para albañilería no estructural.

2.3. OBJETIVO ESPECIFICO

- Elaborar el diseño de mezcla de concreto para un peso específico $\rho = 1400 \text{ kg/m}^3$
- Elaborar 90 bloques de concreto $\rho = 1400 \text{ kg/m}^3$, incorporando aditivo espumante INCOL © Adittive-Celulosa al (1.0kg/m³, 1.5kg/m³, 2.0kg/m³).
- Realizar ensayo de la variación dimensional a los bloques huecos considerando la incorporación del aditivo espumante al (1.0kg/m³, 1.5kg/m³, 2.0kg/m³).
- Realizar ensayo de contenido de humedad a los bloques huecos considerando la incorporación del aditivo espumante al (1.0kg/m³, 1.5kg/m³, 2.0kg/m³).
- Realizar ensayo grado de absorción a los bloques huecos considerando la incorporación del aditivo espumante al (1.0kg/m³, 1.5kg/m³, 2.0kg/m³).
- Realizar ensayo a la compresión a los 7,14 y 28 días a los bloques huecos considerando la incorporación del aditivo espumante al (1.0kg/m³, 1.5kg/m³, 2.0kg/m³).
- Realizar ensayo a la compresión de pilas considerando la incorporación del aditivo espumante al (1.0kg/m³, 1.5kg/m³, 2.0kg/m³).
- Realizar ensayo compresión diagonal – Muretes considerando la incorporación del aditivo espumante al (1.0kg/m³, 1.5kg/m³, 2.0kg/m³).

2.4. MATERIALES

2.4.1. AGREGADO GRUESO

Para los ensayos se usó el agregado grueso de la Cantera Pacherez- Pucalá y de la Cantera La Victoria - Pátapo.

2.4.2. CEMENTO

Para los ensayos se utilizó el Cemento Portland Pacasmayo – Tipo I.

2.4.3. ADITIVO

Para los ensayos se utilizó el aditivo INCOL © Adittive-Celulosa, Agente espumante para hormigón celulosa.

2.5. DESCRIPCIÓN DE CANTERAS

2.5.1. CANTERA PACHERREZ – PUCALA

La cantera Pacherrez es una cantera que abastece de agregados que se emplean en la construcción de obras en el departamento de Lambayeque. Esta cantera está ubicada en el valle chancay distrito de Pucalá provincia de Chiclayo, en el departamento de Lambayeque. Aproximadamente a 01 km al sur del centro Poblado Menor del mismo nombre. Las coordenadas geográficas son 6° 35' de latitud sur y de 79° 21' latitud oeste. Dicha cantera tiene una extensión de 100 hectáreas aproximadamente.

Rutas para llegar a la cantera PACHERREZ:

Ruta	Carretera	Distancia	Tiempo
Lambayeque – Pacherrez	Asfaltada y trocha carrozable	74.9 km	2 horas
Pacherrez - Cantera	Trocha carrozable	2.4 km	05 min

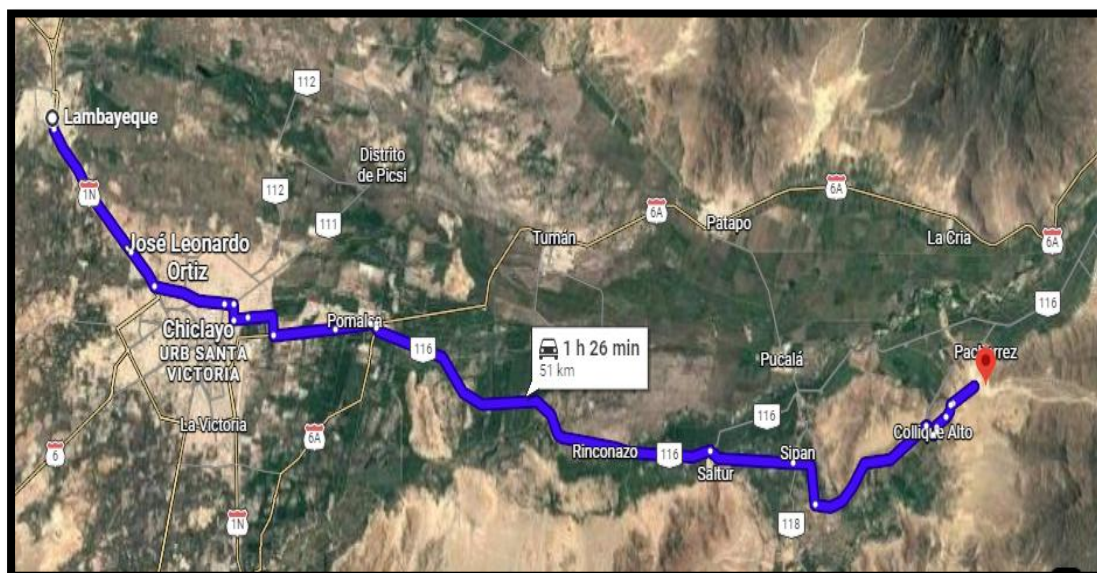


Imagen N° 1: Ruta hacia la cantera Pacherrez. Fuente Google Maps

2.5.2. CANTERA LA VICTORIA - PATAPO

La cantera La Victoria se encuentra ubicada en el sector Pampa La Victoria o Pampa de Burros del distrito de Pátapo, provincia de Chiclayo.

Dicha cantera está ligada a la historia de las obras de concreto en las ciudades Chiclayo; Pimentel, Reque y Lambayeque del manual de ensayos de materiales para carretas del MTC (EM -2000).

Se describe a la cantera con las siguientes características:

Arenas mal gravadas con poco o nada de fino.

- Uso: Arena fina para concreto
- Ubicación: Pampa de Burros
- Área: 1.04 ha
- Potencia: 11,942.34 m³
- Rendimiento: 93.3%
- Acceso: tiene



Imagen N° 2: Ruta hacia la cantera La Victoria. Fuente Google Maps

3. NORMATIVA

3.1. ENSAYOS DE AGREGADO GRUESO

3.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

El proceso se realizó en cumplimiento de las especificaciones técnicas contemplando en la normativa:

- MTC E 204: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS



- N.T.P.400.012: AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo.
- ASTM C136: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.

3.1.2. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

El proceso se realizó en cumplimiento de las especificaciones técnicas contemplando en la normativa:

- MTC E 215: MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO
- N.T.P.339.185: AGREGADOS. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método del ensayo.
- ASTM C566: Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying.

3.1.3. ENSAYO DE PESO UNITARIO

El proceso se realizó en cumplimiento de las especificaciones técnicas contemplando en la normativa:

- MTC E 203: PESO UNITARIO Y VACÍOS DE LOS AGREGADO
- N.T.P.400.017: AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.
- ASTM C29: Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate.

3.1.4. ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

El proceso se realizó en cumplimiento de las especificaciones técnicas contemplando en la normativa:

- MTC E 206: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS
- N.T.P.400.021: AGREGADOS. Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Método de ensayo.
- ASTM C127: Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate.



3.2. DISEÑO DE MEZCLA

Para el diseño de mezcla se utilizó el Método del ACI 523.3R (Guía para concreto celular denso de más de 800 kg/m³).

3.2.1. ENSAYO DE CONCRETO ENDURECIDO

3.2.1.1. ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

El proceso se realizó en cumplimiento de las especificaciones técnicas contempladas en la normativa:

- NTP 399.602: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Bloques de concreto para uso estructural. Requisitos.
- ASTM C140/C140M: Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units.

3.2.1.2. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

El proceso se realizó en cumplimiento de las especificaciones técnicas contempladas en la normativa:

- NTP 399.602: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Bloques de concreto para uso estructural. Requisitos.
- ASTM C140/C140M: Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units.

3.2.1.3. ENSAYO DE GRADO DE ABSORCIÓN

El proceso se realizó en cumplimiento de las especificaciones técnicas contempladas en la normativa:

- NTP 399.602: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Bloques de concreto para uso estructural. Requisitos.
- ASTM C140/C140M: Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units.

3.2.1.4. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

El proceso se realizó en cumplimiento de las especificaciones técnicas contempladas en la normativa:

- NTP 399.602: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Bloques de concreto para uso estructural. Requisitos.
- ASTM C140/C140M: Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units.



3.2.1.5. ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PILAS

El proceso se realizó en cumplimiento de las especificaciones técnicas contempladas en la normativa:

- NTP 399.605:2013. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería.
- ASTM C1314: Standard Test Method for Compressive Strength of Masonry Prisms.

3.2.1.6. ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL - MURETES

El proceso se realizó en cumplimiento de las especificaciones técnicas contempladas en la normativa:

- NTP 399.621 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería
- ASTM E519 (Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages).

4. ENSAYOS DE LABORATORIO

4.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

4.1.1. OBJETIVOS

- Determinar las condiciones que deben satisfacer el agregado grueso para ser empleados en la elaboración del concreto.
- Analizar la distribución del tamaño de partículas del agregado grueso mediante el tamizado, determinando el porcentaje que retiene cada malla, para posteriormente elaborar la curva granulométrica a partir de los datos obtenidos.
- Evaluar mediante cálculo y análisis granulométrico, si las muestras del agregado grueso se encuentran dentro de los límites establecidos por la Norma Técnica Peruanas y las especificaciones ASTM aplicables.

4.1.2. MATERIALES Y EQUIPOS

- Balanza digital con aproximación de 0.1g.
- Tamices para granulometría de agregado fino y grueso.
- Bandejas metálicas.
- Cucharón
- Agregado grueso (Confitillo)
- Brocha
- Estufa ($110 \pm 5^\circ\text{C}$).



4.1.3. PROCEDIMIENTO PARA AGREGADO GRUESO

- Se tomó una muestra de confitillo de 5kg ya seleccionado por el método del cuarteo.
- Se pasó toda la muestra por los tamices siguientes: 2 ½", 2", 1 ½", ¾", ½", 3/8", N°4.
- Se pesó cada una de las cantidades de muestra retenidas en cada tamiz, obteniendo así los pesos retenidos.
- A partir de los datos obtenidos, se procede a efectuar los cálculos del % retenido, % retenido acumulado, % que pasa, el tamaño máximo, el tamaño máximo nominal para luego dibujar la curva granulométrica.

4.2. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

4.2.1. OBJETIVOS

- Establecer el porcentaje de humedad presente en los agregados, para evaluar su calidad para su uso en la producción de concreto.

4.2.2. MATERIALES Y EQUIPOS

- Balanza digital con aproximado de 0.1g.
- Estufa (110± °5C).
- Recipientes
- Muestra de agregado grueso.

4.2.3. PROCEDIMIENTO PARA AGREGADO GRUESO

- Se tomó una muestra de arena y se colocó en un recipiente para poder pesarlo, este peso corresponde al material en su estado húmedo.
- Posteriormente el recipiente con la muestra se coloca en un horno a una temperatura de 110°C durante 24 horas.
- Una vez transcurrido el tiempo, se retira el recipiente con la muestra, se deja enfriar y luego se procede a pesarlo. Este valor corresponde al peso del material en su estado seco (2).
- La diferencia entre el peso del material en su estado húmedo y el peso en su estado seco nos permite determinar el peso del agua (1).
- Al dividir este valor entre el peso de la muestra seca, se obtiene el valor del contenido de humedad.

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{(1) - (2)}{\text{Peso de la muestra seca}}$$



4.3. ENSAYO DE PESO UNITARIO

4.3.1. OBJETIVOS

- Establecer el peso unitario suelto y el peso unitario compactado del agregado grueso, siguiendo los lineamientos de la NTP 400.017 y la MTC E203, como parte fundamental para elaborar un diseño de mezcla adecuado.

4.3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

- Balanza digital con aproximación de 0.1g.
- Muestra de agregado grueso
- Cucharón
- Regla o varilla de apisonado de punta esférica
- Moldes para agregado fino y agregado grueso
- Recipientes
- Estufa (110± °5C).

4.3.3. PROCEDIMIENTO PARA PESO UNITARIO SUELTO

- Se lleva a cabo la medición del volumen de los moldes para agregados.
- Para determinar el peso unitario suelto del agregado grueso, primero se vierte el material en el molde utilizando un cucharón, dejándolo caer desde una altura máxima de 50mm (2”), hasta que el agregado sobresalga del recipiente.
- Luego se elimina lo que sobra con la regla.
- Posteriormente se calcula el peso del recipiente más el contenido.
- Finalmente, con los datos obtenidos se calcula el peso unitario con la siguiente fórmula:

$$PU = \frac{(G-T)}{V}$$

Donde:

PU= Densidad de masa del agregado, kg/m³.

G= Masa del agregado más el recipiente, kg.

T= Masa del recipiente, kg.

V= Volumen del recipiente, m³.

4.3.4. PROCEDIMIENTO PARA PESO UNITARIO VARILLADO

- Para determinar el peso unitario compactado del agregado grueso, se emplea el método de apisonamiento. Inicialmente, se llena un tercio del recipiente con el



agregado y se nivela la superficie con una regla. Se compacta la primera capa de agregado aplicando 25 golpes uniformemente distribuidos con el extremo semiesférico de la varilla. Luego, se llena hasta completar dos tercios del volumen del recipiente, se nivela nuevamente la superficie y se repite el procedimiento con otros 25 golpes. Finalmente, se llena el recipiente hasta que rebose, se aplican 25 golpes adicionales y, una vez lleno, se enrasan los bordes con una regla. Posteriormente, se pesa el recipiente con el agregado.

- Finalmente se calcula el peso unitario con la siguiente expresión:

$$PU = \frac{(G-T)}{V}$$

Donde:

PU= Densidad de masa del agregado, kg/m³.

G= Masa del agregado más el recipiente, kg.

T= Masa del recipiente, kg.

V= Volumen del recipiente, m³.

4.4. ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

4.4.1. PROCEDIMIENTO PARA AGREGADO GRUESO

4.4.1.1. REFERENCIA NORMATIVA

- NTP 400.021:2020. AGREGADOS. Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Método de ensayo.

4.4.1.2. OBJETIVOS

- Determinar la densidad relativa (peso específico) y la absorción del agregado grueso.

4.4.1.3. DESCRIPCIÓN GENERAL

- La densidad relativa del agregado es la relación entre la masa del agregado seco y el volumen total que ocupa, considerando sus poros. En cuanto a la absorción nos indica la cantidad de agua que el agregado puede retener dentro de sus poros después de estar sumergido y saturado. Estas propiedades son esenciales para determinar el comportamiento del agregado en la mezcla y asegurar la calidad del concreto.

4.4.1.4. MATERIALES Y EQUIPOS

- Balanza eléctrica con aproximación de 0.01g.



- Muestra representativa de agregado grueso.
- Recipiente para colocar la muestra y llevarla al horno.
- Cesta: Una canasta de alambre de 3.35mm (N°6) o de malla más fina o un cubo de aproximadamente el mismo ancho y altura, con una capacidad de 4 a 7 litros.
- Depósito de agua: Un recipiente hermético, en el que se coloca el recipiente de la muestra mientras está suspendido debajo de la balanza.
- Tamices: Un tamiz de 4.7mm (N°4) u otros tamaños según sea necesario.
- Estufa ($110 \pm 5^\circ\text{C}$).

4.4.1.5. MÉTODOS PARA AGREGADO GRUESO

- Balanza eléctrica con aproximación de 0.01g.
- Muestra representativa de agregado grueso.
- Recipiente para colocar la muestra y llevarla al horno.
- Cesta: Una canasta de alambre de 3.35mm (N°6) o de malla más fina o un cubo de aproximadamente el mismo ancho y altura, con una capacidad de 4 a 7 litros.
- Depósito de agua: Un recipiente hermético, en el que se coloca el recipiente de la muestra mientras está suspendido debajo de la balanza.
- Tamices: Un tamiz de 4.7mm (N°4) u otros tamaños según sea necesario.
- Estufa ($110 \pm 5^\circ\text{C}$).

4.5. ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL DE BLOQUES HUECOS

4.5.1. REFERENCIA NORMATIVA

- NTP 399.602. Unidades de Albañilería. Bloques de concreto para uso estructural. Requisitos.

4.5.2. OJETIVOS DEL ENSAYO

- Determinar las dimensiones reales (largo, ancho y altura) de los bloques huecos de concreto.

4.5.3. DESCRIPCIÓN GENERAL

- El ensayo de variación dimensional consiste en medir las dimensiones principales del bloque hueco de concreto (longitud, ancho y altura), utilizando instrumentos de precisión, con el fin de comparar los valores obtenidos con las dimensiones nominales especificadas por el fabricante o por la norma técnica.
- Las mediciones se realizan en varios puntos de cada unidad para obtener un valor promedio representativo y así determinar la variación dimensional y verificar si se encuentra dentro de las tolerancias permitidas.



4.5.4. MATERIALES Y EQUIPOS

- Vernier o calibrador metálico de precisión.
- Regla metálica graduada (mínimo 30 cm o 50 cm según tamaño del bloque).
- Escuadra metálica.
- Superficie plana y nivelada.
- Formato de registro de datos.
- Lápiz o marcador.

4.5.5. MÉTODO DEL ENSAYO

- Se seleccionan aleatoriamente las unidades representativas del lote.
- Los bloques deben estar limpios, libres de polvo o partículas sueltas.
- Se mide la longitud, ancho y altura en al menos dos puntos diferentes por dimensión.
- Se obtiene el promedio de las mediciones para cada dimensión.
- Se compara la dimensión promedio obtenida con la dimensión nominal del bloque.

$$\Delta = \text{Dimensión medida} - \text{Dimensión nominal}$$

- Se comprueba si las variaciones se encuentran dentro de las tolerancias establecidas en la norma correspondiente.

4.6. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE BLOQUES HUECOS

4.6.1. REFERENCIA NORMATIVA

- NTP 399.602. Unidades de Albañilería. Bloques de concreto para uso estructural. Requisitos.

4.6.2. OJETIVOS DEL ENSAYO

- Determinar el porcentaje de humedad presente en los bloques huecos de concreto al momento del ensayo.

4.6.3. DESCRIPCIÓN GENERAL

- El ensayo de contenido de humedad consiste en determinar la cantidad de agua presente en el bloque hueco de concreto, expresada como porcentaje respecto a su peso seco al horno.
- Para ello, se registra el peso del bloque en estado natural (húmedo), luego se somete a secado en estufa a temperatura controlada hasta alcanzar peso constante. La diferencia entre ambos pesos permite calcular el contenido de humedad.



4.6.4. MATERIALES Y EQUIPOS

- Estufa de secado con control de temperatura (110 ± 5 °C).
- Balanza digital con precisión mínima de 0.01 kg.
- Recipientes metálicos o bandejas resistentes al calor.
- Formato de registro de datos.

4.6.5. MÉTODO DEL ENSAYO

- Se seleccionan los bloques representativos del lote.
- Se pesa el bloque en condición natural y se registra como Peso recibido del espécimen (W_r).
- El bloque se introduce en la estufa a 110 ± 5 °C hasta alcanzar peso constante (generalmente 24 horas o hasta variación mínima entre pesadas consecutivas), se registra como Peso seco al horno del espécimen (W_d).
- Se satura el espécimen y se registra el valor como Peso saturado del espécimen (W_s)
- Cálculo del Contenido de Humedad (%):

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{(W_r - W_d)}{(W_s - W_d)} \times 100$$

Donde:

W_r = Peso recibido del espécimen

W_d = Peso seco al horno del espécimen

W_s = Peso saturado del espécimen

- Se anotan los resultados y se comparan con criterios de control de calidad si corresponde.

4.7. ENSAYO GRADO DE ABSORCIÓN DE BLOQUES HUECOS

4.7.1. REFERENCIA NORMATIVA

- NTP 399.602. Unidades de Albañilería. Bloques de concreto para uso estructural. Requisitos.

4.7.2. OBJETIVOS DEL ENSAYO

- Determinar la capacidad de absorción de agua de los bloques huecos de concreto.
- Evaluar la porosidad del bloque.



4.7.3. DESCRIPCIÓN GENERAL

- El ensayo de grado de absorción consiste en medir la cantidad de agua que un bloque hueco de concreto puede absorber bajo condiciones controladas, expresada como porcentaje respecto a su peso seco al horno.
- Primero, la unidad se seca en estufa hasta peso constante. Luego se sumerge en agua durante un período determinado (generalmente 24 horas).

4.7.4. MATERIALES Y EQUIPOS

- Estufa de secado (110 ± 5 °C).
- Balanza digital con precisión adecuada.
- Recipiente o tanque de inmersión con agua limpia.
- Paños absorbentes.
- Formato de registro de datos.

4.7.5. MÉTODO DEL ENSAYO

- Se seleccionan bloques representativos del lote.
- Se colocan las unidades en la estufa a 110 ± 5 °C hasta alcanzar peso constante.
- Se registra el Peso seco al horno del espécimen (W_d).
- Los bloques se sumergen completamente en agua a temperatura ambiente durante 24 horas.
- Se registra el Peso saturado del espécimen (W_s)
- Se retiran los bloques del agua, se eliminan las gotas superficiales con un paño húmedo y se registra el Peso sumergido del espécimen (W_i)
- Cálculo del grado de absorción:

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{(W_s - W_d)}{(W_s - W_i)} \times 100$$

Donde:

W_s = Peso saturado del espécimen.

W_d = Peso seco al horno del espécimen.

W_i = Peso sumergido del espécimen.

- Se comparan los resultados con los límites establecidos en la norma correspondiente.



4.8. ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DE MASA DE BLOQUES HUECOS

4.8.1. REFERENCIA NORMATIVA

- NTP 399.602. Unidades de Albañilería. Bloques de concreto para uso estructural. Requisitos.

4.8.2. OBJETIVOS DEL ENSAYO

- Determinar el peso específico (densidad) de los bloques huecos de concreto.

4.8.3. DESCRIPCIÓN GENERAL

- El ensayo de peso específico de masa se basa en el principio de Arquímedes, determinando el volumen del espécimen mediante el desplazamiento de agua.
- Se obtiene el peso seco al horno, el peso saturado superficialmente seco y el peso sumergido en agua. Con estos valores se calcula el volumen del espécimen y posteriormente su densidad o peso específico de masa.

4.8.4. MATERIALES Y EQUIPOS

- Estufa de secado (110 ± 5 °C).
- Balanza digital con precisión mínima de 1 g.
- Recipiente con agua limpia.
- Dispositivo para suspensión del espécimen en agua.

4.8.5. MÉTODO DEL ENSAYO

- El espécimen se seca en estufa a 110 ± 5 °C hasta alcanzar peso constante.

Se registra:

A = Peso seco al horno

- El bloque se sumerge en agua durante 24 horas.
- Se retira y se seca superficialmente con un paño húmedo.

Se registra:

B = Peso saturado superficialmente seco

- El espécimen se pesa suspendido dentro del agua.

Se registra:

C = Peso sumergido

- Cálculo del volumen:

$$V = B - C$$

- Cálculo del Peso Específico de Masa:

$$PEM = \frac{A}{B - C}$$



Donde:

A = Peso seco al horno (g)

B = Peso saturado superficialmente seco (g)

C = Peso sumergido (g)

4.9. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES HUECOS

4.9.1. REFERENCIA NORMATIVA

- NTP 399.602. Unidades de Albañilería. Bloques de concreto para uso estructural. Requisitos.

4.9.2. OBJETIVOS DEL ENSAYO

- Determinar la resistencia a la compresión de los bloques huecos de concreto.

4.9.3. DESCRIPCIÓN GENERAL

- El ensayo de resistencia a la compresión consiste en someter el bloque hueco de concreto a una carga axial creciente aplicada mediante una máquina de compresión, hasta producir la falla.
- La carga máxima soportada por la unidad se divide entre el área correspondiente (bruta o neta, según lo indique la norma) para determinar la resistencia a la compresión, expresada en MPa o kg/cm².

4.9.4. MATERIALES Y EQUIPOS

- Máquina universal de compresión calibrada.
- Placas de acero de apoyo.
- material de nivelación.
- Regla metálica o vernier para medir dimensiones.
- Formato de registro de datos.

4.9.5. MÉTODO DEL ENSAYO

- Los bloques deben estar secos y limpios.
- Se miden largo y ancho del bloque para determinar el área de carga.
- Se calcula el área bruta (Ab) o área neta (An) según corresponda.
- El bloque se coloca centrado entre las placas de la máquina de compresión.
- Se verifica alineamiento correcto.
- Se aplica carga axial continua y uniforme hasta la falla.
- Se registra la carga máxima (P).



- Cálculo de la resistencia

$$f' = \frac{P}{A}$$

Donde:

f' = Resistencia a la compresión

P = Carga máxima aplicada

A = Área bruta o neta

4.10. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS

4.10.1. REFERENCIA NORMATIVA

- NTP 399.605:2013. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería.

4.10.2. OBJETIVOS DEL ENSAYO

- Determinar la resistencia a la compresión axial de pilas (prismas) de albañilería.

4.10.3. DESCRIPCIÓN GENERAL

- El ensayo consiste en someter una pila (prisma) conformada por bloques huecos unidos con mortero a una carga axial creciente hasta su falla.
- A diferencia del ensayo en unidades individuales, este procedimiento evalúa el comportamiento integral del sistema de albañilería. La resistencia se determina dividiendo la carga máxima aplicada entre el área transversal neta del prisma.

4.10.4. MATERIALES Y EQUIPOS

- Máquina universal de compresión calibrada.
- Placas de acero de apoyo.
- Mortero de asentado.
- Instrumentos de medición (regla metálica, vernier).
- Nivel y escuadra.
- Formato de registro de datos.

4.10.5. MÉTODO DEL ENSAYO

- Se construyen pilas generalmente de dos o tres bloques unidos con mortero.
- Se respetan espesores de juntas según norma.
- Se dejan curar por el período establecido (usualmente 28 días).
- Se verifican dimensiones y alineamiento.
- Se mide largo y ancho de la sección transversal.
- Se calcula el área neta (An) del prisma.



- Se coloca la pila centrada en la máquina de compresión.
- Se aplica carga axial continua y uniforme hasta la falla.
- Se registra la carga máxima ($P_{m\acute{a}x}$).
- Se calcula la resistencia del prisma de albañilería mediante la siguiente ecuación.

$$f_m = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A_n}$$

Donde:

f_m = Resistencia del prisma de albañilería, kg/cm²

$P_{m\acute{a}x}$ = Carga de compresión máxima, kg

A_n = Área neta promedio del espécimen, cm².

- Se calcula la resistencia a la compresión de albañilería mediante la siguiente ecuación.

$$f_{mt} = f_m \times \text{Factor de corrección}$$

4.11. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL - MURETES

4.11.1. REFERENCIA NORMATIVA

- NTP 399.621 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería

4.11.2. OBJETIVOS DEL ENSAYO

- Determinar la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de la albañilería.

4.11.3. DESCRIPCIÓN GENERAL

- El ensayo de compresión diagonal consiste en aplicar una carga de compresión a lo largo de una diagonal de un murete cuadrado de albañilería.
- Aunque la carga aplicada es de compresión, el estado de esfuerzos generado en el centro del panel produce esfuerzos de tracción diagonal y corte, permitiendo determinar la resistencia al corte de la albañilería.

4.11.4. MATERIALES Y EQUIPOS

- Máquina universal de compresión calibrada.
- Dispositivo de carga con placas metálicas diagonales.
- Muretes de bloques huecos previamente contruidos y curados.
- Mortero de asentado.
- Instrumentos de medición (regla, vernier).
- Nivel y escuadra.
- Formato de registro de datos.

4.11.5. MÉTODO DEL ENSAYO

- Se construye un murete cuadrado (generalmente 60 cm × 60 cm aproximadamente).
- Se respetan espesores de juntas de mortero.
- Se marcan las diagonales.
- Se colocan placas metálicas en las esquinas opuestas donde se aplicará la carga.
- El murete se coloca en posición vertical.
- Se aplica carga de compresión a lo largo de una diagonal de manera continua y uniforme hasta la falla.
- Se registra la carga máxima ($P_{m\acute{a}x}$).
- Cálculo del esfuerzo cortante

$$V_m = \frac{0.707 P_{m\acute{a}x}}{A_b}$$

Donde:

V_m : Esfuerzo cortante sobre el área bruta de la diagonal, kg/cm²

$P_{m\acute{a}x}$: Carga máxima aplicada, kg

A_b : Área bruta de la diagonal cargada del murete, cm², se calcula así:

$$A_b = \frac{(L + H)}{2} \times t$$

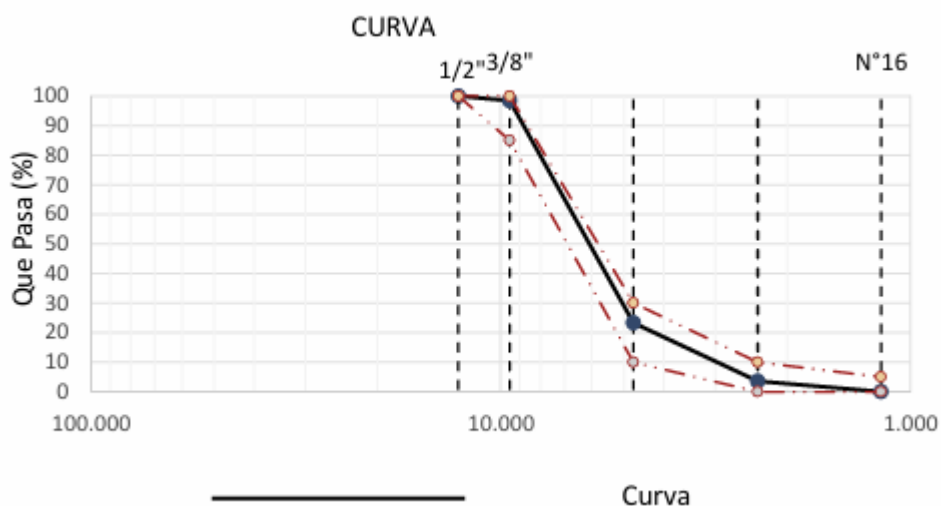
5. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

5.1. ENSAYOS DE AGREGADO GRUESO

5.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

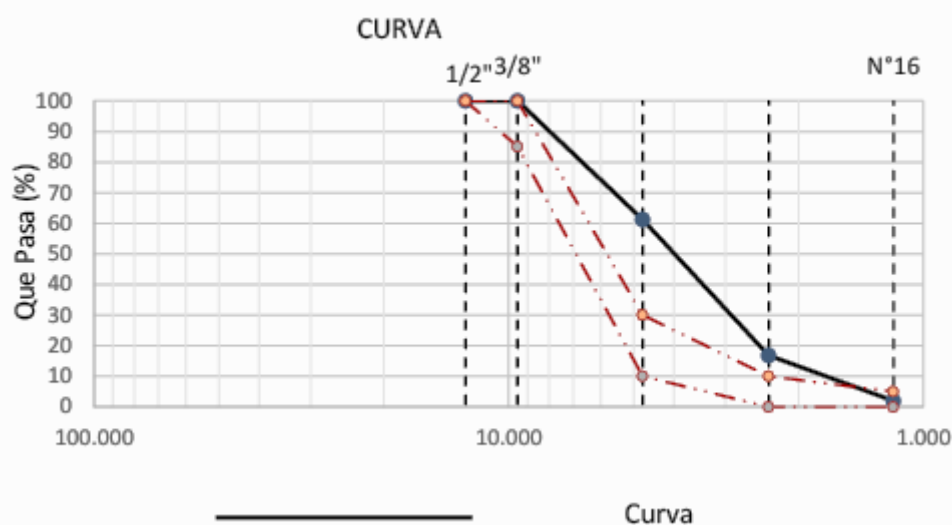
Análisis granulométrico del confitillo de Pacherez - Pucalá

Peso seco inicial de la Muestra M-01			5000 gr				
Tamiz		Peso Retenido	% Retenido		% Que Pasa	Especificaciones	
pulg.	mm.		Total %	Acumulado %		Minimo	Máximo
2"	50.00				100.0		
1 1/2"	38.00				100.0		
1"	25.00				100.0		
3/4"	19.00				100.0		
1/2"	12.50				100.0	100.0	100.0
3/8"	9.52	9.2	0.18	0.2	99.8	90.0	100.0
1/4"	6.25	272.1	5.44	5.6	94.4	90.0	100.0
N° 4	4.75	2147.6	42.95	48.6	51.4	20.0	55.0
N° 8	2.36	2441.0	48.82	97.4	2.6	5.0	30.0
N° 16	1.18	119.9	2.40	99.8	0.2	0.0	10.0
Platillo		10.2	0.20	100.0	0.0	0.0	5.0
Tamaño Máximo			3/8"	Tamaño Máximo Nominal			1/4"



Análisis granulométrico del confitillo de Victoria - Pátapo

Peso seco inicial de la Muestra M-01			5000 gr				
Tamiz		Peso Retenido	% Retenido		% Que Pasa	Especificaciones	
pulg.	mm.		Total %	Acumulado %		Mínimo	Máximo
2"	50.00				100.0		
1 1/2"	38.00				100.0		
1"	25.00				100.0		
3/4"	19.00				100.0		
1/2"	12.50				100.0	100.0	100.0
3/8"	9.52				100.0	90.0	100.0
1/4"	6.25	171.6	3.43	3.4	96.6	90.0	100.0
N° 4	4.75	2257.3	45.15	48.6	51.4	20.0	55.0
N° 8	2.36	2389.0	47.78	96.4	3.6	5.0	30.0
N° 16	1.18	168.5	3.37	99.7	0.3	0.0	10.0
Platillo		13.6	0.27	100.0	0.0	0.0	5.0
Tamaño Máximo			1/4"	Tamaño Máximo Nominal			N° 4





5.1.2. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

TIPO DE AGREGADO: CONFITILLO - M1

PROCEDENCIA: Cantera Pacherez -Pucalá

MATERIALES	CONFITILLO (M-1)
1. Peso del recipiente + muestra húmeda	6270 gr
2. Peso de recipiente + muestra seca	6250 gr
3. Peso del agua	20 gr
4. Peso del recipiente	532.6 gr
5. Peso de la muestra seca	5717 gr
6. Contenido de Humedad (%)	0.35%

TIPO DE AGREGADO: CONFITILLO - M2

PROCEDENCIA: La Victoria – Pátapo

MATERIALES	CONFITILLO (M-2)
1. Peso del recipiente + muestra húmeda	6790 gr
2. Peso de recipiente + muestra seca	6785 gr
3. Peso del agua	5 gr
4. Peso del recipiente	1649.7 gr
5. Peso de la muestra seca	5135 gr
6. Contenido de Humedad (%)	0.10%

5.1.3. ENSAYO DE PESO UNITARIO

TIPO DE AGREGADO: CONFITILLO - M1

PROCEDENCIA: Cantera Pacherez -Pucalá

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO - M1

DATOS:

MOLDE		
Diámetro	23.6	cm
Altura	24.7	cm
Volumen	10804.65	cm ³

Pesada	Peso de muestra + molde	
1er	18255	gr
2do	18270	gr
3er	18260	gr
Promedio	18261.67	gr

Tipo de muestra	Cantidad	Unidad
1. Peso de muestra + molde	18261.67	gr
2. Peso de Molde	4980.00	gr
3. Peso de Muestra	13281.67	gr
4. Volumen del molde	10804.65	cm ³



5. Peso Volumétrico suelto 1.23 gr/cm³

PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO - M1

Pesada	Peso de muestra + molde	
1er	20380	gr
2do	20385	gr
3er	20370	gr
Promedio	20378.33	gr

Tipo de muestra	Cantidad	Unidad
1. Peso de muestra + molde	20378.33	gr
2. Peso de Molde	4980.00	gr
3. Peso de Muestra	15398.33	gr
4. Volumen del molde	10804.65	cm ³
5. Peso Volumétrico Varillado	1.43	gr/cm³

TIPO DE AGREGADO: CONFITILLO - M2

PROCEDENCIA: La Victoria – Pátapo

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO - M2

MOLDE		
Diámetro	23.6	cm
Altura	24.7	cm
Volumen	10804.65	cm ³

Pesada	Peso de muestra + molde	
1er	18675	gr
2do	18705	gr
3er	18690	gr
Promedio	18690	gr

Tipo de muestra	Cantidad	Unidad
1. Peso de muestra + molde	18690.00	gr
2. Peso de Molde	4980.00	gr
3. Peso de Muestra	13710.00	gr
4. Volumen del molde	10804.65	cm ³
5. Peso Volumétrico suelto	1.27	gr/cm³



PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO - M2

Pesada	Peso de muestra + molde	
1er	19560	gr
2do	19540	gr
3er	19625	gr
Promedio	19575	gr

Tipo de muestra	Cantidad	Unidad
1. Peso de muestra + molde	19575.00	gr
2. Peso de Molde	4980.00	gr
3. Peso de Muestra	14595.00	gr
4. Volumen del molde	10804.65	cm ³
5. Peso Volumétrico Varillado	1.35	gr/cm³

5.1.4. ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y GRADO DE ABSORCIÓN

5.1.4.1. ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO

TIPO DE AGREGADO: CONFITILLO - M1

PROCEDENCIA: Cantera Pacherez -Pucalá

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
A= Peso de la muestra seca al horno	5000	gr
B= Peso de la muestra saturada con superficie seca	5090	gr
C= Peso de la muestra sumergida	3161.1	gr
PEM = A/(B+S-C)	2.59	gr/cm ³

TIPO DE AGREGADO: CONFITILLO - M2

PROCEDENCIA: La Victoria – Pátapo

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
A= Peso de la muestra seca al horno	5000	gr
B= Peso de la muestra saturada con superficie seca	5088	gr
C= Peso de la muestra sumergida	3211.8	gr
PEM = A/(B-C)	2.66	gr/cm ³

5.1.4.2. GRADO DE ABSORCIÓN

TIPO DE AGREGADO: CONFITILLO - M1

PROCEDENCIA: Cantera Pacherez -Pucalá

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
A= Peso de la muestra seca al horno	5000	gr
B= Peso de la muestra saturada con superficie seca	5090	gr
Grado de Absorción = (B-A)*100/A	1.8	%



TIPO DE AGREGADO: CONFITILLO - M2

PROCEDENCIA: La Victoria – Pátapo

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
A= Peso de la muestra seca al horno	5000	gr
B= Peso de la muestra saturada con superficie seca	5088	gr
Grado de Absorción = (B-A)*100/A	1.76	%

5.2. DISEÑO DE MEZCLA

DISEÑO DE MEZCLA (ACI 523.3R)		
1. MATERIALES		
1.1. CEMENTO		
Pacasmayo Tipo	I	
Peso específico:	3.12 kg/cm2	
1.2. AGREGADO		
Confitillo: Cantera Pacherez -Pucalá		
DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
Peso unitario suelto seco:	1.23	gr/cm3
Peso unitario compactado seco:	1.43	gr/cm3
Peso específico de masa:	2.59	gr/cm3
Absorción:	1.8	%
Contenido de humedad:	0.35	%
1.3. ADITIVO		
ADITIVO:	INCOL® ADDITIVE-CELULOSA	
DENSIDAD:	1.02 KG/L	
DOSIFICACIÓN:	Varía entre el 0.02% y el 0.50% del peso total del cemento utilizado en la mezcla.	
2. CÁLCULO DEL DISEÑO DE MEZCLA		
Datos:		
Relación a/c:	0.5	
Densidad del concreto ligero:	1400 kg/cm3	
Cálculo de densidad del concreto fresco:	$\gamma_f = \gamma_s + 122$	
$\gamma_f =$	1522 kg/cm3	
Cálculo de la relación ar/c:	$\frac{ar}{c} = \frac{(\gamma_f - 673)}{345}$	
ar/c =	2.46	

Cálculo de la cantidad de cemento:

$$c = 384.26 \text{ kg/m}^3 \quad c = \frac{\gamma_f}{\left(1 + \frac{a}{c} + \frac{ar}{c}\right)}$$

Con este valor se determina las cantidades de los demás materiales:

Cemento = 384.26 kg/m³
 Agua = 192.13 kg/m³
 Agregado = 945.61 kg/m³

Aditivo:

Dosificación min. 0.77 Kg/m³
 Dosificación máx. 2.00 Kg/m³

	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3
Proporciones:	1.00 kg/m ³	1.50 kg/m ³	2.00 kg/m ³

Ajuste por humedad del agregado

Por humedad total (pesos ajustados)

Agregado fino :

$$945.61 \left(1 + 0.35 / 100 \right) = 948.92 \text{ kg/m}^3$$

Agua para ser añadida por corrección por absorción

Agregado fino :

$$945.61 \left(0.35 - 1.8 \right) / 100 = -13.71 \text{ kg/m}^3$$

$$-13.71 \text{ kg/m}^3$$

$$192.13 \text{ kg/cm}^3 - (-13.71 \text{ kg/cm}^3) = 205.84 \text{ kg/m}^3$$

Resumen:

Cemento = 384.26 kg/m³
 Agua = 205.84 kg/m³
 Agregado fino = 948.92 kg/m³

3. DISEÑO DE MEZCLA.

Diseños con cantidad de aditivo de 1, 1.5, 2 kg por m³ de concreto ligero.

		X1 M3		
Material	UND	DISEÑO 1	DISEÑO 2	DISEÑO 3
Cemento	kg	384.26	384.26	384.26
Agregado grueso	kg	948.92	948.92	948.92
Agua	lt	204.84	204.34	203.84
Aditivo	kg	1.00	1.50	2.00

4. CANTIDAD DE MATERIALES POR TANDA

Se tiene una dosificación en peso, ya corregida por humedad del agregado, de

	Cemento	Agregado grueso	Agua	Aditivo
DISEÑO 1	1.00	2.47	0.533	0.0026
DISEÑO 2	1.00	2.47	0.532	0.0039
DISEÑO 3	1.00	2.47	0.530	0.0052

A partir de la relación en peso para valores de obra, o sea ya corregidos por humedad del agregado, se puede determinar la cantidad de materiales necesaria para preparar una tanda de concreto en base a un saco de cemento (42.5kg):

	Cemento (kg/saco)	Agregado grueso (kg/saco)	Agua (kg o lt)/saco	Aditivo (kg/saco)
DISEÑO 1	42.50	104.95	22.66	0.111
DISEÑO 2	42.50	104.95	22.60	0.166
DISEÑO 3	42.50	104.95	22.55	0.221

5.3. ENSAYOS EN CONCRETO ENDURECIDO – BLOQUES HUECOS

5.3.1. ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

BLOQUE: DISEÑO - M1

	ESPECIMEN				
DIMENSION	1er	2do	3er	4to	5to
Largo (cm)	30.11	30.105	30.12	30.125	30.115
Ancho (cm)	12.27	12.15	12.165	12.14	12.125
Alto (cm)	18.98	19	19.1	18.95	18.865

Var. Largo promedio (mm)	Var. Ancho promedio (mm)	Var. Altura promedio (mm)
1.15	1.7	-0.21

BLOQUE: DISEÑO - M2

	ESPECIMEN				
DIMENSION	1er	2do	3er	4to	5to
Largo (cm)	30	30.05	30.15	30.24	30.075
Ancho (cm)	12.25	12.05	12.35	12.15	12
Alto (cm)	18.95	18.98	19	18.85	18.975

Var. Largo promedio (mm)	Var. Ancho promedio (mm)	Var. Altura promedio (mm)
1.03	1.6	-0.49

BLOQUE: DISEÑO - M3

DIMENSION	ESPECIMEN				
	1er	2do	3er	4to	5to
Largo (cm)	30.45	30.25	30.1	30.3	30.05
Ancho (cm)	12.1	12.85	12.07	12.15	12
Alto (cm)	18.8	18.75	18.83	18.75	18.89

Var. Largo promedio (mm)	Var. Ancho promedio (mm)	Var. Altura promedio (mm)
2.3	2.34	-1.96

5.3.2. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

BLOQUE: DISEÑO - M1

MATERIALES

1. Wr: Peso recibido del espécimen	7703 gr
2. Wd: Peso seco al horno del espécimen	7172 gr
3. Ws: Peso saturado del espécimen	7858 gr
4. Contenido de Humedad (%) = $(W_r - W_d) / (W_s - W_d) * 100$	77.41%

BLOQUE: DISEÑO - M2

MATERIALES

1. Wr: Peso recibido del espécimen	7273 gr
2. Wd: Peso seco al horno del espécimen	6763 gr
3. Ws: Peso saturado del espécimen	7478 gr
4. Contenido de Humedad (%) = $(W_r - W_d) / (W_s - W_d) * 100$	71.33%

BLOQUE: DISEÑO - M3

MATERIALES

1. Wr: Peso recibido del espécimen	6408 gr
2. Wd: Peso seco al horno del espécimen	5969 gr
3. Ws: Peso saturado del espécimen	7089 gr
4. Contenido de Humedad (%) = $(W_r - W_d) / (W_s - W_d) * 100$	39.20%



5.3.3. ENSAYO GRADO DE ABSORCIÓN

BLOQUE: DISEÑO - M1

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
Wd= Peso seco al horno del espécimen (kg)	7.172	kg
Wi: Peso sumergido del espécimene (kg)	2.597	kg
Ws= Peso saturado del espécimene (kg)	7.858	kg
Grado de Absorción = $(Ws-Wd)*1000/(Ws-Wi)$	130.39	kg/m3

BLOQUE: DISEÑO - M2

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
Wd= Peso seco al horno del espécimen (kg)	6.763	kg
Wi: Peso sumergido del espécimene (kg)	1.399	kg
Ws= Peso saturado del espécimene (kg)	7.478	kg
Grado de Absorción = $(Ws-Wd)*1000/(Ws-Wi)$	117.62	kg/m3

BLOQUE: DISEÑO - M3

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
Wd= Peso seco al horno del espécimen (kg)	5.969	kg
Wi: Peso sumergido del espécimene (kg)	1.067	kg
Ws= Peso saturado del espécimene (kg)	7.089	kg
Grado de Absorción = $(Ws-Wd)*1000/(Ws-Wi)$	185.98	kg/m3

5.3.4. ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DE MASA

BLOQUE: DISEÑO - M1

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
A= Peso seco al horno del espécimen	7172	gr
B= Peso saturado del espécimen	7858	gr
C= Peso sumergido del espécimen	2597	gr
PEM = $A/(B-C)$	1.36	gr/cm3

BLOQUE: DISEÑO - M2

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
A= Peso seco al horno del espécimen	6763	gr
B= Peso saturado del espécimen	7478	gr
C= Peso sumergido del espécimen	1399	gr
PEM = $A/(B-C)$	1.11	gr/cm3



BLOQUE: DISEÑO - M3

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
A= Peso seco al horno del espécimen	5969	gr
B= Peso saturado del espécimen	7089	gr
C= Peso sumergido del espécimen	1067	gr
PEM = A/(B-C)	0.99	gr/cm3

5.3.5. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Resistencia a la compresión de bloques huecos de concreto celular (1400 kg/cm³) a los 7 días.

Área del bloque: 319.46 cm²

Diseño	Espécimen	Cantidad de Aditivo	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Prom. (kg/cm ²)	Resistencia min (kg/cm ²)
M-1	Bloque-1	1.00 kg/m ³	9500	29.74	28.95	28.78
	Bloque-2	1.00 kg/m ³	9250	28.95		
	Bloque-3	1.00 kg/m ³	9000	28.17		
M-2	Bloque-1	1.50 kg/m ³	8500	26.61	25.04	28.78
	Bloque-2	1.50 kg/m ³	8000	25.04		
	Bloque-3	1.50 kg/m ³	7500	23.48		
M-3	Bloque-1	2.00 kg/m ³	6250	19.56	19.30	28.78
	Bloque-2	2.00 kg/m ³	5750	18.00		
	Bloque-3	2.00 kg/m ³	6500	20.35		

Resistencia a la compresión de bloques huecos de concreto celular (1400 kg/cm³) a los 14 días.

Área del bloque: 319.46 cm²

Diseño	Espécimen	Cantidad de Aditivo	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia prom. (kg/cm ²)	Resistencia min (kg/cm ²)
M-1	Bloque-1	1.00 kg/m ³	12000	37.56	36.52	36.39
	Bloque-2	1.00 kg/m ³	11500	36.00		
	Bloque-3	1.00 kg/m ³	11500	36.00		
M-2	Bloque-1	1.50 kg/m ³	10250	32.09	32.35	36.39
	Bloque-2	1.50 kg/m ³	10750	33.65		
	Bloque-3	1.50 kg/m ³	10000	31.30		
M-3	Bloque-1	2.00 kg/m ³	8000	25.04	26.09	36.39
	Bloque-2	2.00 kg/m ³	8750	27.39		
	Bloque-3	2.00 kg/m ³	8250	25.82		



Resistencia a la compresión de bloques huecos de concreto celular (1400 kg/cm³) a los 28 días.

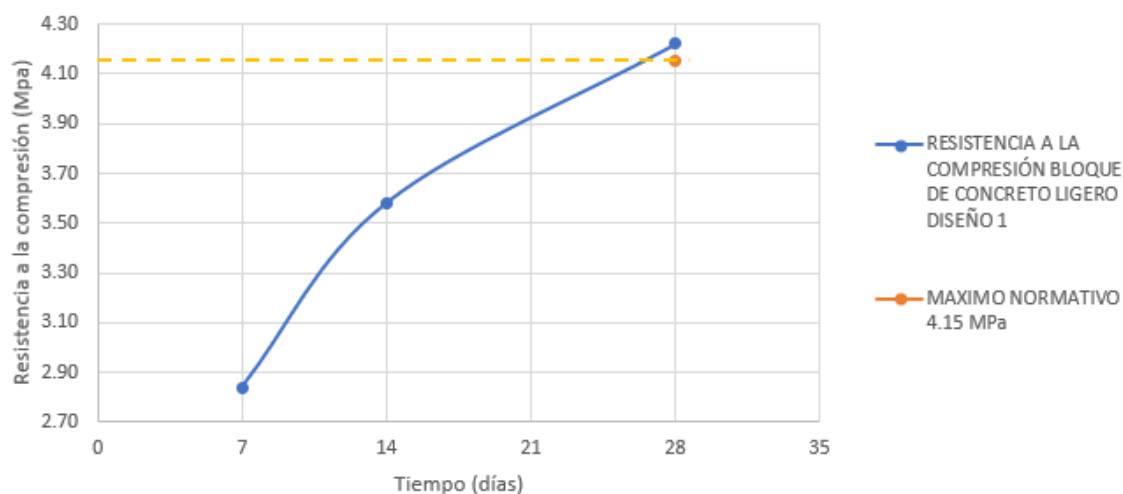
Área del bloque: 319.46 cm²

Diseño	Espécimen	Cantidad de Aditivo	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia prom. (kg/cm ²)	Resistencia min (kg/cm ²)
M-1	Bloque-1	1.00 kg/m ³	13250	41.48	43.04	42.32
	Bloque-2	1.00 kg/m ³	13500	42.26		
	Bloque-3	1.00 kg/m ³	14500	45.39		
M-2	Bloque-1	1.50 kg/m ³	12000	37.56	37.56	42.32
	Bloque-2	1.50 kg/m ³	12250	38.35		
	Bloque-3	1.50 kg/m ³	11750	36.78		
M-3	Bloque-1	2.00 kg/m ³	9750	30.52	28.17	42.32
	Bloque-2	2.00 kg/m ³	8250	25.82		
	Bloque-3	2.00 kg/m ³	9000	28.17		

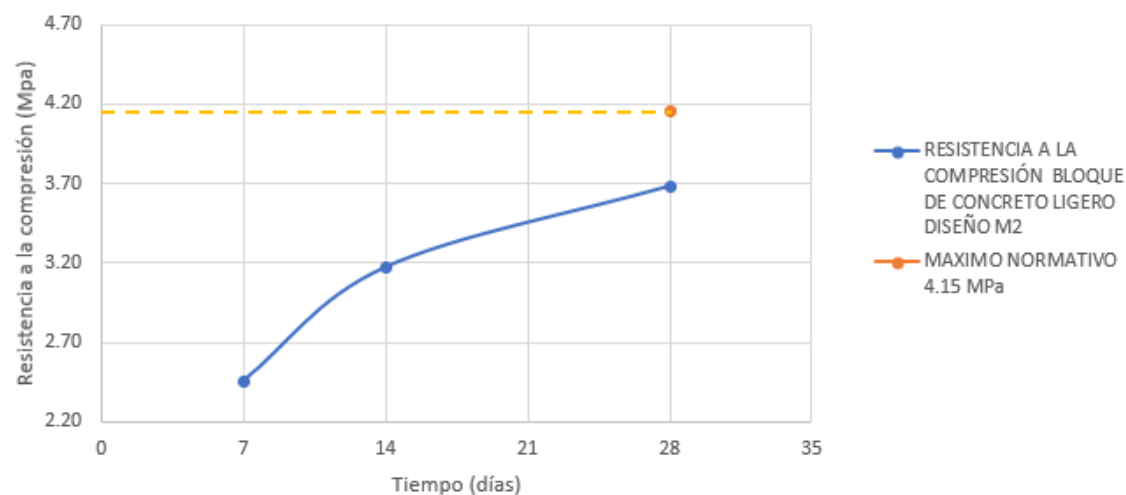
RESUMEN:

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUE DE CONCRETO LIGERO			
Diseño	Día	f'c (kg/cm ²)	f'c (Mpa)
M1	7	28.95	2.84
	14	36.52	3.58
	28	43.04	4.22
M2	7	25.04	2.46
	14	32.35	3.17
	28	37.56	3.68
M3	7	19.30	1.89
	14	26.09	2.56
	28	28.17	2.76

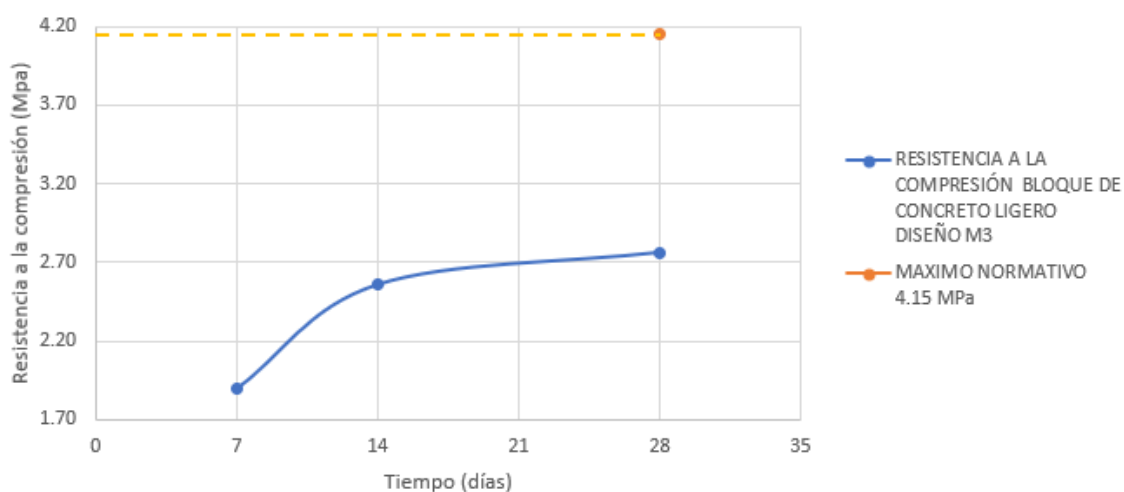
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN BLOQUE DE CONCRETO LIGERO DISEÑO M1



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN BLOQUE DE CONCRETO LIGERO DISEÑO M2



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN BLOQUE DE CONCRETO LIGERO DISEÑO M3



6. CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño de mezcla de concreto con peso específico de 1400 kg/m^3 , incorporando aditivo espumante tipo INCOL® ADDITIVE-CELULOSA en proporciones de 1.0 kg/m^3 , 1.5 kg/m^3 y 2.0 kg/m^3 , obteniendo las siguientes dosificaciones en peso.

	Cemento (kg/saco)	Agregado grueso (kg/saco)	Agua (kg o lt)/saco	Aditivo (kg/saco)
DISEÑO 1	42.50	104.95	22.66	0.111
DISEÑO 2	42.50	104.95	22.60	0.166
DISEÑO 3	42.50	104.95	22.55	0.221

- En el ensayo de variación dimensional, los bloques presentaron variaciones promedio en largo, ancho y altura dentro de rangos relativamente pequeños; sin embargo, se observó que la muestra M-3 presentó mayores variaciones dimensionales (hasta 2.3 mm en largo y 2.34 mm en ancho), lo cual evidencia que mayores dosificaciones del aditivo espumante generan ligeras deformaciones o irregularidades en la geometría del bloque.
- El contenido de humedad de las muestras evaluadas fue de 77.41 % para M-1, 71.33 % para M-2 y 39.20 % para M-3, mostrando diferencias asociadas a la estructura interna del concreto liviano y a la cantidad de vacíos generados por el aditivo espumante.
- En el ensayo de grado de absorción, se obtuvieron valores de 115.08 kg/m^3 para M-1, 117.62 kg/m^3 para M-2 y 185.98 kg/m^3 para M-3, evidenciando que a mayor contenido de aditivo espumante se incrementa la porosidad del material y, por ende, su capacidad de absorción de agua.
- Los ensayos de resistencia a la compresión de unidades de albañilería mostraron que la resistencia disminuye conforme aumenta la dosificación del aditivo espumante. A los 28 días, las resistencias obtenidas fueron 41.48 kg/cm^2 para la muestra M-1, 37.56 kg/cm^2 para la muestra M-2 y 30.52 kg/cm^2 para la muestra M-3, evidenciando que el incremento de espuma reduce la capacidad resistente del bloque debido al aumento de vacíos internos.



- En el ensayo de compresión de pilas, se obtuvieron resistencias promedio corregidas de 52.37 kg/cm², 43.64 kg/cm² y 33.17 kg/cm² para las muestras M-1, M-2 y M-3 respectivamente, confirmando que el aumento del contenido de aditivo espumante influye negativamente en la resistencia mecánica del sistema de albañilería.
- Los resultados del ensayo de compresión diagonal en muretes indicaron resistencias al esfuerzo cortante de 6.16 kg/cm², 5.05 kg/cm² y 3.92 kg/cm² para las muestras M-1, M-2 y M-3, observándose nuevamente una disminución progresiva de la resistencia conforme aumenta la dosificación del aditivo espumante.

7. PANEL FOTOGRÁFICO



Imagen N° 3: Cuarteo del agregado para la obtención de una muestra representativa.



Imagen N° 4: de la muestra M-01 para los ensayos de caracterización



Imagen N° 5: Pesaje de la muestra M-02 para los ensayos de caracterización

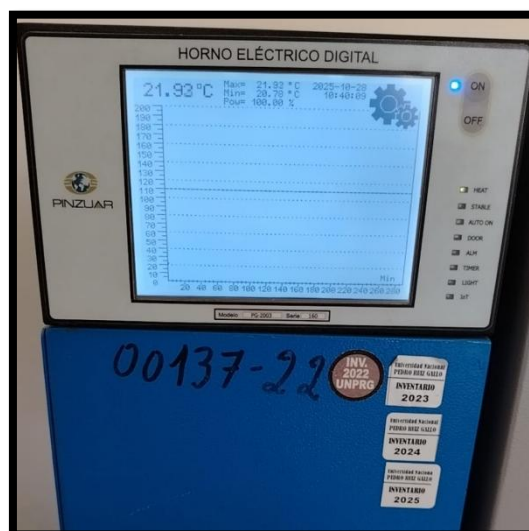


Imagen N° 6: Secado de las muestras en horno hasta alcanzar masa constante, procedimiento previo necesario para los ensayos de contenido de humedad.





Imagen N° 7: Pesaje de las muestras secas y recipientes (ensayo de contenido de humedad)



Imagen N° 8: Pesaje de la muestra N° 01 para el ensayo granulométrico.



Imagen N° 9: Ensayo granulométrico de la muestra N°01.



Imagen N° 10: Determinación de la masa del material retenido por tamiz (muestra N°01)

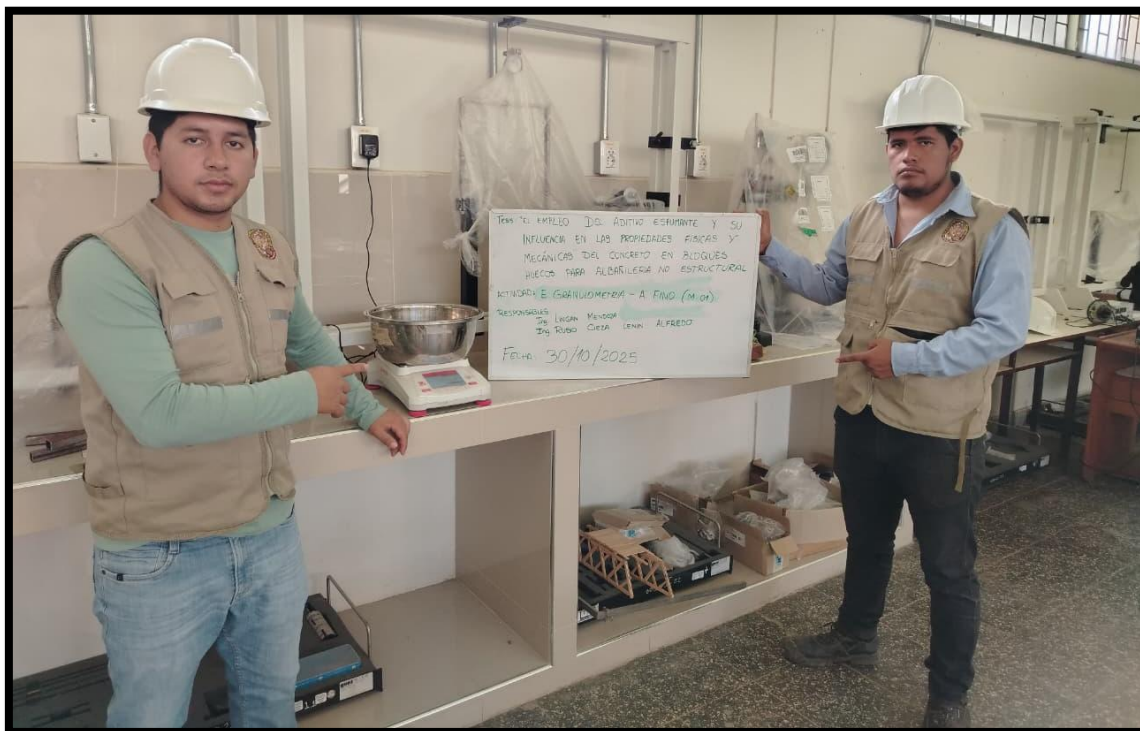


Imagen N° 11: Pesaje de la muestra N° 02 para el ensayo granulométrico



Imagen N° 12: Ensayo granulométrico de la muestra N°02.

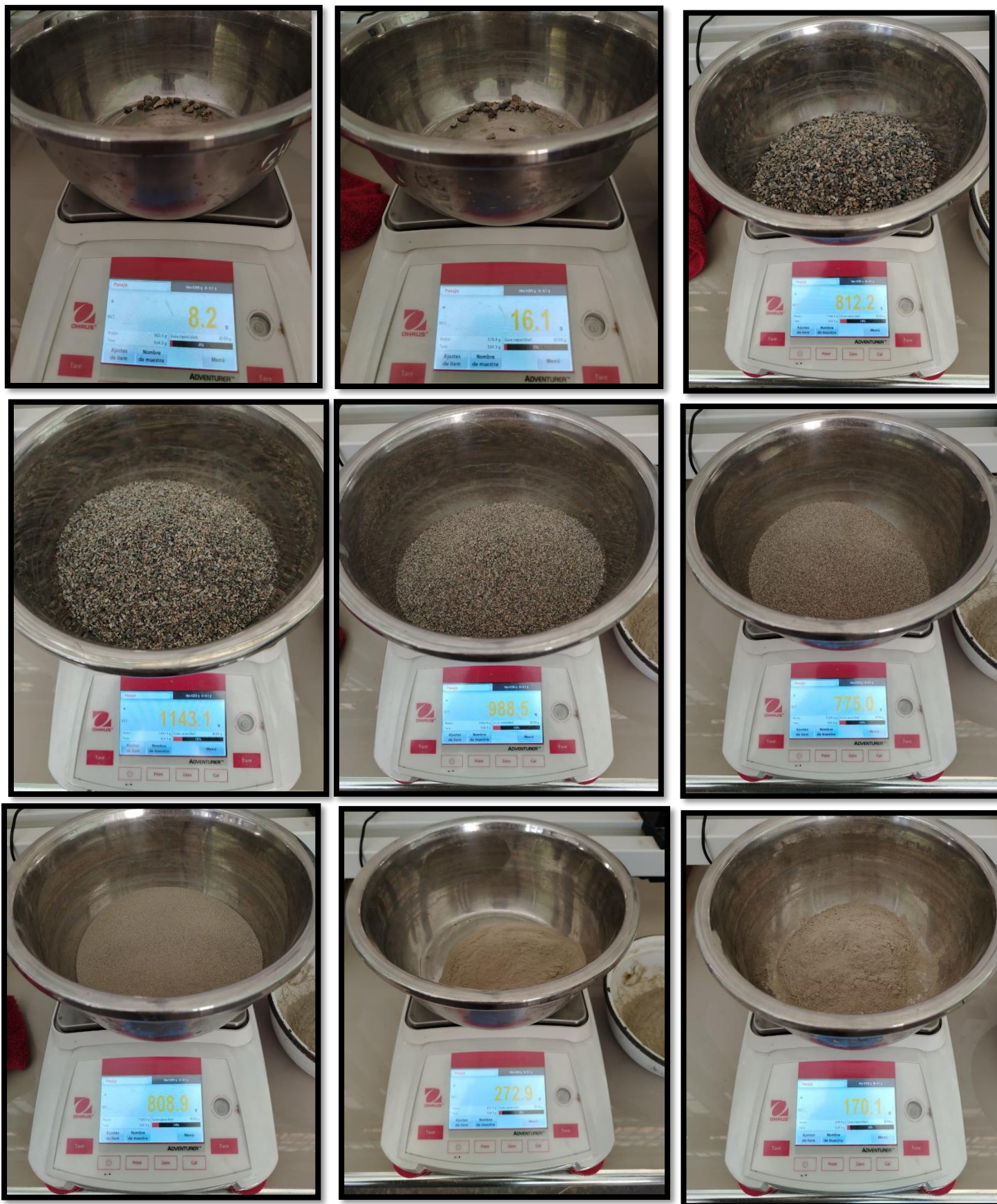


Imagen N° 13: Determinación de la masa del material retenido por tamiz (muestra N°01).



Imagen N° 14: Ensayo de peso volumétrico suelto



Imagen N° 15: Toma de peso y medidas del recipiente



Imagen N° 16: Determinación del peso de la muestra suelta (3 registros – Muestra N°02)

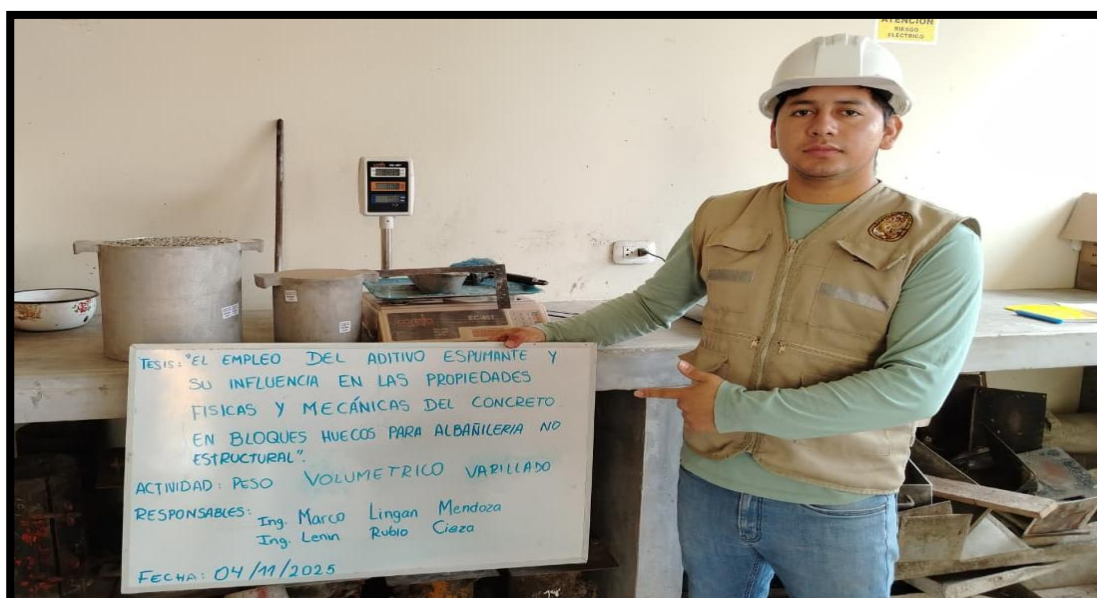




Imagen N° 18: Ensayo de peso volumétrico varillado (Muestra N°02)



Imagen N° 19: Determinación del peso de la muestra suelta (3 registros-Muestra N°02)



Imagen N° 17: Ensayo de peso específico de masa (lavado de muestra para eliminar impurezas)



Imagen N° 20: Secado de muestra en horno hasta alcanzar masa constante

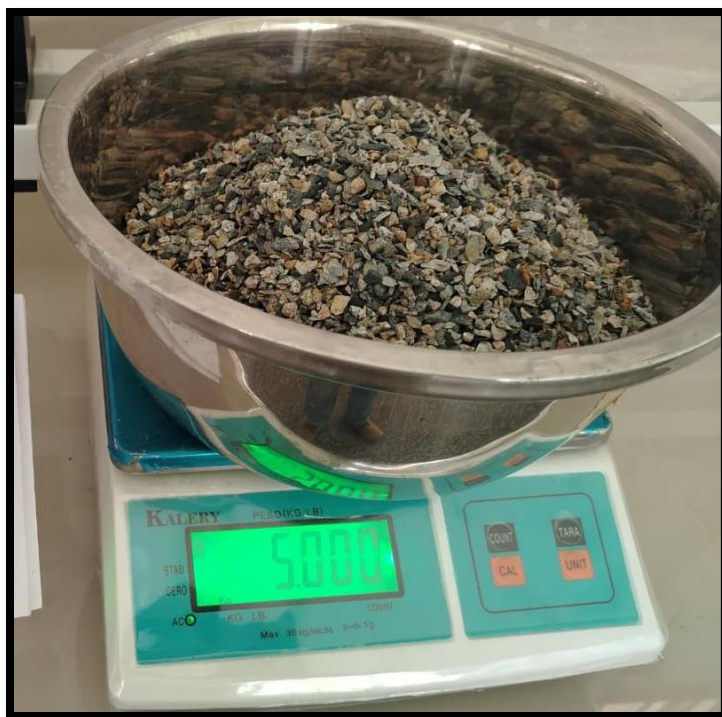


Imagen N° 21: Saturación de muestra



Imagen N° 22: Toma de muestra (5kg) para el ensayo de peso específico de masa.



Imagen N° 23: Secado de muestra superficialmente



Imagen N° 24: Peso de muestra saturada superficialmente seca



Imagen N° 25: Peso de muestra sumergida en agua

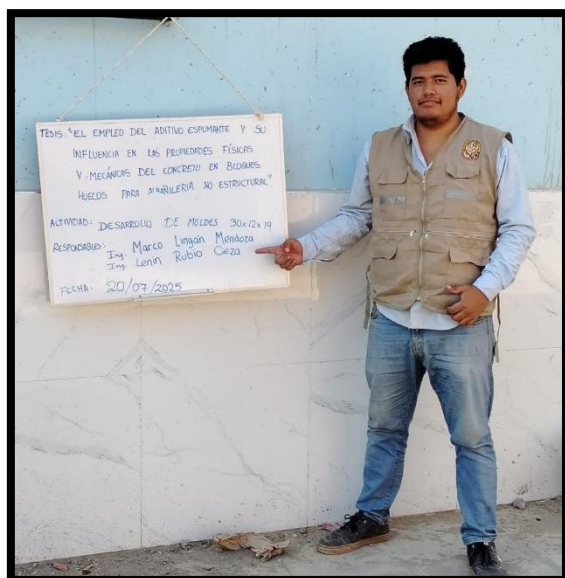


Imagen N° 26: Elaboración de moldes de madera (30x12x19) para la elaboración de bloques.

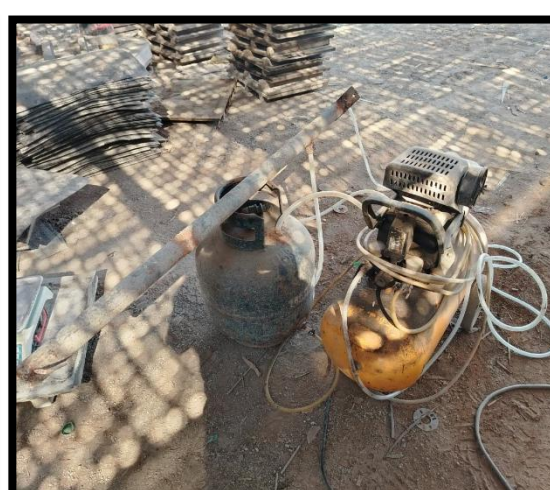




Imagen N° 27: Materiales y equipos.

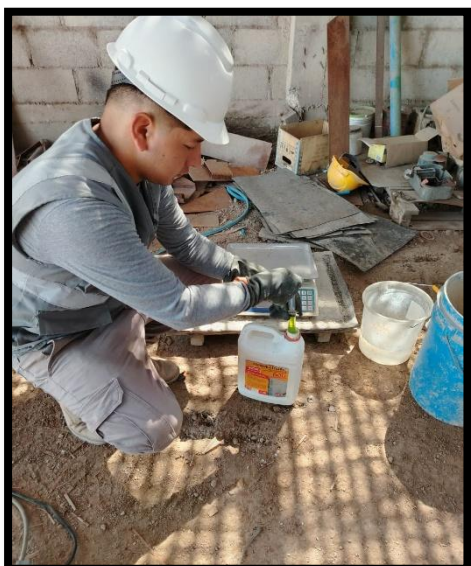


Imagen N° 28: Dosificación y preparación del aditivo



Imagen N° 30: Colocación del aditivo espumante al equipo generador de espuma



Imagen N° 29: Pesaje de materiales para la preparación de la mezcla según diseño de mezcla.



Imagen N° 31: Mezcla de agua y cemento



Imagen N° 32: Adición de los 2/3 de confitillo.



Imagen N° 33: Se obtiene una mezcla de baja consistencia (seca).



Imagen N° 34: Adición de la espuma generada + 1/3 del confitillo faltante.



Imagen N° 36: Se obtiene una mezcla de alta consistencia (fluida)



Imagen N° 35: Colocación de la mezcla en los moldes para la elaboración de bloques



Imagen N° 38: Traslado de bloques al laboratorio de la UNPRG.



Imagen N° 37: Elaboración de muretes.



Imagen N° 39: Elaboración de pilas.



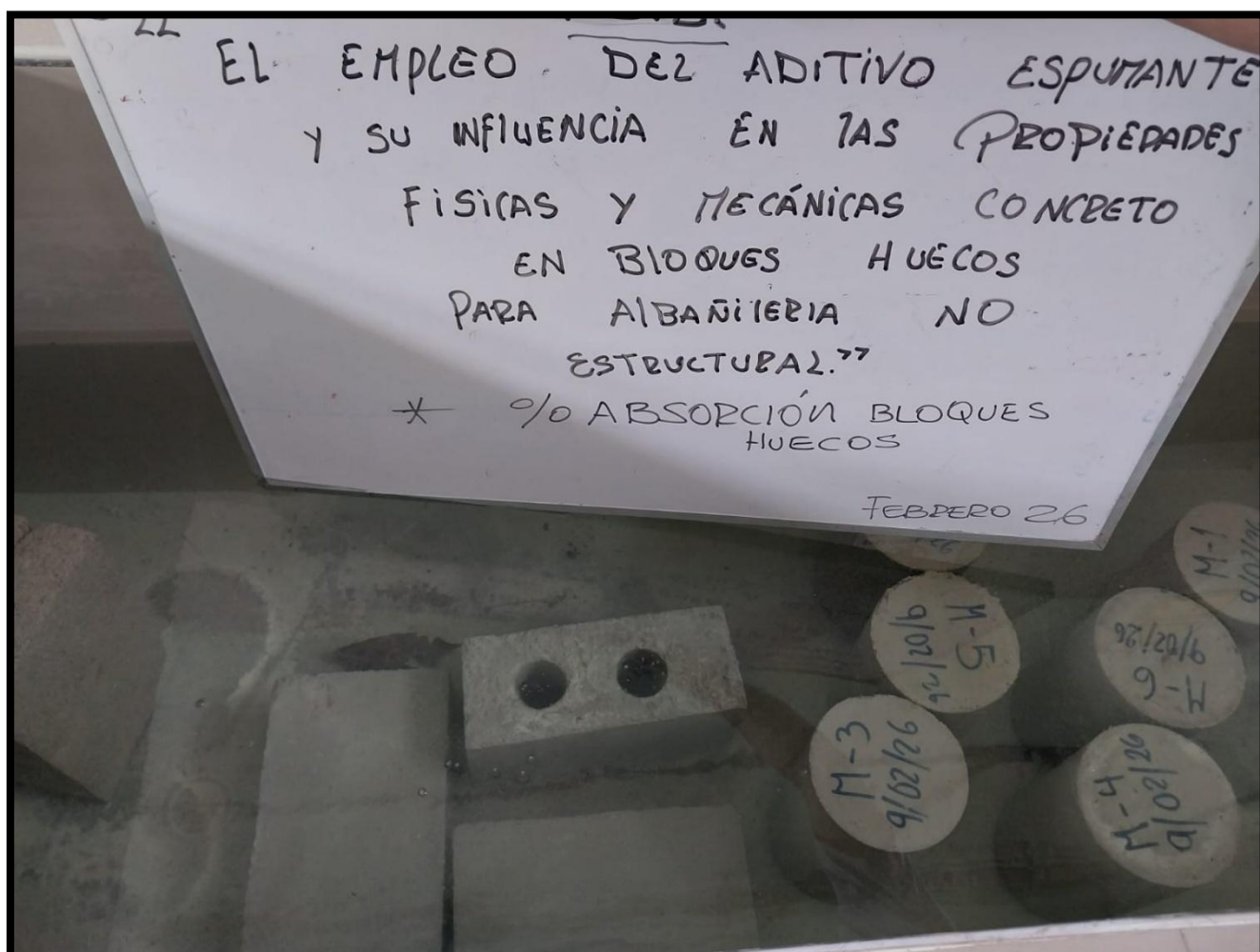


Imagen N° 40: ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL.





Imagen N° 41: ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD



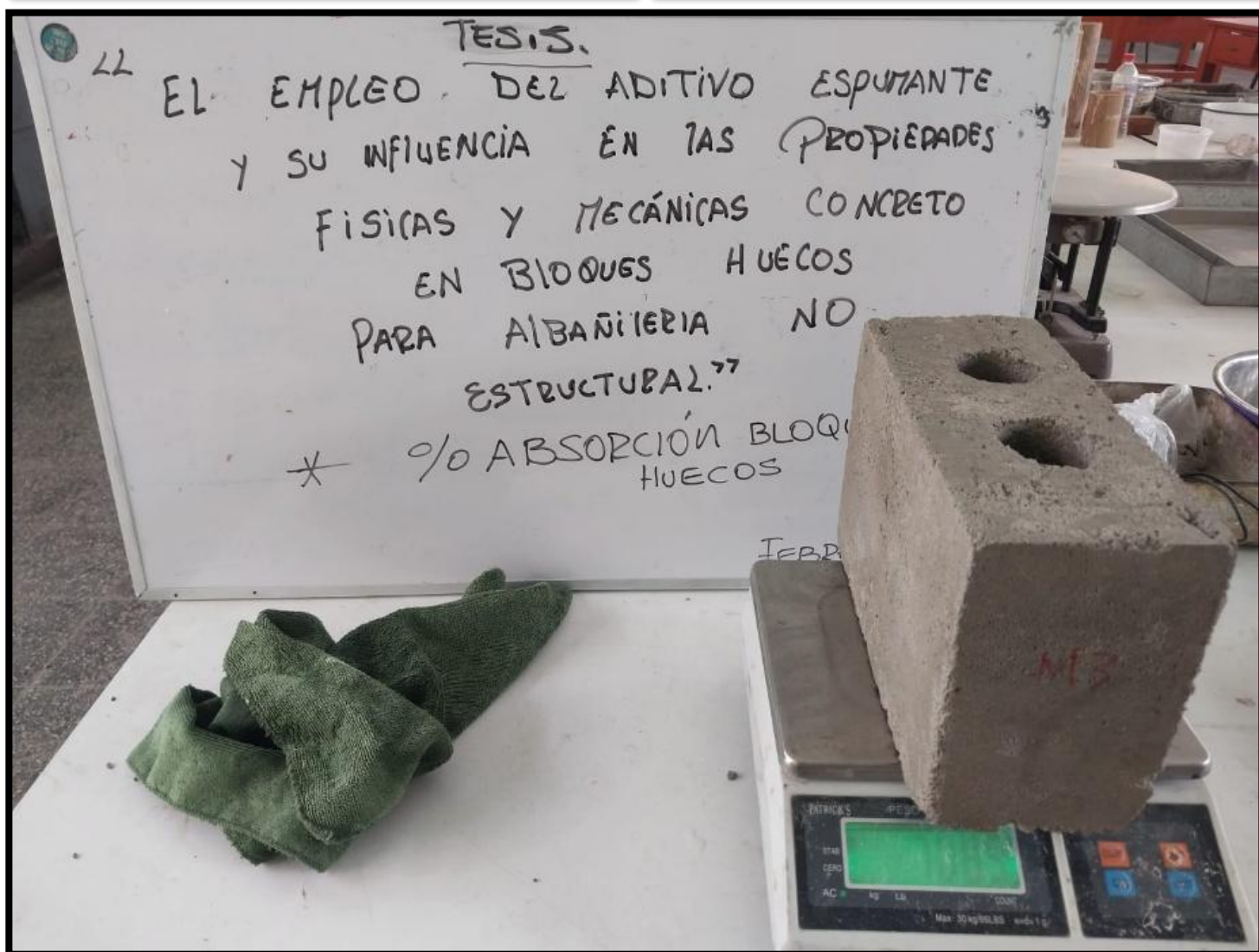
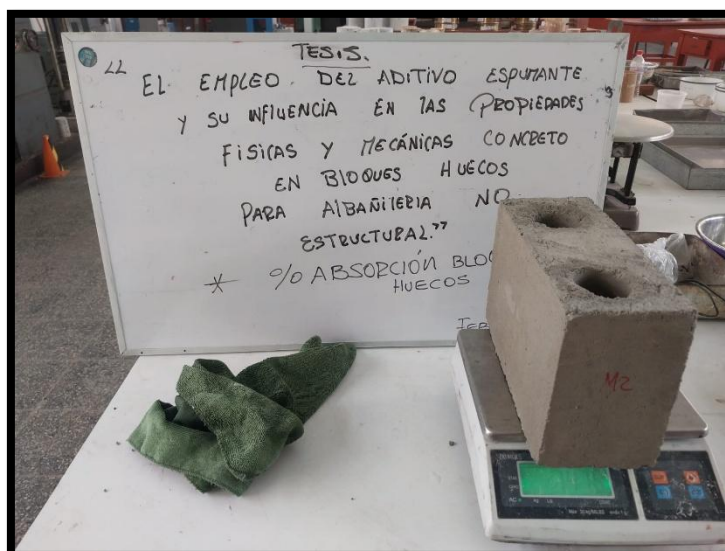


Imagen N° 42 : ENSAYO GRADO DE ABSORCION.

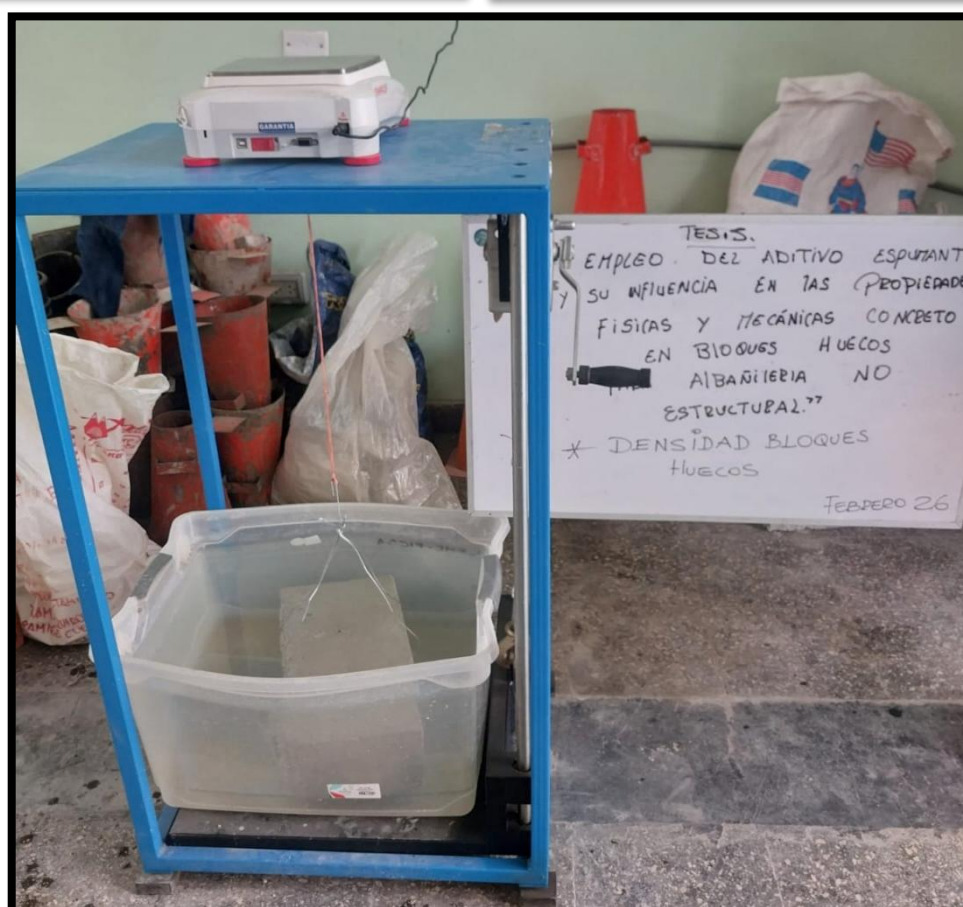


Imagen N° 43: ENSAYO PESO ESPECIFICO



Imagen N° 44: Ensayo a la compresión a los 7 y 14 días (Laboratorio De Materiales FICSA)





Imagen N° 47: Ensayo a la compresión a los 28 días (Laboratorio De Materiales FICSA)



Imagen N° 46: Ensayo a la compresión a los 28 días (Laboratorio)



Imagen N° 48: ENSAYO COMPRESION DE PILAS (Laboratorio)



Imagen N° 49: ENSAYO: COMPRESION DIAGONAL (MURETES) (Laboratorio)