



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis de las propiedades mecánicas de muros fabricado con bloques apilables de concreto celular, Lima.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Ricardo Jorge Guillermo Baca (ORCID: 0000-0001-8771-2630)

Victor Raúl Urrutia López (ORCID: 0000-0002-1640-6780)

ASESOR:

Mg. Marco Antonio Cerna Vásquez (ORCID: 0000-0002-8259-5444)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL

LIMA - PERÚ

2021

Dedicatoria

A nuestros familiares, en especial padres por el esfuerzo en brindarnos el apoyo para nuestra superacion académica.

Agradecimiento

Al personal docente de la Universidad César Vallejo por su aporte valioso en mi formación académica, a mis compañeros de aula , a mi grupo de siempre .

Índice de contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. MÉTODO	13
3.1 Tipos y diseño de investigación	13
3.2. Operacionalización de variables	14
3.3. Población, muestra y muestreo	15
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
3.5. Procedimientos	17
3.6 Métodos de análisis de datos	21
3.7 Aspectos Éticos	22
IV. RESULTADOS	23
V. DISCUSIÓN	51
VI. CONCLUSIONES	52
VII. RECOMENDACIONES	53
REFERENCIAS	54
ANEXOS	58

Índice de tablas

Tabla 1. Propiedades del concreto celular.....	7
Tabla 2. Ventajas y desventajas	10
Tabla 3. Distribución de días de aplicación según los ensayos que se realiza durante 7, 14 y 28 días.....	16
Tabla 4. Instrumentos de recolección por la norma técnicas.	21
Tabla 5. Cuadro resumen de propiedades del Cemento Andino tipo I.....	23
Tabla 6. Cuadro resumen de propiedades físicas del agente espumante	24
Tabla 7. Resistencia a la compresión experimental para cada serie de muestras curadas en agua a temperatura controlada de 30 C	25
Tabla 8. Tipos de concreto celular para el muro de bloque apilable en concreto celular.....	25
Tabla 9. Diseño de concreto celular en probetas	29
<i>Tabla 10. Ensayo a la compresión a 7 días con porcentajes de 40%,50% y 60% de aire contenido.....</i>	<i>30</i>
Tabla 11. Ensayo a la compresión a 14 días con porcentajes de 40%,50% y 60% de aire contenido.....	30
Tabla 12. Ensayo a la compresión a 28 días con porcentajes de 40%,50% y 60% de aire contenido.....	31
Tabla 13. Cálculo, de la mezcla de varias densidades.	32
Tabla 14. Cálculo de densidad.....	32
Tabla 15. Diseño de mezcla patrón con 60% del contenido de aire.....	33
Tabla 16. Diseño de mezcla con 50% del contenido de aire	34
Tabla 17. Diseño de mezcla con 40% del contenido de aire	35
Tabla 18. Ensayo a la resistencia a la tracción indirecta a 28 días con porcentajes de 40%,50% y 60% de aire contenido.....	36
Tabla 19. Cálculo de densidad.....	37
Tabla 20. Ensayo a la compresión a 28 días con porcentajes de 40%de aire contenido.....	37
Tabla 21. Ensayo a la compresión a 28 días con porcentajes de 50%de aire contenido.....	38
Tabla 22. Ensayo a la compresión a 28 días con porcentajes de 60%de aire contenido.....	38

Tabla 23. Cálculo de densidad.....	40
Tabla 24. Ensayo a 28 días con porcentajes de 40%de aire contenido.....	40
Tabla 25. Ensayo a 28 días con porcentajes de 50%de aire contenido.....	41
Tabla 26. Ensayo a 28 días con porcentajes de 60%de aire contenido.....	41
Tabla 27. Cálculo de densidad	42
Tabla 28. Ensayo a la compresión diagonal a 28 días con porcentajes de 40% de aire contenido.....	43
Tabla 29. Ensayo a la compresión diagonal a 28 días con porcentajes de 50%de aire contenido.....	43
Tabla 30. Ensayo a la compresión diagonal a 28 días con porcentajes de 60%de aire contenido.....	44
Tabla 31. Cálculo de densidad.....	45
Tabla 32. Datos del ensayo de absorción bloques de concreto celular	45
Tabla 33. Datos del ensayo de absorción bloques de concreto celular	46
Tabla 34. Datos del ensayo de absorción bloques de concreto celular	46
Tabla 35. Cálculo de densidad - resistencia	47
Tabla 36. Datos del ensayo de alabeo bloques de concreto celular	48
Tabla 37. Datos del ensayo de alabeo bloques de concreto celular	48
Tabla 38. Datos del ensayo de alabeo bloques de concreto celular	48
Tabla 39. Cálculo de densidad.....	50
Tabla 40. Resumen de los ensayos.....	50

Índice de figuras

Figura 1. Bloque apilable de (0.09x0.25x0.50)	12
Figura 2. Colocación de bloque apilable.....	12
Figura 3. Producción de concreto celular	18
Figura 4. . Aditivo espumante Foamine C	26
Figura 5. Ensayo de probeta y ensayo a la compresión.....	27
Figura 6. Molde para bloque de concreto celular	28
Figura 7. Bloque de concreto celular	28
Figura 8. Diagrama de barras de resistencias comparadas a 7, 14 y 28 días.....	31
Figura 9. Comparativo de densidades.....	32
<i>Figura 10. Proporción de material por m³ de concreto ligero</i>	34
Figura 11. Proporción de material por m ³ de concreto ligero.....	35
Figura 12. Proporción de material por m ³ de concreto ligero.	35
Figura 13. Resistencia a la tracción indirecta 28 días	36
Figura 14. Resistencia a la tracción indirecta vs densidad.....	37
Figura 15. Diagrama de barras resistencias a la compresión a 28 días.....	39
Figura 16. Densidad vs resistencia a la compresión de bloque de concreto celular	39
Figura 17. Densidad vs resistencia a la compresión axial	42
Figura 18. Resistencia a la compresión axial en pilas.....	42
Figura 19. Resistencia corte diagonal de murete	44
Figura 20. Resistencia corte diagonal murete vs densidad a los 28 días.....	45
Figura 21. Ensayo de absorción del bloque concreto celular	46
Figura 22. Absorción vs densidad a los 28 días.....	47
Figura 23. Alabeo en superficie de bloque concreto celular.....	49
Figura 24. Alabeo vs densidad a los 28 días.....	49

RESUMEN

El presente proyecto de investigación posee como objetivo general determinar las propiedades mecánicas Y físico del concreto celular de baja densidad, comprendiendo como objetivos específicos determinar la resistencia a la compresión del concreto celular de baja densidad y determinar la resistencia a la tracción del concreto celular de baja densidad. La investigación es de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo y de nivel explicativo. La cantidad de muestra utilizada fue de 68 tipos de ensayos concreto celular, con 3 diseños de mezclas, ensayadas en el laboratorio a la resistencia a compresión en 3 edades (7,14 y 28 días) y ensayadas a la resistencia a la tracción (28 días).

La finalidad del presente proyecto de investigación es la búsqueda de nuevos materiales que nos permitan producir concretos sostenibles y concretos de bajo peso muerto (ligero) que actúen con mayor eficiencia en las edificaciones, es por ello que se analizó los muro de bloques apilable de concreto celular de baja densidad para poder usar nuevos materiales alternativo que reduzcan el uso de materiales contaminante en la construcción, disminuyendo la contaminación producida por los ladrillos convencionales, con la finalidad de mejorar la calidad del ecosistema.

Los resultados obtenidos del presente proyecto de investigación confirman que los bloques de concreto celular con 60% de aire contenido son más ligero logrando a los 28 días una densidad 800kg/cm²,

Con un promedio de resistencia a la compresión máxima de 22 kg/cm².

Palabras clave: concreto celular, aditivo, resistencia, compresión.

ABSTRACT

The general objective of this research project is to determine the mechanical and physical properties of low-density cellular concrete, including as specific objectives to determine the compressive strength of low-density cellular concrete and determine the tensile strength of low-density cellular concrete density. The research is of an applied type, with a quantitative approach and an explanatory level. The amount of sample used was 68 types of cellular concrete tests, with 3 mixture designs, tested in the laboratory for compressive strength at 3 ages (7, 14 and 28 days) and tested for tensile strength (28 days).

The purpose of this research project is the search for new materials that allow us to produce sustainable and low dead weight (light) concretes that act more efficiently in buildings, which is why the stackable concrete block wall was analyzed low density cell to be able to use new alternative materials that reduce the use of polluting materials in construction, reducing the pollution produced by conventional bricks, in order to improve the quality of the ecosystem.

The results obtained from this research project confirm that cellular concrete blocks with 60% air content are lighter, achieving a density of 767kg / cm² after 28 days. With an average maximum compressive strength of 52 kg / cm².

Keywords: cellular concrete, additive, resistance, compression.

I INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, en la fase de la construcción, la evolución de la ciencia con la tecnología, genero varios cambios vertiginosos en la construcción y en el uso de los materiales que se utiliza para el proceso constructivo. El uso del concreto en el mundo ha sido por muchos años el material más utilizado en los procesos constructivos, sin embargo, las desventajas que este material ofrece en cuanto a su fraguado o tiempo de secado, los requerimientos que exige en cuanto al acabado y revestimiento han hecho que los expertos prueben y utilicen otros materiales, que no requieran de tiempos largos para su secado y que no generen altos costos en su acabado. Frente a esta problemática que enfrentan los pobladores, con bajos recursos, surge la oportunidad de poder conocer la utilidad de los bloques apilables con concreto celular. Un producto que otorga mayores beneficios un numeroso estudio en diversos países está demostrando su gran nivel de resistencia, bajo nivel de costo y durabilidad. Se busca alternativas constructivas con materiales reciclables que contribuyan con el aislamiento térmico y acústico como alternativa de confort de los residentes en una vivienda., abarata los costos y es útil para el uso en muros. El método propuesto ayuda a mejorar el confort térmico en el domicilio por los cambios climáticos que tenemos actualmente en el país y lo acústico es un complemento importante porque el exceso de ruidos daña la salud por es un agente contaminante sonoro. Respecto a la formulación del problema, se tiene como problema general: ¿Cuáles son las propiedades mecánicas de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular, Lima 2021? . Los problemas específicos son: ¿Cuáles son las propiedades físicas de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular, Lima 2021? Y ¿Cuál es la resistencia de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular, Lima 2021?.

(Bernal, 2010) precisa que la justificación de una investigación constituye un factor importante para dar a conocer la importancia que se tiene en realizar una investigación con impacto social (p. 24). En tal sentido se plantea como justificación práctica ya que se plantean alternativas constructivas con materiales que contribuyan aligerar los bloques apilables en concreto celular no requieren de mortero para las juntas porque están diseñado con bloque apilable que facilitan el

trabajo en la mano de obra tiene un buen comportamiento en aislamiento térmico y acústico como alternativa de confort de los residentes en una vivienda. Es preciso remarcar que el bloque de concreto celular abarata los costos y facilita el trabajo para divisiones de muros de una edificación. Se justifica también de manera técnica ya que se analiza las propiedades físicas y mecánicas de muros fabricados con concreto celular de bloques apilables elaborados con unidades de albañilería según norma técnica vigente. Se considera como justifica social ya que los materiales son necesario para la producción y los equipos se puede realizar en las universidades. En referencia a los supuestos planteados en la investigación se considera como hipótesis general: Los muros fabricados con bloque apilable de concreto celular, Lima 2021. Las hipótesis específicas son: Las propiedades físicas de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular, Lima 2021 y La resistencia de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular Lima 2021.

Respecto a los objetivos planteados en la investigación como lo que se pretende lograr en la investigación se planteó como objetivo general: determinar las propiedades mecánicas de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular cumpliendo con la norma de albañilería vigente, Lima 2021. Los objetivos específicos son: Determinar las propiedades físicas de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular, Lima 2021 y Determinar la resistencia de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular, Lima 2021.

II. MARCO TEÓRICO

En relación con los trabajos previos en el contexto internacional (Flores & Reyes, 2019), en su tesis “Diseño de un sistema estructural para vivienda de interés social usando la metodología de paredes portantes con mortero celular” su objetivo general fue elaborar el diseño sísmico de una edificación con muros portantes prefabricados constituidos de mortero celular, para utilizarlo en la construcción de viviendas de 2 pisos. Los resultados de derivas presentadas fueron (0.06% en X y 0.04% en Y) estando en exceso de límite permitido por NEC-2015, tal que mostró un excelente desempeño del material dentro del rango elástico para las secciones definidas y su control de daño con comportamiento elástico.

El investigador (Ortega, 2017), en su tesis “Desarrollo y aplicación del concreto celular a base de aditivo espumante para la elaboración de bloques macizos destinados a tabiquerías no portantes en edificaciones”, su objetivo general fue realizar el análisis, para los bloques de concreto celular que fueron fabricados con aditivo espumante Master Cell 10. el análisis de resultados se hizo a través de ensayos según norma y fueron comparados con los materiales tradicionales utilizados en la construcción de muros de albañilería no portante. Las pruebas realizadas comprobaron la capacidad del concreto celular de reducir el peso de las edificaciones al tener pesos específicos entre 800 kg/m^3 y 1100 kg/m^3 .

Por su parte (Arapa, 2017), en su tesis “Análisis y diseño comparativo de concreto celular usando espuma de poliestireno y agente espumante”, su objetivo fue la obtención característica mecánicas haciendo uso de tres tipos de diseño de mezcla de concreto celular, así mismo se utilizó el tipo de agente espumante a base de poliestireno, esto para analizar ambos comportamientos y ver cuál sería eficiente podría obtener las mejores propiedades del material elaborado. En conclusión, el uso de poliestireno en comparación con las demás mezclas permitía una reducción del 50% en peso unitario, haciendo al material más ligero, para su aislamiento térmico permitía un 40% más en el almacenamiento del calor a diferencia del concreto convencional.

También (Pacheco, 2018), su tesis fue “Propiedades físicas mecánicas de concreto celular”, su objetivo fue investigar los aspectos que determinaban en la utilización

de diversos materiales como poliestireno, agua, cemento y la arena que se utilizaron en la fabricación de concreto celular. Se llegó a la conclusión que la resistencia obtenida disminuía con la ausencia de agregado grueso en la mezcla en comparación con el concreto convencional, así como una variación de su densidad que va desde 320 hasta los 1920 kg/m³, los ensayos realizados al material lograron determinar que la aplicación de este tipo de concreto sería eficaz en la utilización es componentes no estructurales debido a la baja resistencia.

En teorías relacionadas al tema del concreto celular se tiene que (Cherdsak & Suksiripattanapong , 2020), respecto a las “Propiedades de celular ceniza-portland ligera con alto contenido de calcio cemento en bloques apilables” consideró que las cenizas de fondo obtenidas de la central eléctrica se usaron como material sostenible en la producción de bloques de mortero liviano en concreto celular de geo polímero. Las proporciones de la mezcla para el contenido sólido consistieron en una relación arena / aglutinante (S / B) de 1: 1, y seis diferentes relaciones de cenizas / cemento (BA / C) de 100: 0, 90:10, 80:20 70:30, 60:40 y 50:50 con una relación constante activador / aglutinante alcalino líquido. La serie experimental consistió en unidad de peso, porosidad, y conductividad térmica a diferentes edades mostraron el peso unitario más bajo de 11,09 kN / m³ se obtuvo en la mezcla con una relación aumento del contenido de la carpeta, pero disminuye con el aumento del contenido de espuma.

Al respecto (Kalpana & Mohith , 2019), en el “Estudio sobre hormigón celular auto clavado”, preciso que el hormigón ligero aireado tiene muchas ventajas en comparación con el hormigón convencional, como una relación avanzada de resistencia a peso, un coeficiente más bajo de expansión térmica y un buen aislamiento acústico como resultado de huecos de aire dentro del hormigón aireado.

Por su parte (Triwiyono, 2015), en el estudio “Resistencia a la flexión y ductilidad del muro de mampostería de ladrillo de hormigón con bloques apilables” realizó una prueba experimental para la resistencia a la flexión y la ductilidad para pared de ladrillo de hormigón reforzada por el refuerzo de la barra de acero, comprobando que las resistencias a la flexión de la muestra de pared no reforzada

eran muy altas. La capacidad de flexión y la ductilidad de las paredes reforzadas se incrementaron, hasta 5-16 veces más que la de las paredes no reforzadas.

Del mismo modo (Gopalakrishnan, 2019) en el estudio “La resistencia y durabilidad de las cenizas volantes y el polvo de cantera de hormigón celular ligero”, realizó una investigación experimental para efectuar cenizas volantes reemplazando parcialmente el cemento del 0 al 50% y reemplazó la arena del río por polvo de cantera (0-50%) para varias mezclas, concluyendo que se produce la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción dividida y las propiedades de durabilidad, como la absorción de agua y la permeabilidad.

El concreto celular, tiene la característica de tener una estructura aireada, ligera que se compone de diversos materiales como el agua, cemento en algunos casos la arena, además de sílices. Su proceso de producción permite incluir aire de manera física o química, la cantidad de aire determina el tipo de utilización que se da al elemento prefabricado como por ejemplo si cuenta de 40 a 60% de aire respecto al volumen total su aplicación es estructural, pero si aire gira entre 60 y 85% es utilizado como aislante térmico o acústico en las estructuras. Según la definición que da el ACI, el concreto es un elemento ligero en el que el agregado grueso es reemplazado por moléculas de aire que se distribuyen en la mezcla, dichos elementos tienen una característica peculiar con tamaños que van desde 0.1 a 1 mm en forma de pequeñas burbujas esféricas.

(Loderer, 2018) mencionaron que el hormigón celular auto clavado (AAC) de alta calidad se caracteriza por una buena relación de resistencia a la compresión ($\geq 2,75$ N / mm²), baja densidad aparente (350 kg / m³), baja conductividad térmica ($\lambda_{design} \geq 0,08$ W / (mK)) [1], buen aislamiento acústico y alta resistencia al fuego.

Por su parte (Rivva, 2015), precisó que el concreto celular se remonta a la época de Roma ya que tenían el conocimiento, siendo motivo el disminuir el espesor de a medida que va en la parte alta. Algo muy importante es que las estructuras que datan de hace más de 2000 años, sigue manteniéndose a pesar de su antigüedad. (p. 8)

(Nandi, Chatterjee, Prantik , & Hansda , 2016), respecto al hormigón Celular y sus facetas de aplicación, precisaron que el hormigón celular se desarrolló por primera vez en Estocolmo, Suecia, en principios de 1900. El material original se conocía

como "gas hormigón" que se utilizará en la producción de edificios con aislamiento térmico materiales.

También (Kozłowski & Kozłowski y Kadela , 2018), en su estudio sobre la caracterización mecánica del hormigón celular ligero mencionaron que el concreto celular muestra excelentes características físicas como bajo peso propio, resistencia relativamente alta y excelente térmica y acústica propiedades de aislamiento. Por su parte los autores (Tiwari, Ajmera , & Villegas , 2018) mencionaron que el hormigón celular ligero (LCC) tiene baja densidad también es muy duradero, tiene alta resistencia al congelamiento-descongelamiento y tiene baja permeabilidad.

El concreto convencional fue descubierto y utilizado desde la época del imperio romano de la misma forma se puede afirmar respecto del concreto celular. Luego de cientos de años, la humanidad empezó una carrera acelerada en el uso de este material desarrollando la investigación y aplicación.

(Pacheco, 2018), con la norma del Instituto Americano del Concreto N° 523.3R-14 definieron al concreto celular, con densidad cuya variación fluctúa entre 320 a 1920 kg/m³ siendo variable la resistencia, considerado como un producto liviano, la célula de aire se da por los vacíos resultantes de reacción química.

(Cárdenas & Rivera , 2017), mencionó que el concreto celular liviano es preparado agregando agentes espumantes que causen gas para generar vacíos. Estas celdas que contienen aire no tienen comunicación entre sí. Su peso volumétrico fluctúa entre 400 kg/m³ a 1800 kg/m³, alcanzando densidades de 200 kg/m³ (rango inferior) y 1950 kg/m³ (rango superior), supeditado al uso que se le dé.

Por su parte (Arraya, 2017), en su estudio de concreto celular con diversas densidades, precisó que en el concreto celular la reducción de peso se da por los altos porcentajes de aire a la mezcla de concreto, a través de aditivos espumantes, denominándose también concreto aireado, espumoso o gaseoso. (p. 20)

También los autores (Borbón, Álvarez, Rodríguez, Ramírez, & Castro, 2020), en su Diseño y aplicación de hormigón celular en una edificación, precisaron que el hormigón celular puede ser un material ecológico con un excelente aislamiento y propiedades de baja densidad (300-1800 kg / m³) que produce un rendimiento

mecánico moderado. Celular los hormigones se utilizan cada vez más en aplicaciones en la industria de la construcción. (p. 18)

Según (Mudiyanselage & Bandara , 2019), en su estudio sobre el comportamiento de los paneles de pared de hormigón ligero celular, precisaron que actualmente, las actividades de investigación y tecnología respecto al concreto celular aumentaron velozmente. Cuando LWC se compara con el normal peso concreto (NWC) se tiene que el LWC tiene menor peso. (p. 4)

(Awad & Elham , 2019), al referirse a los bloques de concreto celular precisaron que:

Se llevaron a cabo varias mezclas de prueba para obtener la mezcla óptima que pueda garantizar la obtención de acristalamientos con el mejor resultado. Se realizaron las pruebas de acristalamiento utilizando diferentes pesos porcentuales para los siguientes materiales (plomo, álcali, sílice, Arcilla de China), se debe mencionar que el tamaño nominal para toda la mezcla de prueba pasa tamiz número 200. (p. 45)

Tabla 1. Propiedades del concreto celular

Densidad seca (kg/m ³)	Resistencia a la compresión (Mpa)	Módulo de elasticidad (valor E) (Gpa)	Conductividad termina (3% de humedad) (W/mK)	Contracción por secado (%)
400	0.5-1.0	0.8-1.0	0,10	0.30-0.35
600	1.0-1.5	1.0-1.5	0,11	0.22-0.25
800	1.5-2.0	2.0-2.5	0.17-0.23	0.20-0.22
1000	2.5-3.0	2.5-3.0	0.23-0.30	0.15-0.18
1200	4.5-5.5	3.5-4.0	0.38-0.42	0.09-0.11
1400	6.0-8.0	5.0-6.0	0.50-0.55	0.07-0.09
1600	7.5-10	10.0-12.0	0.62-0.66	0.06-0.07

Fuente: International Journal of Materials Science and Engineering

Es importante destacar que hay buena relación de resistencia/ peso, alto coeficiente de impermeabilidad, mínima absorción del agua, alta resistencia al deshielo, estructuras de poros muy unidas, alta resistencia a la contracción, muy buen aislante térmico, alta propiedad de resistencia al impacto, alta resistencia a sustancias patógenas y UV.

Las principales propiedades del concreto en estado fresco (batido delgado grisáceo), es la trabajabilidad y el requerimiento de agua, ello se caracteriza principalmente por ser autonivelante, autocompactante, posee la disponibilidad de ser bombeado en lugares irregulares y restringidas. No obstante, tiene un tiempo límite crítico de mezclado, si el tiempo de mezclado sobrepasa ello se iniciará a perder el contenido de burbujas de aire obtenido.

Tipos de concreto celular

Concreto celular y ligero. Con este agregado tenemos la piedra pómez que reemplaza a la arena que debe tener una resistencia a la compresión con una densidad de 1,600 kg/m³.

Concreto celular con fibras. Tenemos como la resina sintética o fibra de vidrio con la finalidad bajar la densidad y mayor resistencia a la compresión y flexión aligerando el peso y costo mejorando el costo.

Concreto celular con aditivo expansar. Se utiliza para los efectos de contracción y secado como el concreto airoso controlando por el acero de refuerzo en los lados más cercanos con la finalidad de evitar el empuje y la deformación.

Concreto celular con escoria y ceniza volante. Nos permite reducir el tiempo de mezclado la segregación con la finalidad de aumentar su resistencia.

Concreto celular con otros aditivos. Sirve como retardadores, estabilidad de poros y agente espumante.

Según diferente concreto celular y sus densidades en estado fraguado de 40 a 720 kg/m³. Para su elaboración se mezclan primero el cemento y el agua, y posteriormente se añade un agente químico o una espuma estable preparada, la cual debe ser bien mezclada con la pasta de cemento para lograr la consistencia celular.

Funciones de la propiedad del concreto celular:

La función de reducir el peso como suelo inestable al utilizar concreto celular permitiendo mayor nivel en la construcción de más de tres tipos de concreto celular componentes no estructurales que se utilizan en balcón, divisiones, parapeto y paneles.

Por su baja densidad del concreto celular y el peso de materiales para el transporte de materiales la organización y colocación de paneles de mampostería determinan el tiempo de ejecución de las obras.

Resistencia a la compresión

Los ensayos de laboratorio según se estable en la NTP 339.613 permitirán calcular las resistencias a la compresión de los bloques de concreto celular, esta resistencia se obtendrá con la diferencia de la desviación estándar del valor de la muestra.

Variación Dimensional

La NTP 339.613 permitirá el cálculo de la variación dimensional de los bloques de albañilería hechos con concreto celular

Alabeo

Del mismo modo se hará uso de la NTP 339.613 para determinar el alabeo de los bloques de albañilería.

Absorción

El ensayo que determina la absorción del material se determinara con los procedimientos establecidos en la NTP 339.613 y 339.604.

Aceptación de unidades

En caso de que las muestras presenten por encima del 20% de dispersión en los resultados con una producción industrial, por el contrario de las producidas artesanalmente que varían de 40%.

Los bloques prefabricados de albañilería estarán libres de guijarrones, nódulos externos o conchuelas tanto en su superficie y el interior.

El bloque de arcilla estará bien elaborado (cocido), con características en color y vitrificación uniforme.

Para que no afecte su durabilidad y resistencia, los bloques carecerán de fracturas, grietas o resquebrajaduras.

Los componentes que tendrá el mortero serán los siguientes:

Según la NTP 334.009 puede hacer uso del Cemento Portland tipo I y II.

Según la NTP 334.830 Cemento Adicionado IP

Según la NTP 339.002 mezcla con cemento portland y cal hidratada.

La proporción de materiales que constara el mortero:

Concreto Liviano Celular: su preparación se basa en la inclusión de agentes espumantes que generan gas que le proporcionan al concreto, vacíos de aire, las cuales no pueden comunicarse entre sí. Las densidades de estos tipos de concreto pueden variar entre 400 a 1800 kg/m³, algunas investigaciones han logrado densidades más bajas que varían desde 200 kg/m³ hasta 1900 kg/m³, pero todo depende el uso que se le pueda dar. Del mismo modo se tiene a los concretos livianos sin finos, este tipo no cuenta con agregado fino lo que genera aligeramiento del material.

Características físicas y mecánicas

1. Las densidades de los concretos varían entre 2200 y 2500 kg/m³ y su promedio es de 2400 kg/m³.
2. En cuanto a las resistencias varían entre 100 y 500 kg/cm².
3. El módulo de elasticidad va a depender de la resistencia, según el ACI, los concretos que tienen resistencias de 210 kg/cm² su módulo de elasticidad varía en aproximadamente 217 000 kg/cm².
4. Respecto a la conductividad térmica, esta se encuentra en 1.64 W/°K.m en los concretos convencionales que tienen una densidad de 2400 kg/m³.

Resistencia a la compresión (f'c):

La característica del concreto celular con ausencia de finos respecto a la resistencia esta no llega a superar los 55 kg/cm².

Secuencia de Producción

La producción de concreto celular con agentes espumantes se realiza mediante el batido de los mismos, pero va a depender del lugar donde se realice el respectivo vaciado (in situ) así como el tipo de concreto celular que se desee elaborar ya se estructural o no estructural. En paralelo, se siguen los mismos procesos que la elaboración de concreto convencional, así como se muestra en el siguiente flujograma:

Para la preparación, estos deben de realizarse en separado para luego unirlos, de esta forma se generará los vacíos de aire en la estructura del concreto. Luego se monitorea la mezcla para poder verificar la densidad obtenida.

Ventajas para el uso de concreto celular

Poca absorción: debido a que no se cuenta vasos comunicantes en el proceso de generación de espuma la absorción de agua es muy baja, generando una aislación de estas. El concreto celular logra absorber agua solo de la parte sólida.

Resistencia al fuego: a diferencia del concreto convencional, este tipo de material resiste altas temperaturas sin que esta produzca ruptura o explosión.

Durabilidad: El concreto celular a diferencia del concreto convencional, este tiene una larga duración puesto que su proceso de descomposición es lento.

Trabajabilidad: El concreto celular es un material con un flujo elevado puesto que se le considera un material autocompactante y autonivelante con asentamientos de 8", permitiendo de alguna forma el bombeo a distancias considerablemente largas.

Genera un microclima: Tiene la capacidad de almacenar calor en un ambiente cerrado, así como un control de la humedad del mismo modo que sucede con la madera.

Montaje rápido; Para el caso de estructuras prefabricadas, con características de baja densidad y ligero, permite una mayor rapidez en la colocación del elemento.

Trasporte: Es conveniente su transporte debido a su relación peso/volumen (para ambos casos, prefabricados y concreto bombeado).

Económico: dada la impresión en tema de costos que los concretos celulares sean más caros que los convencionales.

Desventajas para su uso:

Para el caso de proyectos de pequeña inversión puede resultar costoso la utilización de estos bloques, pero es visible cuando la reconfiguración del diseño de las estructuras se debe a la reducción de las cargas por consiguiente un menor dimensionamiento de menor costo.

Dado que la estructura del concreto celular es porosa, esta se encuentra afectado ante agentes químicos del ambiente.

Respecto a su resistencia, su utilización es limitada. Dado a que presenta otras propiedades, su aplicación está en evaluación.

Se debe tener mucho cuidado en la producción ya que cualquier error en la elaboración resulta en la irregularidad de la mezcla y por consiguiente no cumple con los estándares.

Respecto al curado, debe ser cuidadoso ya que su control tiene un mayor grado. Para los elementos prefabricados el curado en autoclave debe de realizarse para obtener estructuras con un adecuado curado.

Además, se presenta una mayor deformación por flexión dado al bajo valor del módulo de elasticidad que de algún modo puede reducirse con el uso de fibras.

Aplicaciones

Sus aplicaciones en Geotecnia se dan como la estabilización de taludes, erosión, relleno, como impermeabilizante, aislante térmico y acústico en minas y túneles.

Para el caso de edificaciones, su uso es en losas, muros, cuya finalidad es de aislar el calor y el sonido, también puede utilizarse en la elaboración de losas con densidades de 1600 kg/m^3 , paredes de refrigeración, aislante de tuberías, en el recubrimiento de tanques, etc. Para carreteras, este elemento puede actuar como estabilizante, en la estabilización de taludes y bancos. En lugares públicos como estacionamientos, como estabilizador del pavimento.

Ensayo de Asentamiento

Este ensayo se rige tanto por las normas ASTM C-1611 así como la NTP 339.219, se debe de colocar en una plancha de superficie plana de modo que no haya ningún material que pueda afectar su planeidad.

Así mismo, se debe de colocar el cono de forma invertida tal que el orificio de menor diámetro debe estar en contacto con la plancha (de forma invertida al caso del ensayo de asentamiento del concreto convencional).

El llenado del cono continuamente hasta el borde, luego se debe de limpiar el concreto que se haya desbordado en la plancha haciendo uso del llenado del cono.

Luego se debe de levantar el cono lentamente para que la mezcla se pueda expandir completamente, luego se medirá 2 radios para sacar su promedio.

Este radio debe de estar por encima de 50 cm para que sea considerado concreto auto consolidaste.

Se da para casos especiales relacionado al peso de elementos medidos por m^2 donde es favorable la variación del ladrillo pandereta de 3% en el que es el objetivo del concreto celular para la reducción de la carga, en el que no se estaría logrando. Pero como se mencionó anteriormente, luego del acabado o tarrajeo, quedaría evidente el peso del muro elaborado con bloques de ladrillo pandereta siendo más pesado que lo elaborados con bloques de concreto celular ya que el muro común necesitaría 2 cm de espesor como tarrajeo, por el contrario, el muro apilable solo necesitaría 1 cm y el elaborado con concreto celular un espesor de 0.5 cm.

Figura 1. Bloque apilable de (0.09x0.25x0.50)



Fuente: Elaboración Propia

Condiciones de curados para nuestra mezcla patrón:

- Resistencia a la compresión experimental para cada serie de muestras curadas en agua a temperatura controlada de 30 C.
- Resistencia a la compresión experimental para cada serie de especímenes curados sellados en celofán a temperatura ambiente.
- Resistencia a la compresión experimental para cada serie de muestras curadas en aire a temperatura ambiente.

Tabla 2. diseño de los especímenes probados de hormigón celular

Cemento	Agente espumante	Densidad fresca	Densidad seca	cemento	Agua	espuma	w = c	w = c	Re w p F p = C
CEM I 52,5 R	Foamin C	818	624	588	176	143	0.30	0.24	0.54
CEM I 52,5 R	FoamTek	756	588	511	255	38	0.50	0.07	0.57
CEM I 52,5 R	SLS	908	764	690	207	57	0.30	0.08	0.38

Tabla 3. Resistencia a la compresión experimental para cada serie de muestras curadas en agua a temperatura controlada de 30 C

Cemento	Agente espumante	Densidad seca media	Resistencia a la compresión media	S t. dev. fuerza
CEM I 52,5 R	Foamin C	626 kg/cm ³	58.8 kg/cm ²	0.83
CEM I 52,5 R	Foam Tek	542 kg/cm ³	41.7 kg/cm ²	0,07
CEM I 52,5 R	SLS	729 kg/cm ³	6.4 kg/cm ²	0,01

Tipos de concreto celular para el muro de bloque apilable en concreto celular

Se ha seleccionado para nuestra mezcla patrón de la revista internacional Elsevier año 2018 como es titulo “investigación experimental sobre la resistencia a la compresión del hormigón celular efecto de las condiciones de curado, tipo de cemento, agente espumante y densidad seca”. realizaron más de 109 especímenes de concreto celular que fueron probados experimentalmente a la compresión y con una relación fija agua /cemento con densidades seca 350 y 850 kg/m³, tres agentes espumantes con proteínas o naturaleza sintética, y condiciones de curado en agua a 30 c, tanto en el aire como dentro de una hoja de celofán a temperatura ambiente. a diferencia de la mayoría de los estudios de investigación en los que la relación agua / cemento se ajusta en función de la estabilidad y la consistencia del hormigón celular. densidad seca en el desarrollo de la resistencia a la compresión de 28 días. Se han considerado diferentes propiedades físicas, químicas y mecánicas, incluidos

tres agentes espumantes con proteínas y se logró escoger el diseño para nuestro bloque apilable con una densidad 626 kg/m^3 y resistencia 58.8 kg/m^2 .

página de inicio de la revista: www.elsevier.com / localizar /conbui Idmat

Reglamento nacional de edificación E 0.70 albañilería

Albañilería en bloque apilable: conocida como albañilería alveolar no necesita mortero capítulo 2 artículo 3.24.

Muro no Portante. La norma E. 070 de albañilería los muros no portantes están diseñados para soportar su propio peso y solo lleva carga transversal a su plano como los cercos y parapetos.

Muros con bloques apilables

El peso ligero del concreto celular con respecto al concreto convencional permite construir elementos estructurales más pequeños ya que la carga muerta se reduce y durante el análisis estructural disminuye el requerimiento de elementos más grandes que es lo que ocurriría para el caso del concreto convencional. Otro ejemplo práctico es en la construcción de edificios de gran altura, ya que resultará económico. en casos donde el volumen requerido sea mayor que la de un elemento prefabricado o una casa habitación. En zonas de alto riesgo sísmico es de gran importancia la utilización de concreto con bajo peso, como el concreto celular, ya que presentan menores fuerzas inerciales provocando que no ocurran daños físicos en las estructuras. Además, la remoción de escombros durante las actividades de reconstrucción y rescate después del desastre es mucho más rápida.

La baja densidad del concreto celular es el ahorro en el acarreo del material. La manejabilidad en transporte de elementos de concreto celular, organización y colocación de piezas de mampostería determinan el tiempo de ejecución de las obras, por lo que la reducción de estos tiempos se refleja en el costo final de los trabajos. Se muestra la facilidad de construcción de un muro utilizando bloques de concreto celular.



Figura 2. Colocación de bloque apilable

Bloque Apilable:

Espesor=0.09cm

Alto=0.25 cm

Ancho=0.50 cm

Revestimiento con Mortero:

densidad=626 kg/m³

III. MÉTODO

3.1 Tipos y diseño de investigación

3.1.1 Tipos de investigación

Aplicada

(Jilcha, 2019), precisó que muestra el camino por el que estos investigadores formulan su problema y objetivos y presentar su resultado a partir de los datos obtenidos durante el período de estudio. (p. 1)

Al respecto se busca identificar las ventajas que ofrece el material que se propone en los procesos constructivos. En tal sentido consideramos lo siguiente:

Exploratorio.

Al respecto (Valderrama, 2015), señaló que está dirigida a responder a las causas de situaciones físico-sociales (p. 126).

A través de esta se precisan los tipos de ensayos que se realizarán y las diversas pruebas que nos permitan precisar las características del bloque apilable y poder reafirmar su importancia en los procesos constructivos.

Cuantitativa.

(Hammed, 2020) mencionó que corresponde a un enfoque racionalista y que se procede con datos numéricos para interpretar los resultados. (p. 4). Al respecto Valderrama (2015) menciona que:

A través de los análisis cuantitativos, los datos de las diversas observaciones son considerados por separado, es decir se distinguen los datos que corresponde a la variable independiente de los que corresponde a la variable dependiente. La interpretación de estos datos servirá para incrementar o modificar el problema objeto de estudio (p. 109).

Evaluar los datos de las variables antes y después del uso bloque apilable en concreto celular para los muros.

3.1.2 Diseño de investigación

No Experimental

Al respecto, Valderrama (2015), mencionó que en este tipo de estudio no hay manipulación de las variables y la inferencia sobre la relación de variables se realiza

sin intervención o influencia directa y es diseño correlacional por la relación entre las variables dadas. (p. 68)

Según (Hernández & Mendoza, 2018), respecto al corte transversal porque se recolecta datos en un solo momento y un tiempo único (p. 174)

El siguiente diseño se ajusta a la presente investigación, dado que se realizó y elaboró en un tiempo limitado y toda la información fue recolectada en un solo momento en los ensayos de laboratorio.

3.2 Variables, operacionalización

3.2.1 Variables

Variable independiente: Muros fabricados con bloques apilables de concreto celular

Según (Ortega, 2017) Las propiedades mecánicas muros fabricado con bloques apilable de concreto celular con aditivos espumante foaminac se muestra las propiedades de las materias a usar y los ensayos que se realizan al bloque de concreto celular se realizan los resultados con ensayos y comparación de los materiales convencionales izquierda. (p. 7)

Variable dependiente: Propiedad mecánica de muros

Muro de albañilería no portante se utilizado en divisiones de ambientes por las buenas propiedades térmicos y acústicos residentes en albañilería, las tabiquerías están diseñado para muro no portante carga vertical. Norma técnica -070 de albañilería (p.24)

3.2.2 Operacionalización de variables

Al respecto en la tabla de operacionalización se precisa la definición conceptual, operacional, dimensiones e indicadores de cada variable para luego en el desarrollo hacer uso de ellos para hacer los estudios pertinentes de la investigación y sacar las conclusiones respectivas.

Definición Conceptual

Se definirá la variable independiente, a los bloques apilables como la dependiente, propiedades mecánicas en relación a la concepción que se tiene en la investigación

de muro para observar los resultados de los ensayos y la comparación de estos materiales Izquierda Ortega (2017).

Definición operacional

Se hará uso de los procedimientos establecidos en la norma para lograr comprender el tratamiento que se realizará a la variable independiente bloques apilables del concreto celular y su comportamiento en la mezcla de concreto celular, del mismo modo se hará uso de las normas ASTM C-495 Y C496 para percibir los valores de resistencia a la compresión y tracción del concreto celular (Hernández, 2014).

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

Según (Andrade, Cabezas , & Torres , 2018), consideraron que son grupo de elementos con características comunes tal que se obtienen conclusiones válidas en la investigación” (p. 88). También (Magid, 2016), consideró que “la población de interés es el objetivo del estudio que pretende estudiar o tratar (p. 3).

Por lo tanto, nuestra población es infinita o indeterminada ya que son de tamaño desconocido y no se ha logrado determinar objetivamente una cantidad relativa de especímenes (probetas) de concretos en el área de influencia del estudio.

3.3.2 Muestra

Según (Hernández y Mendoza, 2018), una muestra es una parte de la población, por medio de ella se recolectan datos específicos y representan a esa población. (p. 196).

3.3.3 Muestreo

Al respecto (Cabezas, Andrade y Torres, 2018), el muestreo permite se aplica a la muestra y se aplica según el procedimiento de selección de elementos que se sustentan de acuerdo a la investigación realizada”. (p. 95)

Al respecto el muestreo se considera no probabilístico por conveniencia en la que se define los periodos de 7,14 y 28 días de aplicación a los especímenes asignados para los ensayos a realizarse.

Tabla 4. Distribución de días de aplicación según los ensayos que se realiza durante 7, 14 y 28 días.

Numero de probetas de concreto celular para evaluar la resistencia a la compresion				total
días	porcentaje del contenido de aire en concreto celular			
	40%	50%	60%	ASTMC 495-496
7	3	3	3	9
14	3	3	3	9
sub total				18
Numero de probetas de concreto celular para evaluar la resistencia a la traccion diagonal				total
dias	porcentaje del contenido de aire en concreto celular			
	40%	50%	60%	ASTMC 495-496
28	3	3	3	9
sub total				9
Ensayo de compresion axial con pilas de albañileria (incluyendo elaboracion de 3 pilas)				total
dias	porcentaje del contenido de aire en concreto celular			
	40%	50%	60%	NTP 399.605 399.621
28	3	3	3	9
sub total				9
Unidades de bloques de concreto celular para evaluar la resistencia a la compresion				total
dias	porcentaje del contenido de aire en concreto celular			
	40%	50%	60%	NTP 399.605 399.621
28	5	5	5	15
sub total				15
Unidades de bloques de concreto celular para evaluar la resistencia a la traccion				total
dias	porcentaje del contenido de aire en concreto celular			
	40%	50%	60%	NTP 399.605 399.621
28	5	5	5	15
sub total				15
Resistencia compresion diagonal en muretes de albañileria (incluyendo el elaboracion de 3 muros de (0.60x0.60m)				total
CONCRETO PATRON PARA MURETES				
28	3			3
total				69

Fuente: Elaboración propia

Unidad de análisis: Cada una de las probetas cilíndricas de concreto celular de 7.6 cm de diámetro x 15.2 cm de longitud con densidades desde 817 kg/m³.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos e instrumento

3.4.1 Técnicas

Los autores (Navarro, Jiménez, Rappoport , & Thoilliez , 2017), precisaron que es necesario para hacer las mediciones y evaluación e los instrumentos considerados en la investigación. (p. 185)

En el presente se toma en cuenta la Observación de Campo siendo los ensayos los que serán evaluados, considerando en su estudio las mediciones de sus propiedades físicas y mecánicas.

3.4.2 Instrumentos

Según (Baena), “los instrumentos representan un respaldo para que las técnicas cumplan su misión”. (p. 68)

Al respecto se usará las fichas de recolección de datos en las cuales se registrarán los logros obtenidos en ensayos considerando propiedades físicas y mecánicas.

Validez

En este caso el autor (Ríos, 2017) indicó que todo instrumento debe tener validez, por lo tanto, se ha tomado en cuenta lo establecido por Hernández et al. (2014) quienes indicaron que “someter a evaluación de juicio de expertos los instrumentos para su validación, respalda y fortalece el instrumento de medición de las variables”. (p. 68)

3.5. Procedimientos

Para la analizar las propiedades mecánicas del concreto celular de baja densidad, se realizará tomando en cuenta el siguiente plan de investigación que constará de 4 fases:

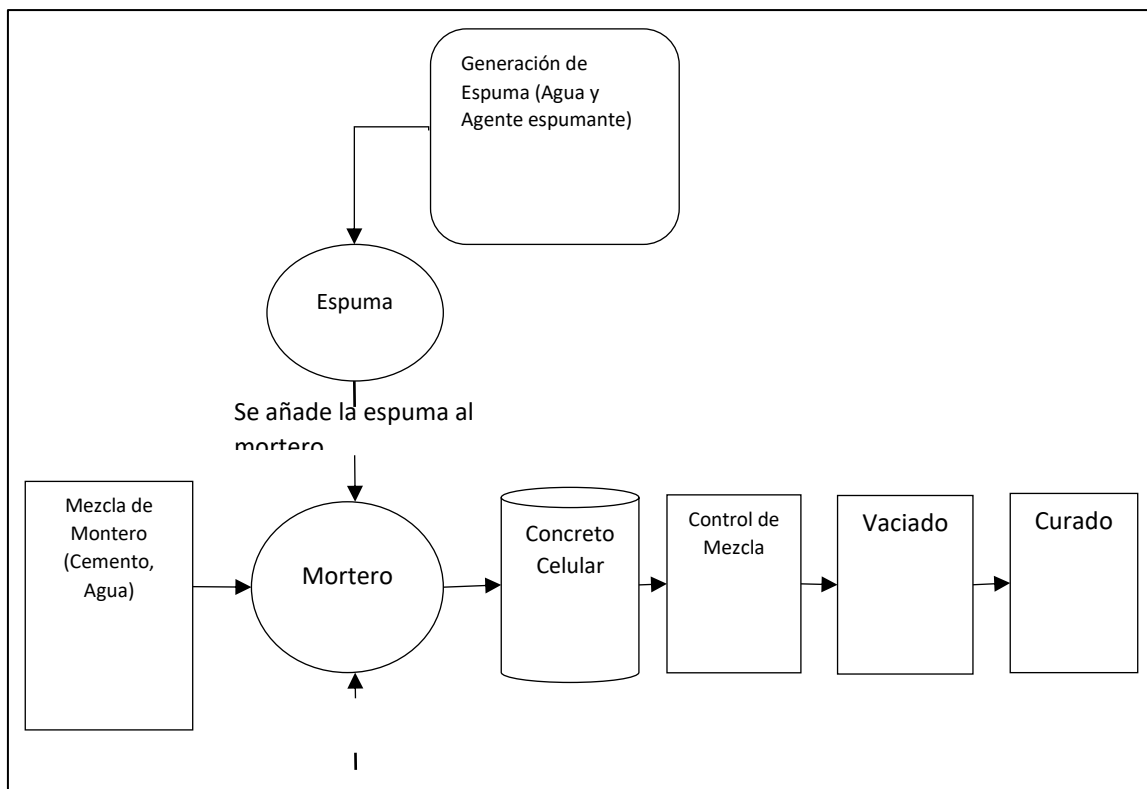
Fase 1, contara en la recolección de datos de los materiales utilizados tomando en cuenta las normas, ASTM C-869 para los agentes espumantes, para cemento la ASTM C-150. Fase 2, para la preparación y curado de especímenes se hará uso de la norma ASTM C-192, así mismo se realizará los ensayos ASMT C-1611 para determinar el flujo de la mezcla. Fase 3, para

esta fase se hará uso de las normas ASTM C-495 para los ensayos de compresión y ASTM C-496 para la medición de los ensayos de resistencia a la rotura por tracción que a continuación se detalla:

Secuencia de Producción

La producción de concreto celular con agentes espumantes se realiza mediante el batido de los mismos, pero va a depender del lugar donde se realice el respectivo vaciado (in situ) así como el tipo de concreto celular que se desee elaborar ya se estructural o no estructural. En paralelo, se siguen los mismos procesos que la elaboración de concreto convencional, así como se muestra en el siguiente flujograma:

Figura 3. Producción de concreto celular



Ensayo de Resistencia a la compresión (ASTM C-495)

Este método abarca la etapa de preparación de las muestras, así como la determinación de la resistencia a la compresión del concreto aislante liviano que tiene un peso seco al horno que no excede las 50 lb/ft³ (800 kg/m³), según los

procedimientos determinados en esta guía, Este método de prueba cubre la preparación de moldes con dimensiones de 75 x 150 mm de forma cilíndrica (ASTM C-495).

Procedimiento:

- Los tamaños de muestra a elegir para el presente ensayo son de 7x15 cm de forma cilíndrica.
- En la etapa de moldeado, se golpea tres veces a los lados del molde de manera ligera en capas para llenar completamente el molde, eliminando las muestras después de llenar los moldes, luego cubra el molde con una tapa de metal o vidrio.
- El retiro de los moldes será dentro de los 7 días posterior al moldeo para evitar dañar la muestra.
- El curado se realizará luego de las 24 horas de moldeo manteniendo las muestras a temperatura ambiente para luego realizar las pruebas de resistencia a la compresión a los 28 días
- Para la colocación de muestra, verifique la planeidad de las superficies de contacto así de la máquina de ensayo, de manera cuidadosa se debe alinear la superficie de contacto con el centro de carga de la muestra.
- Se realizará la aplicación de la carga a la muestra hasta que esta falle y se anotará los datos obtenidos, así como la verificación del tipo de falla y la apariencia del mismo.
- Luego la carga obtenida se dividirá con el área transversal promedio para obtener la resistencia a la compresión del concreto celular (ASTM C-495)

$$f'c = P/A = 4xP/\pi x D^2$$

Donde el $f'c$ representa a la resistencia a la compresión, P es la carga máxima aplicada a la muestra, A es el área de la sección transversal y D el diámetro de la muestra.

Ensayo de Resistencia a la tracción (ASTM C-496)

Este ensayo permite determinar la resistencia a la rotura de

especímenes por tracción de cilindros moldeados de concreto, así como la preparación de muestras de dimensiones de 150 x 300 mm de forma cilíndrica (ASTM C-496)

Procedimiento:

- El tamaño de muestras a elegir para el presente ensayo será de 150 x 300 mm de forma cilíndrica.
- Para concreto liviano se realizará el proceso de curado a 7 días en húmedo y los 21 días restantes a temperatura ambiente.
- Para el ensayo de resistencia a la rotura por tracción en cada muestra se debe dibujar una línea diametral axial.
- Luego realizar la medición de diámetro promedio de tres mediciones tanto al extremo como en el medio, así como la medición de la longitud de la muestra marcada diametralmente.
- Utilizando tiras, posicione la muestra en el centro de apoyo de la placa superior.
- Aplicar la carga de manera continua hasta la falla por rotura de la muestra.
- Se realizará el registro de la falla por rotura de tracción, así mismo se debe de verificar el tipo de falla y el aspecto de la muestra.

Para determinar la resistencia a la rotura por tracción se debe de realizar el siguiente cálculo:

$$T= 2P/\pi ld$$

Donde T representa la resistencia a la rotura por tracción, P la carga máxima registrada de la muestra hasta le falló, la longitud diametral y del diámetro de la muestra (ASTM C-496).

se analizará los datos obtenidos de laboratorio proveniente de los ensayos de resistencia a la compresión y tracción la cual serán analizados por gráficos representativos en Excel, así como el uso del SPSS 24 para el análisis estadístico.

Tabla 5. Instrumentos de recolección por la norma técnicas.

Técnica	Instrumento	Fuente o Información
Diseño de mezclas	Ficha de registro Laboratorio	Norma ACI 211
Asentamiento (slump)	Ficha de registro Laboratorio	Norma ASTM C 143
Temperatura	Ficha de registro Laboratorio	Norma ASTM C 1064
Peso unitario del concreto	Ficha de registro Laboratorio	Norma ASTM C 138
Contenido de aire	Ficha de registro Laboratorio	Norma ASTM C 231
Resistencia a la compresión	Ficha de registro Laboratorio	Norma ASTM C-495
Resistencia a la tracción	Ficha de registro Laboratorio	Norma ASTM C-496
Resistencia a la compresión diagonal de muretes	Ficha de registro Laboratorio	Norma NTP 339.621
Resistencia a la compresión axial de pilas	Ficha de registro Laboratorio	Norma NTP 339.605
Resistencia a la compresión de bloques	Ficha de registro Laboratorio	Norma RNE E-070
Ensayo alabeo	Ficha de registro Laboratorio	Norma NTP 339.613
Ensayo absorción	Ficha de registro Laboratorio	Norma NTP 339.613 339.604

Fuente: Elaboración propia

3.6 Métodos de análisis de datos

G h o o d j a n i (2016), consideró que es preciso el uso de un software para hacer la descripción de datos, gráficos y tablas, estadística descriptiva, con fines de ilustrar los logros que se obtiene en la investigación. (p. 7)

Al respecto se harán los ensayos y pruebas de las propiedades físicas y mecánicas, a través de pruebas de resistencia, medición de propiedades térmicas, así como las acústicas, registrando los resultados en tablas que son proporcionadas por los laboratorios. También en la fase inicial se utilizarán en las mediciones balanzas para el peso de materiales para la buena dosificación y se obtengan resultados favorables. Así mismo con los datos procesados se harán las gráficas que ilustran el comportamiento de los materiales en los ensayos efectuados y se representaran con frecuencias y cuadros en Excel.

3.7 Aspectos Éticos

(Thakur & Lahiry, 2019), precisaron que la ética abarca conceptos y principios de conducta correcta. La ética o moralidad se ha definido como no cometer ningún hecho que dañe a otros de manera definitiva y deliberada, y la preocupación por el bienestar humano es la única base inteligible. (p. 21)

En este caso se cumple con los requisitos establecidos en cuanto a las citas de información registrada en el trabajo, así como la información que se utilice en el desarrollo, cuya procedencia es de los estudios realizados. También con la normativa para los procedimientos de los diferentes ensayos y pruebas a realizar son ASTM NTP y RNE.

IV. RESULTADOS

4.1 Características del cemento

En la presente Tabla 6, se muestra las propiedades físicas que presenta el cemento Andino de tipo I según la UNACEM, del mismo modo, el rango de valores radica tomando en consideración la NTP-334.009 así como la norma ASTM C-150

Tabla 6. Cuadro resumen de propiedades del Cemento Andino tipo I

Características físicas del Cemento			
Parámetro	Unidad	Cemento Andino Premium	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	5.08	Máximo 12
Expansión autoclave	%	-0.02	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	373	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.15	No especifica
Resistencia a la Compresión			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	274	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	340	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	440	Mínimo 285*
Composición Química			
MgO	%	1.8	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.67	Máximo 3.0
Pérdida al fuego	%	1.49	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.72	Máximo 1.5

Fuente: Ficha técnica UNACEM

4.2 Características físicas del agente espumante de origen proteico

En la presente Tabla 6 se muestran las propiedades y características físicas del agente espumante de origen proteico Blotek, tomando en consideración la norma ASTM C-796 y ASTM C-869 en la cual especifica el estándar de estos aditivos para la producción de concreto celular.

Tabla 7. Cuadro resumen de propiedades físicas del agente espumante

Características físicas del agente espumante	
Datos técnicos	Descripción
Composición	Proteínas hidrolizadas 25% sales minerales 4% (metálicas 1-1,5%, cloruro de zinc, cloruro de magnesio, sulfato de hierro)
Aspecto	Líquido marrón, de olor no nauseabundo, no fermentable
Peso específico	1,16 +/- 0,3
Densidad	1,10 +/- 0.02 g/ml
Viscosidad	4.0 +/- 2.0 mm ² /s
Neutralidad	7.0 +/- 1.0
Incompatibilidad	Aceites, grasas, sustancias similares
Peso aconsejado de espuma	70-75 g/l
Solubilidad en agua	debe diluir al 2% (100 litros de agua/ 2 litros de producto)

Fuente: Ficha técnica Agente Espumante Foaminc

4.3 Diseño de mezcla

Procedimiento para obtener la dosificación de mezclas:

El principal objetivo de dosificar una mezcla de hormigón es para lograr las propiedades física-mecánicas en estado endurecido, así como en estado fresco. La mayoría de los diseños buscan la resistencia a la compresión con una consistencia específica, sin embargo, en este caso al tratarse de concreto con cualidades diferentes y especiales se realizará un diseño en base a al peso específico como dato inicial de la mezcla conforme a la norma ACI 523.2R-96 y ASTM C-138 método gravimétrico. Para la dosificación óptima se seguirá un plan de investigación bibliográfica de diseño de concreto celular para dar lugar a los diseños de prueba piloto, terminando luego con la selección de diseño definitivo. Es importante recalcar que partiremos de un diseño de mezcla de concreto celular realizado y validado con cemento tipo I, curado en agua y agente espumante de origen proteico; realizado con una densidad fresca de 817 kg/m³, relación agua cemento de 0.30 con la finalidad de estudiar las variaciones de resistencia y densidad, realizado. (Falliano, Doménico, Ricciardi, & Gugliandolo, 2018, pág. 738)

Dosificación por volúmenes aparentes

Este principio se tomó de ACI 523.2R-96 para mezclas de concreto convencional, para el diseño se deberá cumplir con las siguientes condiciones:

1. Para una resistencia requerida a compresión mayor a 20 kg/cm^2 , conforme a la norma E-070, se usa una cantidad específica de cemento y la relación de agua cemento, luego para un asentamiento requerido se hallan los valores que al establecerlos en volúmenes aparentes su suma es igual 1000 lt.
2. A partir de este principio se estableció cantidades grandes de cemento para 1 m^3 de concreto, del mismo modo se establece una relación baja de agua cemento, con la finalidad de alcanzar altas resistencias.
3. Como la suma de los volúmenes de los materiales es de 1000 l, se establece una función entre el volumen de espuma y cantidad de cemento, obteniendo así diferentes volúmenes de espuma para diferentes cantidades de cemento; de esta.
4. La suma de las masas de los diferentes materiales se divide entre 1000 l de volumen, el cual dará la densidad teórica de la mezcla.

Como se ha mencionado anteriormente, se aplicará los principios del método a una mezcla de 1 m^3 y luego se ajustará a la capacidad de la mezcladora.

Manifestando los anterior se tiene:

M: masa
V: volumen
D: densidad
C: cemento
W: agua
E: espuma

Luego establecemos el volumen de espuma (v_e) dependiente de la cantidad de cemento:

dando valores de la cantidad de cemento se logra una función lineal de cemento-espuma, luego se suma las masas y se divide entre los 1000 l que finalmente se tiene la densidad teórica objetivo, como se observa en la tabla 9.

Haciendo referencia a las revisiones previas de artículos de investigación de concreto celular, se toma en cuenta como base de este diseño el artículo de investigación denominado: Investigación experimental sobre la resistencia a la compresión del hormigón celular: efecto de las condiciones de curado, tipo de cemento, agente espumante y densidad seca; en el cual para una densidad fresca de 817 kg/m³, relación de agua cemento 0.30, agente espumante Foamin C+ y cemento tipo I.

Teniendo los datos de los materiales, relación agua cemento baja y el uso del agente espumante Foamin C+ de origen proteico, así como la densidad objetivo del concreto celular de 817 kg/m³ se obtiene:

$$d_c = 3.15 \text{ g/cm}^3 \quad d_w = 1 \text{ g/cm}^3 \quad d_e = 0.08 \text{ g/cm}^3 \quad w/c = 0.30$$

Tabla 8. Cálculos Varios, obtención mezcla de densidad 817 kg/m³.

M c (kg)	ve (lt s)	D h c (kg/m ³)
1203	903	1332
1100	903	1218
1054	903	1167
907	903	1004
804	903	890
790	903	874
738	903	817

Fuente: Elaboración propia

Diseño de mezcla patrón:

Al realizar los diseños pilotos, no se alcanzaba la densidad fresca requerida para el concreto celular, ya que los resultados fueron insatisfactorios debido a la inexperiencia que se tenía respecto a la generación de espuma, cuando se realiza usando el taladro de alta revolución, así como en la calibración del equipo generadora del pre espumado, durante este proceso de ensayo y error en la calibración del peso de la espuma se alcanzó la espuma requerida de densidad 0.08 g/cm³ y con ello el peso específico del concreto celular de baja densidad de 817 kg/m³.

Ya con los resultados satisfactorios obtenidos, este diseño se estableció como mezcla patrón, con el cual se realizará las pruebas para hallar el concreto celular patrón; a

continuación, se muestra la mezcla patrón en la tabla 10.

Tabla 9. Diseño de mezcla patrón con 60% del contenido de aire

Insumo	Nomenclatura	Unidad	Prueba
Cemento Andino Tipo I	c (kg/m ³)	Kg	590.00
Agua	w (kg/m ³)	Kg	177.00
Foamin C	f (kg/m ³)	Kg	50
Ratio 1	w/c	-	0.30

Fuente: Elaboración propia

Proporciones de materiales para una densidad de 817 kg/m³, posee 60% de contenido de aire con relación al peso del cemento, el cual se muestra en la tabla 10

Tabla 10. Diseño de mezcla patrón con 50% del contenido de aire

Insumo	Nomenclatura	Unidad	Prueba
Cemento Andino Tipo I	c (kg/m ³)	Kg	800.00
Agua	w (kg/m ³)	Kg	240.00
Foamin C	f (kg/m ³)	Kg	41.6
Ratio 1	w/c	-	0.30

Fuente: Elaboración propia

Proporciones de materiales para una densidad de 1060 kg/m³, posee 50% de contenido de aire con relación al peso del cemento, el cual se muestra en tabla 11

Tabla 11. Diseño de mezcla patrón con 40% del contenido de aire

Insumo	Nomenclatura	Unidad	Prueba
Cemento Andino Tipo I	c (kg/m ³)	Kg	980.00
Agua	w (kg/m ³)	Kg	294.00
Foamin C	f (kg/m ³)	Kg	33.3
Ratio 1	w/c	-	0.30

Fuente: Elaboración propia

Proporciones de materiales para una densidad de 1307 kg/m^3 , posee 40% de contenido de aire con relación al peso del cemento, el cual se muestra en la tabla 12.

4.4 Proceso de elaboración de concreto celular:

Para la elaboración del hormigón celular se utilizó el método pre espumado, en el cual se hace uso de un taladro eléctrico de alta revolución con capacidad de 1200 rev/min, el procedimiento que se sigue es el siguiente:

Se dosifica el agente espumante para generar la espuma preformada, la espuma proteica Foamin C+ de acuerdo a sus especificaciones técnicas que es de 2 lts por 100 litros de agua, pero en este caso por recomendación del técnico de la producción del concreto celular BHCPERÚ se dosificó 4 lts por cada 100 lts de agua; dentro del generador de espuma, el agua, el aire comprimido y el agente espumante se mezclan trasladándose mediante una manguera a un colector en donde se genera la espuma mediante una turbulencia mecánica; la presión del aire comprimido es de aproximadamente de 60 psi, mientras que el agente espumante Foamin C+ se introduce en 2% en volumen, produciendo una espuma de aproximadamente de 80 g/l de densidad, el cual se encuentra dentro del rango permitido de 60 a 80 g/l según las especificaciones técnicas del fabricante.

Figura 4. . Aditivo espumante Foamine C



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4, se está preparando el aditivo espumante para combinar con el mortero para lograr obtener el contenido de aire en el bloque de concreto celular en los porcentajes que se realiza.

Figura 5. Ensayo de probeta y ensayo a la compresión



Fuente: Elaboración propia

En la figura se muestra el momento en el cual se realizan los ensayos de probeta y a la compresión que son importantes para comprobar las ventajas que nos da el material utilizado en los procesos constructivos.

Tabla 12. Diseño de concreto celular

DISEÑOS DE CONCRETO CELULAR										
IDENTIFICACIÓN		40% AIRE			50% AIRE			60% AIRE		
MATERIALES	UNIDADES	PESO M ³	PEM kg/m ³	VOLUMEN M ³	PESO M3	PEM kg/m ³	VOLUMEN M ³	PESO M3	PEM kg/m ³	VOLUMEN M ³
CEMENTO SOL TIPO I	kg	980	3150	0.3111	800	3150	0.2540	590	3150	0.1873
AGUA	l	294	1000	0.2940	240	1000	0.2400	177	1000	0.1770
ESPUMA	l	33.3	750	0.0380	41.6	750	0.0555	50	750	0.0667
AIRE ATRAPADO		0		0.3569			0.4506			0.5690
METRO CÚBICO TEÓRICO		---		1.0000	---		1.0000	---		1.0000
PESO HUMEDO	kg	1307		1.000	1082		1.000	817		
RELACIÓN A/C		0.3			0.3			0.3		
VOLUMEN AIRE %	%	36			45			57		
VOLUMEN DE PASTA	M ³	0.6431			0.5494			0.4310		
DENSIDAD REAL KG/M3	kg	1285			1060			800		
RENDIMIENTO M ³	kg	1.02			1.02			1.02		
Moldeo de probetas	N°	9			9			9		
Fluidez	Pulgadas	9			8 3/4"			8 1/2"		
Fecha vaciada	d/m/a	5/05/2021			5/05/2021			5/05/2021		
7 días	d/m/a	12/05/2021			12/05/2021			12/05/2021		
14 días	d/m/a	19/05/2021			19/05/2021			19/05/2021		
28 días	d/m/a	2/06/2021			2/06/2021			2/06/2021		
7 días	d/m/a	113			75			43		
14 días	d/m/a	121			80			46		
28 días	d/m/a	130			92			52		

Según la tabla se tiene que los bloques de concreto celular de 60% de aire contenido cumplen con el R.N. E cap.3 artículo 5.2 de la tabla 1 los bloques para no portante como mínimo es 20 kg/cm² en conclusión nuestro bloque según el ensayo realizado tiene una resistencia 22kg/cm² y una densidad en seco 800 kg/m³ cada bloque estaría pesando 9. kilos comparando con otros bloques una diferencia de 35% fácil para transportarlo y facilita el trabajo.

4.5 Resultados de laboratorio

Se realizó los ensayos correspondientes al concreto celular en el laboratorio Master Lem S.A. situado en la Av. Circunvalación No 15457, Cercado de Lima, obteniendo el ensayo a la compresión de probetas.

Cálculo de la resistencia de probetas

Tabla 13. Ensayo a la compresión a 7 días con porcentajes de 40%,50% y 60% de aire contenido

MUESTRA	FECHA DE COMPRESION	EDAD	DIÁMETRO	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PROMEDIO	PESOS
		DÍAS	(cm)					g
M 1 - 40%	12/5/2021	7	7.6	45.4	5221	115		878.1
M 2 - 40%	12/5/2021	7	7.6	45.4	5130	113	113	879.2
M 3 - 40%	12/5/2021	7	7.6	45.4	5085	112		876.0
M 1 - 50%	12/5/2021	7	7.6	45.4	3405	75		717.2
M 2 - 50%	12/5/2021	7	7.6	45.4	3450	76	75	716.9
M 3 - 50%	12/5/2021	7	7.6	45.4	3360	74		717.0
M 1 - 60%	12/5/2021	7	7.6	45.4	1906	42		529.6
M 2 - 60%	12/5/2021	7	7.6	45.4	2043	45	43	528.4
M 3 - 60%	12/5/2021	7	7.6	45.4	1952	43		529.1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se observa los ensayos realizados a 7 días con las probetas con un diámetro de 7.6 cm x 15.2 cm. En este caso con un contenido de 40%, 50% y 60%. Sus resistencias a la compresión promedio fueron 113, 75 y 43 kg/cm² respectivamente.

Tabla 14. Ensayo a la compresión a 14 días con porcentajes de 40%,50% y 60% de aire contenido

MUESTRA	FECHA DE COMPRESIÓN	EDAD	DIÁMETRO	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PROMEDIO	PESOS
		DIAS	(cm)					g
M 1 - 40%	19/5/2021	14	7.6	45.4	5500	121		879.2
M 2 - 40%	19/5/2021	14	7.6	45.4	5492	121	121	979.0
M 3 - 40%	19/5/2021	14	7.6	45.4	5505	121		874.0
M 1 - 50%	19/5/2021	14	7.6	45.4	3650	80		716.2
M 2 - 50%	19/5/2021	14	7.6	45.4	3641	80	80	716.9
M 3 - 50%	19/5/2021	14	7.6	45.4	3645	80		717.0
M 1 - 60%	19/5/2021	14	7.6	45.4	2100	46		530.1
M 2 - 60%	19/5/2021	14	7.6	45.4	2050	45	46	529.0
M 3 - 60%	19/5/2021	14	7.6	45.4	2053	45		530.4

Fuente: Elaboración propia

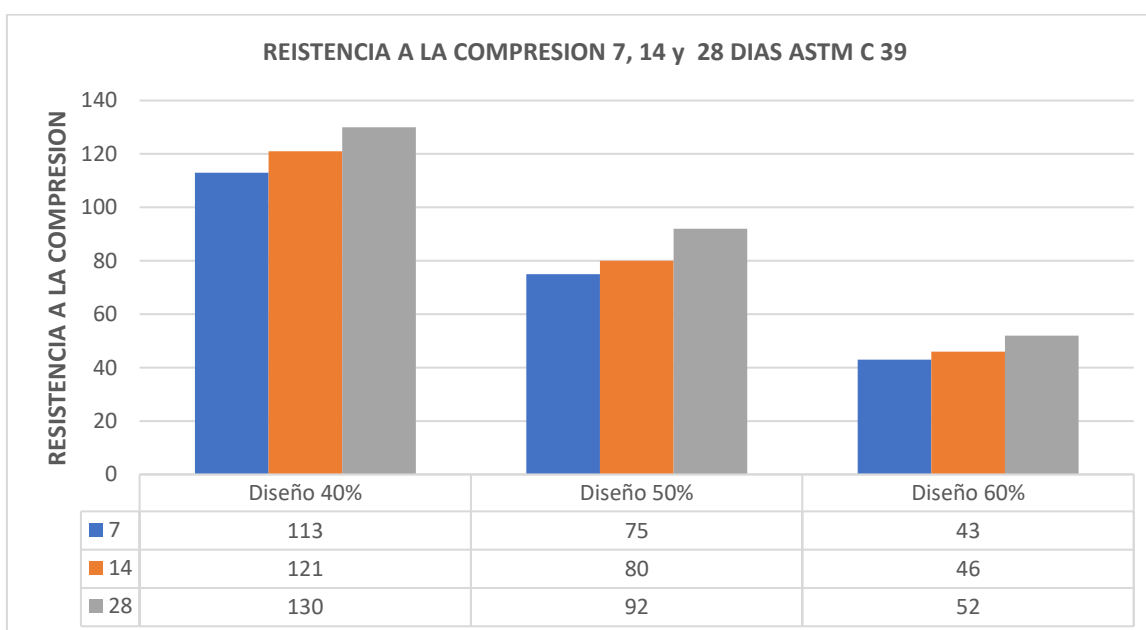
Tabla 15. Ensayo a la compresión a 28 días con porcentajes de 40%,50% y 60% de aire contenido

MUESTRA	FECHA DE COMPRESIÓN	EDAD	DIÁMETRO	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PROMEDIO	PESOS g
		DIAS	(cm)					
M 1 - 40%	2/06/2021	28	7.6	45.4	6204	137		879.2
M 2 - 40%	2/06/2021	28	7.6	45.4	5900	130	130	979.0
M 3 - 40%	2/06/2021	28	7.6	45.4	5651	125		874.0
M 1 - 50%	2/06/2021	28	7.6	45.4	3995	88		716.2
M 2 - 50%	2/06/2021	28	7.6	45.4	4210	93	92	716.9
M 3 - 50%	2/06/2021	28	7.6	45.4	4337	96		717.0
M 1 - 60%	2/06/2021	28	7.6	45.4	2620	58		530.1
M 2 - 60%	2/06/2021	28	7.6	45.4	2463	54	52	529.0
M 3 - 60%	2/06/2021	28	7.6	45.4	1984	44		530.4

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se observa los ensayos realizados a 28 días con las probetas con un diámetro de 7.6 cm x 15.2 cm En este caso con un contenido de 40%, 50% y 60%. Sus resistencias a la compresión fueron 130, 92 y 52 kg/cm² respectivamente. En tal sentido según las tablas se observa que los ensayos realizados a 28 días son mejores porque se observa el incremento de la resistencia. Al respecto se detalla esta diferencia en las gráficas plasmadas a continuación.

Figura 6. Diagrama de barras de resistencias comparadas a 7, 14 y 28 días



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura, se tiene que la resistencia a la compresión realizada a 28 días es mayor que la resistencia a la compresión realizada de 7 y 14 días

Cálculo de la densidad

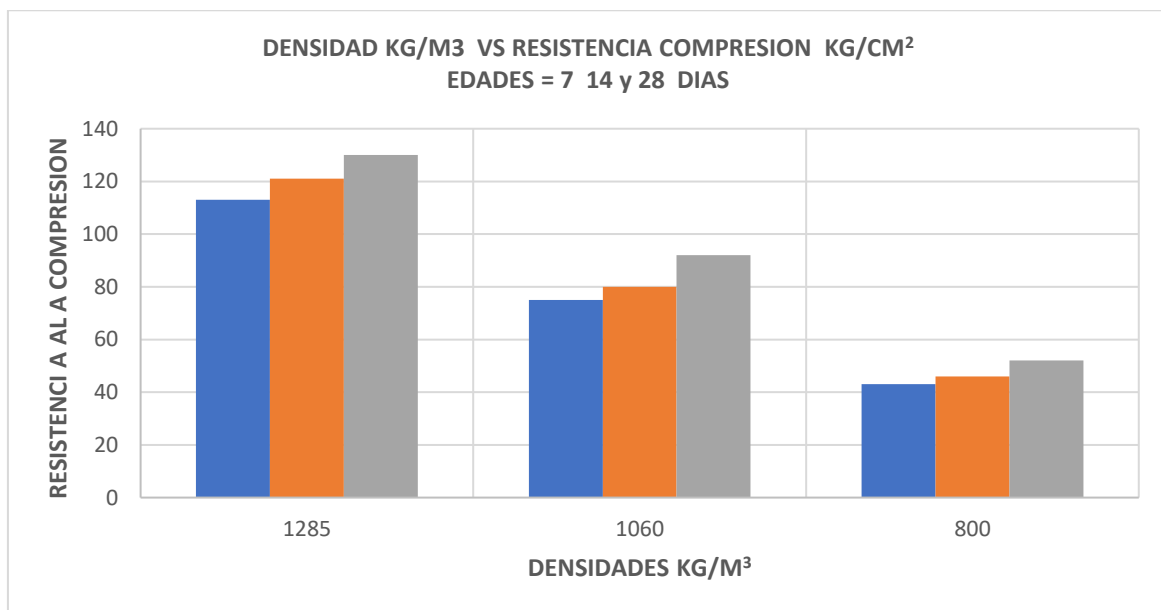
Tabla 16. Cálculo de densidad

Densidad m ³	Resistencias		
	Kg/cm ²		
Días	7	14	28
1285 m ³ - 40%	113	121	130
1060 m ³ - 50%	75	80	92
800 m ³ - 60%	43	46	52

Fuente: Elaboración propia

Se observa que las que tienen mayor densidad resultan aquellas que tienen menos vacío, en los cálculos realizados a la fecha para 7,14 y 28 días respectivamente.

Figura 7. Comparativo de densidades



Fuente: Elaboración propia

En la figura se observa que las densidades se relacionan con la resistencia por lo que se observa que a mayor densidad es mayor resistencia a la compresión

Cálculo de la resistencia a la tracción indirecta

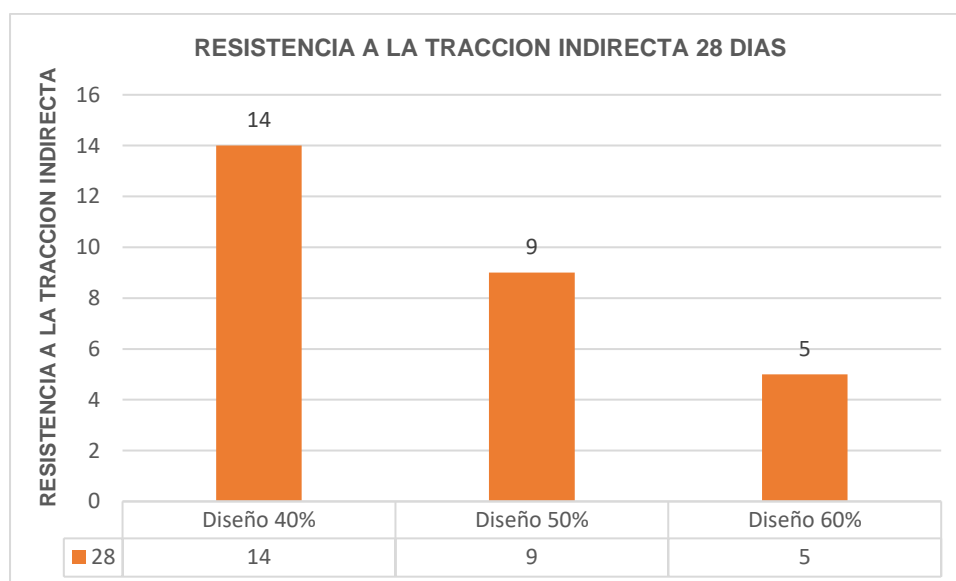
Tabla 17. Ensayo a la resistencia a la tracción indirecta a 28 días con porcentajes de 40%,50% y 60% de aire contenido.

MUESTRA	FECHA DE COMPRESIÓN	EDAD	DIÁMETRO	LONGITUD	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PROMEDIO
		DIAS	(cm)	(cm)			
M 1 - 40%	2/06/2021	28	7.6	15.2	2640	15	
M 2 - 40%	2/06/2021	28	7.6	15.2	2747	15	14
M 3 - 40%	2/06/2021	28	7.6	15.2	2454	14	
M 1 - 50%	2/06/2021	28	7.6	15.2	1651	9	
M 2 - 50%	2/06/2021	28	7.6	15.2	1495	8	9
M 3 - 50%	2/06/2021	28	7.6	15.2	1598	9	
M 1 - 60%	2/06/2021	28	7.6	15.2	1002	6	
M 2 - 60%	2/06/2021	28	7.6	15.2	890	5	5
M 3 - 60%	2/06/2021	28	7.6	15.2	894	5	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla se tiene con 28 días a un 60% se tiene el promedio mayor de resistencia que es de 5kg/cm²

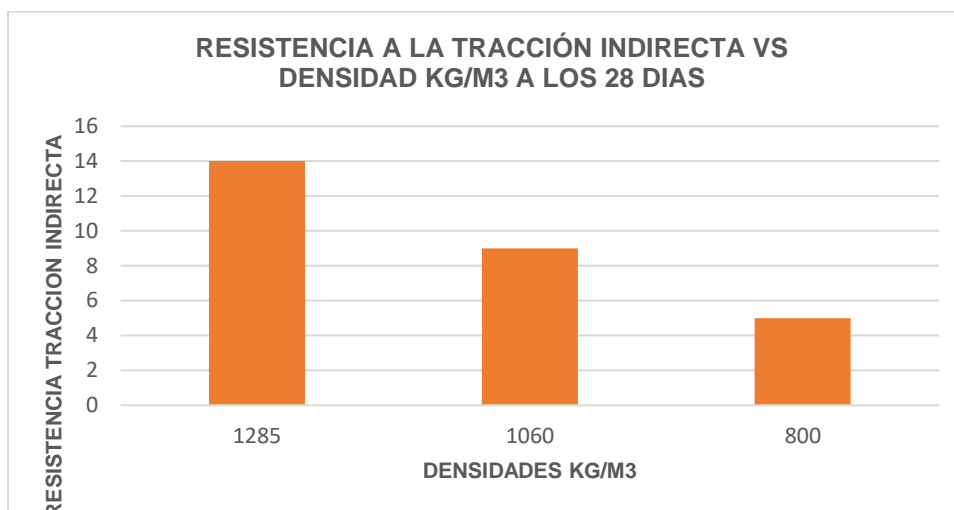
Figura 8. Resistencia a la tracción indirecta 28 días



Fuente: Elaboración propia

Según la figura se pone en evidencia que con el diseño a 60% y a 28 días se tiene una resistencia a la tracción de 5kg/cm²

Figura 9. Resistencia a la tracción indirecta vs densidad



Fuente: Elaboración propia

Según la figura se tiene que a mayor densidad se tiene mayor resistencia a la tracción

Tabla 18. Cálculo de densidad

DENSIDAD		RESISTENCIA	
28 DIAS		28 DIAS	
Diseño 40%	1285	PROMEDIO	14
Diseño 50%	1060	PROMEDIO	9
Diseño 60%	800	PROMEDIO	5

Fuente: Elaboración propia

Se tiene que a 28 días con un diseño al 60% se tiene una resistencia promedio de 5kg/cm²

Cálculo de la resistencia de bloques de concreto celular

Tabla 19. Ensayo a la compresión a 28 días con porcentajes de 40%de aire contenido.

Compresión bloques	DIMENSIONES (cm)			ÁREA	CARGA MAX.	fb (kg/cm ²)
	H	L	A	(cm ²)	(KG)	
40% M-1	20.5	23.8	9.1	216.58	8124	38
40% M-2	20.4	23.7	9.1	215.67	8452	39
40% M-3	20.4	23.7	9.2	218.04	7539	35
PROMEDIO =						37
δ =						2.33
f'b						35
C. V. (%) =						6.72

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se observa los ensayos realizados a 28 días los bloques con un diámetro de 9cm x 25cm x 50 cm En este caso con un contenido de 40%. Sus resistencias a la compresión fueron 37. kg/cm² promedio.

En tal sentido según las tablas se observa que los ensayos realizados a 28 días son mejores porque se observa el incremento de la resistencia. Al respecto se detalla esta diferencia en las gráficas plasmadas a continuación.

Tabla 20. Ensayo a la compresión a 28 días con porcentajes de 50%de aire contenido.

Compresión bloques	DIMENSIONES (cm)			ÁREA	CARGA MAX.	f' b (kg/cm ²)
	H	L	A	(cm ²)	(KG)	
50% M-1	20.5	23.8	9.0	214.2	6720	31
50% M-2	20.5	23.7	9.1	215.67	5741	27
50% M-3	20.3	23.7	9.0	213.3	5820	27
PROMEDIO =						28
δ =						2.57
f'm						26
C. V. (%) =						9.96

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se observa los ensayos realizados a 28 días los bloques con un diámetro de 9cm x 25cm x 50 cm En este caso con un contenido de 50%. Sus resistencias a la compresión fueron 28. kg/cm² promedio.

En tal sentido según las tablas se observa que los ensayos realizados a 28 días son mejores porque se observa el incremento de la resistencia. Al respecto se detalla esta diferencia en las gráficas plasmadas a continuación.

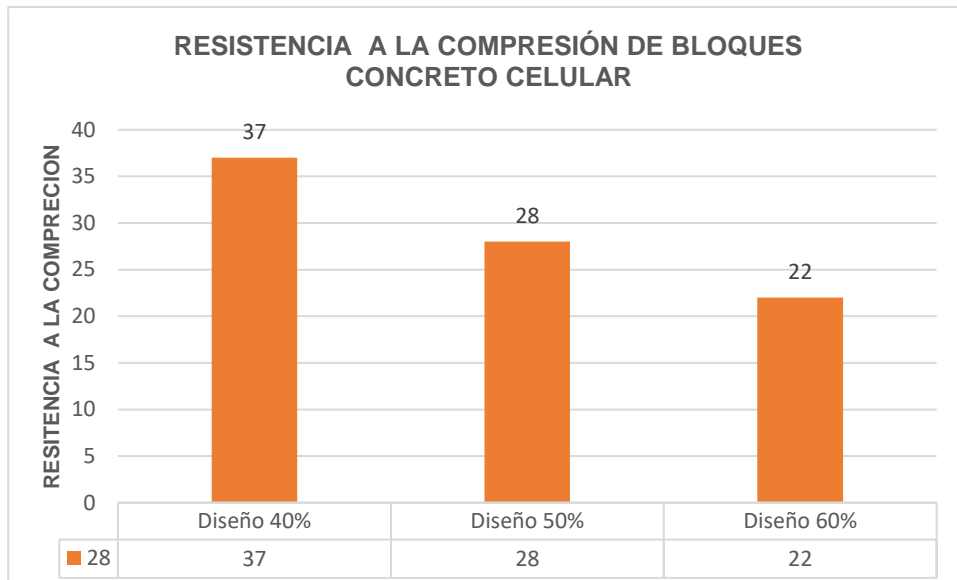
Tabla 21. Ensayo a la compresión a 28 días con porcentajes de 60%de aire contenido.

Compresión bloques	DIMENSIONES (cm)			ÁREA	CARGA MAX.	fm (kg/cm ²)
	H	L	A	(cm ²)	(KG)	
60% M-1	20.4	23.8	8.9	211.82	4561	22
60% M-2	20.4	23.7	8.9	210.93	4348	21
60% M-3	20.6	23.7	9.0	213.3	4898	23
PROMEDIO =						22
δ =						1.18
f'm						21
C. V. (%) =						5.77

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se observa los ensayos realizados a 28 días los bloques con un diámetro de 9cm x 25cm x 50 cm En este caso con un contenido de 60%. Sus resistencias a la compresión fueron 22. kg/cm² promedio el bloque de concreto celular para muro no portante la norma técnica mínimo debe ser 20 kg/cm².

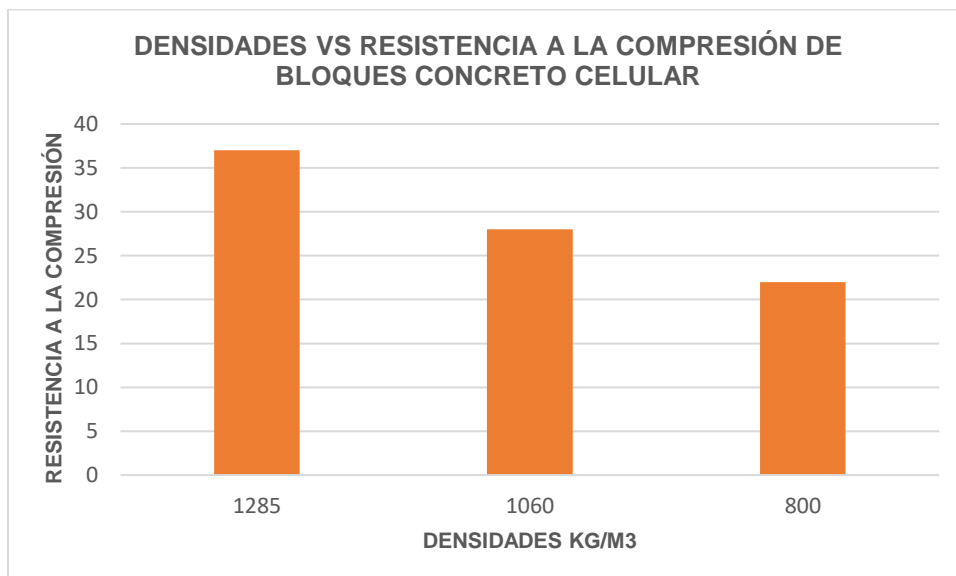
Figura 10. Diagrama de barras resistencias a la compresión a 28 días



Fuente: Elaboración propia

A 28 días se observa que con un diseño de 40% se tiene resistencia de 37kg/cm²

Figura 11. Densidad vs resistencia a la compresión de bloque de concreto celular



Fuente: Elaboración propia

En la figura se cumple que a mayor densidad se tiene mayor resistencia a la compresión de bloques

Tabla 22. Cálculo de densidad

DENSIDAD		RESISTENCIA	
28 DÍAS		28 DÍAS	
Diseño 40%	1285	PROMEDIO	37
Diseño 50%	1060	PROMEDIO	28
Diseño 60%	800	PROMEDIO	22

Fuente: Elaboración propia

En tal sentido según las tablas se observa que los ensayos realizados a 28 días son mejores porque se observa el incremento de la resistencia. Al respecto se detalla esta diferencia en las gráficas plasmadas a continuación.

Cálculo de la resistencia axial en pilas

Tabla 23. Ensayo a 28 días con porcentajes de 40% de aire contenido.

Pila	DIMENSIONES (cm)			ÁREA (cm ²)	CARGA MÁX. (KG)	ESB. (ht/Ap)	COEF. DE ESB. (E.070)	f'm (kg/cm ²)
	H	L	A					
40 % M-1	41.0	23.8	9.0	214.2	6205	4.56	0.98	28
40 % M-2	40.9	23.8	9.0	214.2	5984	4.54	0.98	27
40 % M-3	40.9	23.7	9.1	215.67	5305	4.49	0.98	24
PROMEDIO =								27
δ =								2.24
								24.39
C. V. (%) =								9.18

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se observa los ensayos realizados a 28 días axial en pilas con un contenido de 40%. Sus resistencias a la compresión fueron 27. kg/cm² promedio.

En tal sentido según las tablas se observa que los ensayos realizados a 28 días son mejores porque se observa el incremento de la resistencia. Al respecto se detalla esta diferencia en las gráficas plasmadas a continuación.

Tabla 24. Ensayo a 28 días con porcentajes de 50% de aire contenido.

Pila	DIMENSIONES (cm)			ÁREA (cm ²)	CARGA MÁX. (KG)	ESB. (ht/Ap)	COEF. DE ESB. (E.070)	f'm (kg/cm ²)
	H	L	A					
50 % M-1	41.0	23.9	9.1	217.49	4150	4.51	0.98	19
50 % M-2	41.0	23.9	9.0	215.1	3952	4.56	0.98	18
50 % M-3	40.8	23.8	8.9	211.82	4766	4.58	0.98	22
PROMEDIO =								20
δ =								2.16
f'm								17.42
C. V. (%) =								12.41

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se observa los ensayos realizados a 28 días axial en pilas con un contenido de 50%. Sus resistencias a la compresión fueron 20. kg/cm² promedio. En tal sentido según las tablas se observa que los ensayos realizados a 28 días son mejores porque se observa el incremento de la resistencia. Al respecto se detalla esta diferencia en las gráficas plasmadas a continuación.

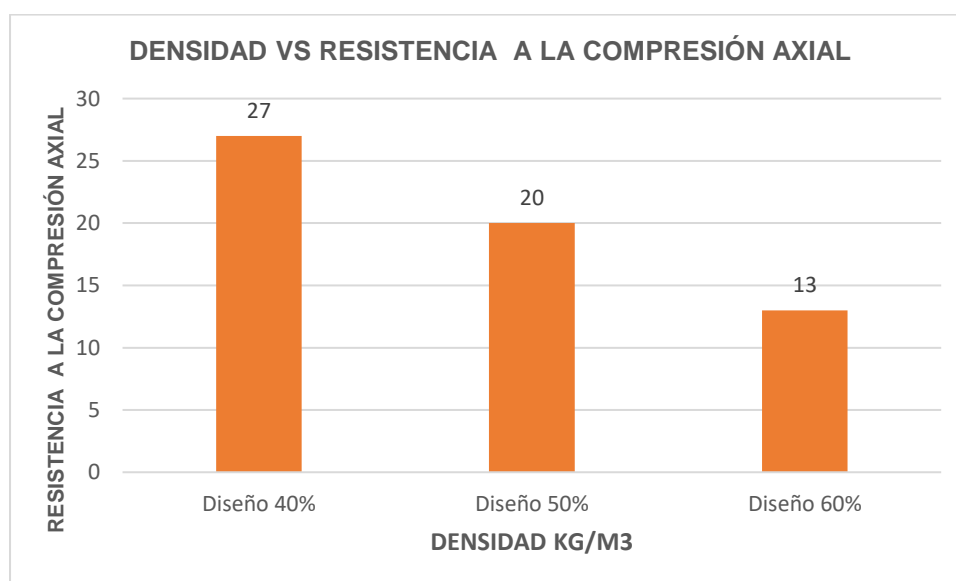
Tabla 25. Ensayo a 28 días con porcentajes de 60%de aire contenido.

Pila	DIMENSIONES (cm)			ÁREA (cm ²)	CARGA MÁX. (KG)	ESB. (ht/Ap)	COEF. DE ESB. (E.070)	f'm (kg/cm ²)
	H	L	A					
60 % M-1	40.9	23.9	9.0	215.1	2950	4.54	0.98	13
60 % M-2	41.0	23.9	9.1	217.49	2719	4.51	0.98	12
60 % M-3	41.0	23.9	9.1	217.49	3258	4.51	0.98	15
PROMEDIO =								13
δ =								1.21
f'm								12.24
C. V. (%) =								9.92

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se observa los ensayos realizados a 28 días axial en pilas con un contenido de 60%. Sus resistencias a la compresión fueron 13. kg/cm² promedio. En tal sentido según las tablas se observa que los ensayos realizados a 28 días son mejores porque se observa el incremento de la resistencia. Al respecto se detalla esta diferencia en las gráficas plasmadas a continuación.

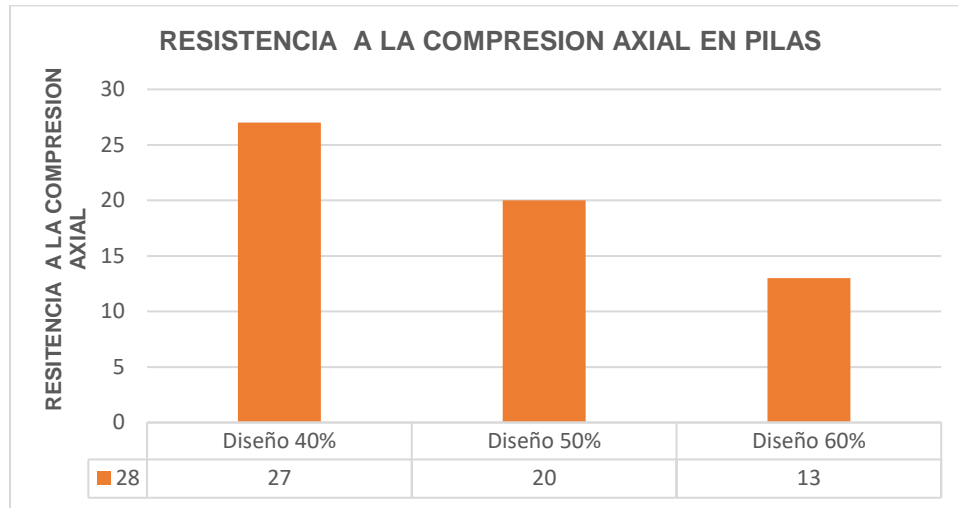
Figura 12. Densidad vs resistencia a la compresión axial



Fuente: Elaboración propia

En la figura se comprueba la relación directa de densidad y resistencia a la compresión axial

Figura 13. Resistencia a la compresión axial en pilas



Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Cálculo de densidad

DENSIDAD		RESISTENCIA	
28 DÍAS		28 DÍAS	
Diseño 40%	1285	PROMEDIO	27
Diseño 50%	1060	PROMEDIO	20
Diseño 60%	800	PROMEDIO	13

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla se tiene que con un diseño a 40% se tiene a 28 días una resistencia de 27kg/cm²

Cálculo de la resistencia corte diagonal de muretes

Tabla 27. Ensayo a la compresión diagonal a 28 días con porcentajes de 40% de aire contenido.

Murete	ESPEJOR (cm)	LONGITUD DIAGONAL (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	V _m (Kg/cm ²)
40 % M-1	9.1	88.1	801.7	2560	3.19
40 % M-2	9.0	88.0	792.0	2245	2.83
40 % M-3	9.0	87.0	783.0	2695	3.44
Promedio =					3.16
σ =					0.31
CV =					10.71
V'm =					2.85

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se observa los ensayos de muretes realizados a 28 días con un diámetro 60cm x 60 cm En este caso con un contenido de 40%. Sus resistencias de corte diagonal fueron 3.16. kg/cm² promedio.

Tabla 28. Ensayo a la compresión diagonal a 28 días con porcentajes de 50% de aire contenido

Murete	ESPEJOR (cm)	LONGITUD DIAGONAL (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	V _m (Kg/cm ²)
50 % M-1	9.0	87.7	789.3	1540	1.95
50 % M-2	9.0	88.0	792	1502	1.90
50 % M-3	8.9	87.0	774.3	1599	2.07
Promedio =					1.97
σ =					0.09
CV =					4.56
V'm =					1.88

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se observa los ensayos de muretes realizados a 28 días con un diámetro 60cm x 60 cm En este caso con un contenido de 40%. Sus resistencias de corte diagonal fueron 1.97. kg/cm² promedio.

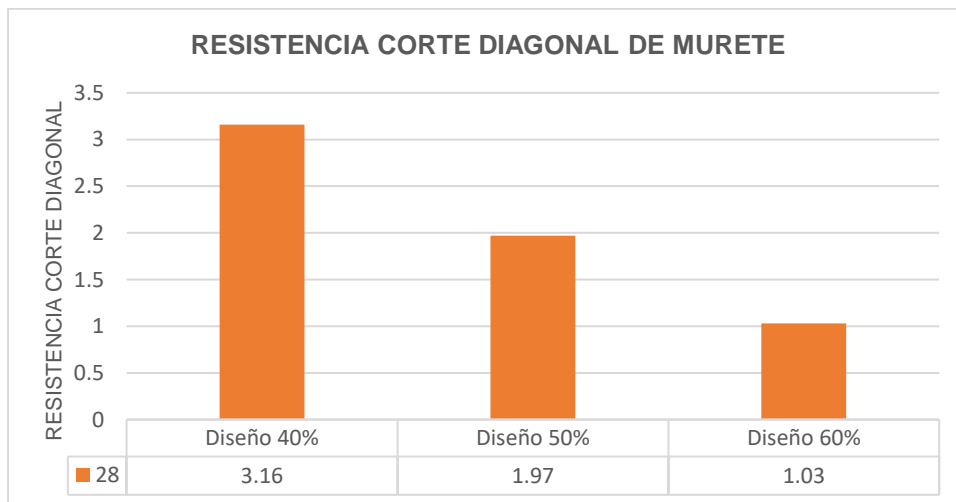
Tabla 29. Ensayo a la compresión diagonal a 28 días con porcentajes de 60% de aire contenido.

Murete	ESPESOR (cm)	LONGITUD DIAGONAL (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	V _m (Kg/cm ²)
60 % M-1	8.9	87.5	778.75	860	1.10
60 % M-2	8.9	87.9	782.31	835	1.07
60 % M-3	8.9	89.9	800.11	740	0.92
				Promedio =	1.03
				σ =	0.09
				CV =	10.11
				V'm =	0.94

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se observa los ensayos de muretes realizados a 28 días con un diámetro 60cm x 60 cm En este caso con un contenido de 60%. Sus resistencias a la tracción diagonal fueron 1.03. kg/cm² promedio.

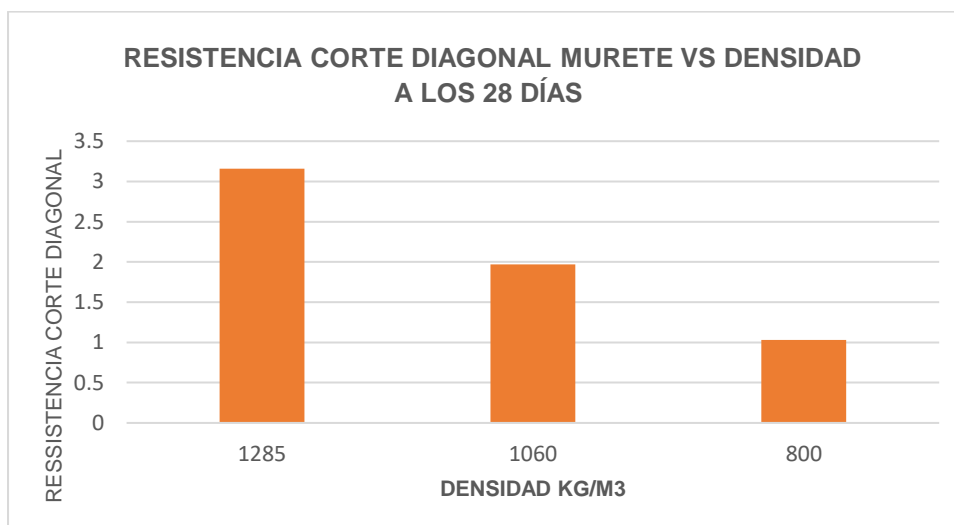
Figura 14. Resistencia corte diagonal de murete



Fuente: Elaboración propia

En la figura se ilustra que con diseño de 40% se tiene una resistencia de 3.16 kg/cm²

Figura 15. Resistencia corte diagonal murete vs densidad a los 28 días



Fuente: Elaboración propia

En la figura se tiene evidencia que a mayor densidad se tiene mayor resistencia

Tabla 30. Cálculo de densidad

DENSIDAD		RESISTENCIA	
28 DIAS		28 DIAS	
Diseño 40%	1285	PROMEDIO	3.16
Diseño 50%	1060	PROMEDIO	1.97
Diseño 60%	800	PROMEDIO	1.03

Fuente: Elaboración propia

Se tiene que con diseño de 40% se tiene un mayor promedio de resistencia.

Ensayo de la absorción

Tabla 31. Datos del ensayo de absorción bloques de concreto celular

ABSORSION	PESO HUMEDO (g)	PESO SECO (g)	ABSORSION (%)	PROMEDIO
40% M-1	14033.1	11950.7	17.4	18.3
40% M-2	14065.3	12065.1	16.6	
40% M-3	13985.7	11567.9	20.9	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se observa los datos ensayos de absorción realizados a 28 días En este caso con un contenido de 40%. Sus ensayos de absorción fueron 18.3. % promedio.

Tabla 32. Datos del ensayo de absorción bloques de concreto celular

ABSORSIÓN	PESO HUMEDO (g)	PESO SECO (g)	ABSORSIÓN (%)	PROMEDIO
50% M-1	11071.2	9060.2	22.2	23.3
50% M-2	11159.3	8900.2	25.4	
50% M-3	11205.0	9159.2	22.3	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se observa los datos ensayos de absorción realizados a 28 días En este caso con un contenido de 50%. Sus ensayos de absorción fueron 23.3. % promedio.

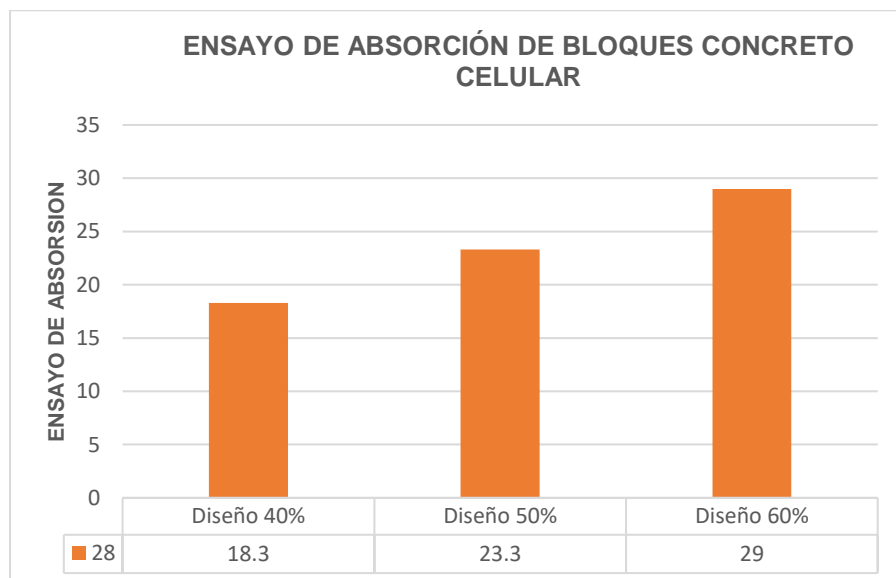
Tabla 33. Datos del ensayo de absorción bloques de concreto celular

ABSORSIÓN	PESO HUMEDO (g)	PESO SECO (g)	ABSORSIÓN (%)	PROMEDIO
60% M-1	8630.6	6750.2	27.9	29.0
60% M-2	8704.1	6670.2	30.5	
60% M-3	8626.7	6700.2	28.8	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se observa los datos ensayos de absorción realizados a 28 días En este caso con un contenido de 60%. Sus ensayos de absorción fueron 29. % promedio.

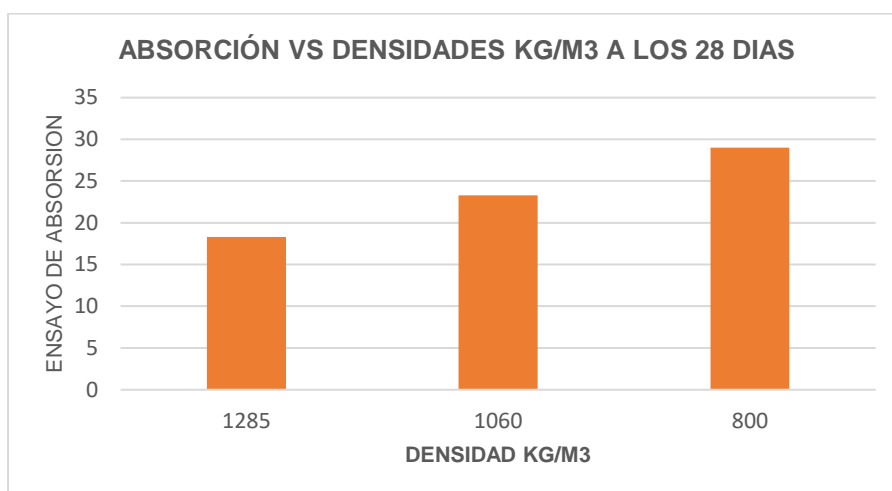
Figura 16. Ensayo de absorción del bloque concreto celular



Fuente: Elaboración propia

En la figura se tiene que en 28 días con diseño de 60% resulta mayor

Figura 17. Absorción vs densidad a los 28 días



Fuente: Elaboración propia

EL diseño de 60% a menor densidad resulta mayor el ensayo de absorción

Tabla 34. Cálculo de densidad - resistencia

DENSIDAD		RESISTENCIA	
28 DIAS		28 DIAS	
Diseño 40%	1285	PROMEDIO	3.16
Diseño 50%	1060	PROMEDIO	1.97
Diseño 60%	800	PROMEDIO	1.03

Fuente: Elaboración propia

Se tiene que con 28 días con densidad de 40% el promedio es una mayor resistencia de 3.16 kg/cm²

Ensayo de Alabeo

Tabla 35. Datos del ensayo de alabeo bloques de concreto celular

MUESTRA	CARA A		CARA B		ALABEO PROMEDIO	
	CONV (mm)	CONC (mm)	CONV (mm)	CONC (mm)	CONV (mm)	CONC (mm)
40% M-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40 % M-2	1.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
40 % M-3	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.50
40 % M-4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40 % M-5	1.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
40 % M-6	0.00	0.00	1.00	0.00	0.50	0.00
40 % M-7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40 % M-8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40 % M-9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40 % M-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PROMEDIO					0.15	0.05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Datos del ensayo de alabeo bloques de concreto celular

MUESTRA	CARA A		CARA B		ALABEO PROMEDIO	
	CONV (mm)	CONC (mm)	CONV (mm)	CONC (mm)	CONV (mm)	CONC (mm)
50 % M-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50 % M-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50 % M-3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50 % M-4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50 % M-5	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.50
50 % M-6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50 % M-7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50 % M-8	1.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
50 % M-9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50 % M-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PROMEDIO					0.05	0.05

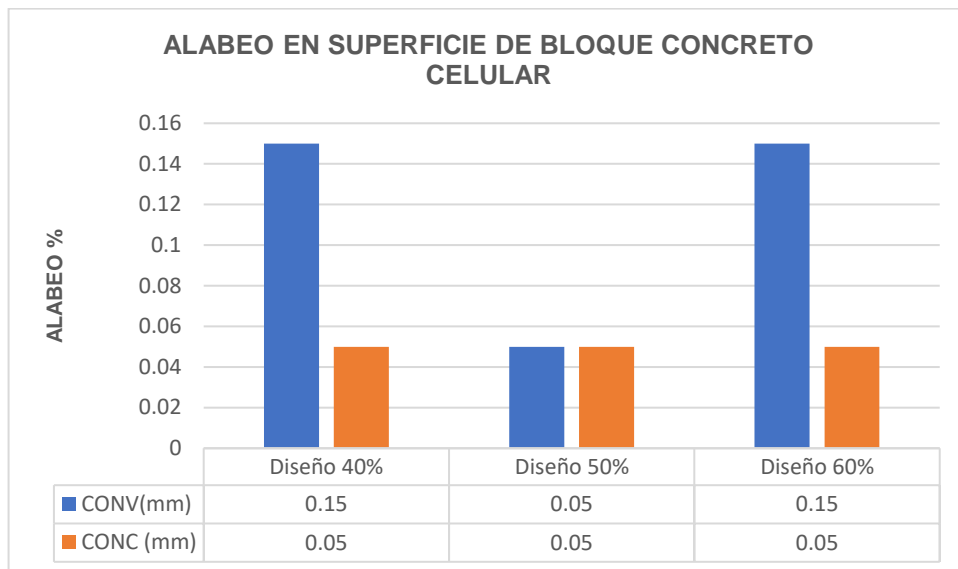
Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Datos del ensayo de alabeo bloques de concreto celular

MUESTRA	CARA A		CARA B		ALABEO PROMEDIO	
	CONV (mm)	CONC (mm)	CONV (mm)	CONC (mm)	CONV (mm)	CONC (mm)
60 % M-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60 % M-2	1.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
60 % M-3	0.00	0.00	1.00	0.00	0.50	0.00
60 % M-5	1.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
60 % M-6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60 % M-7	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.50
60 % M-8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60 % M-9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60 % M-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PROMEDIO					0.15	0.05

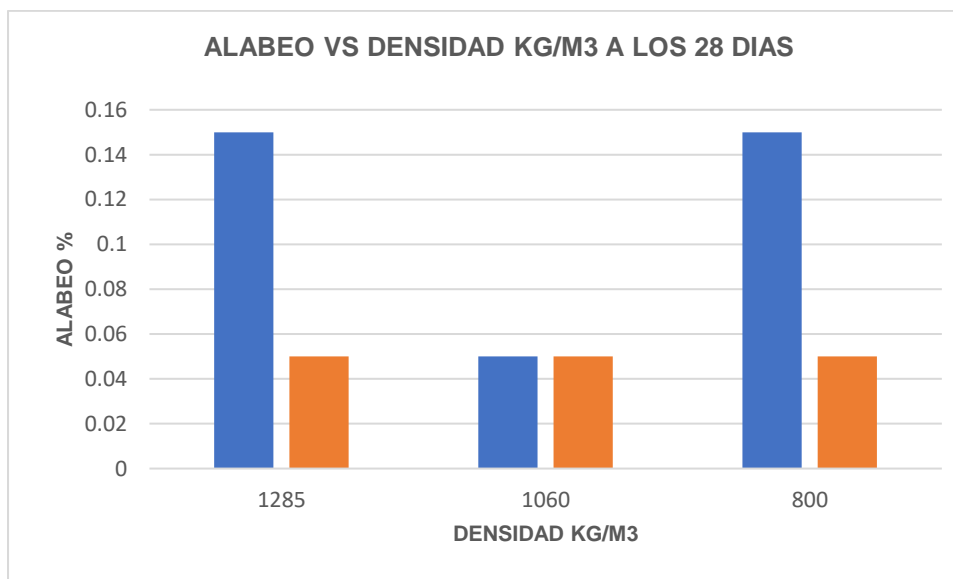
Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Alabeo en superficie de bloque concreto celular



Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Alabeo vs densidad a los 28 días



Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Cálculo de densidad

DENSIDAD		ALABEO		
28 DIAS		28	CONV (mm)	CONV (mm)
Diseño 40%	1285	PROMEDIO	0.15	0.05
Diseño 50%	1060	PROMEDIO	0.05	0.05
Diseño 60%	800	PROMEDIO	0.15	0.05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Resumen de los ensayos

RESUMEN DE LOS ENSAYO

	28 días (kg/cm ²)				
Mezcla	f'c	Tracción ind.	f'b	f'm	Vm
40% aire	130	12	35	24	3
50% aire	92	7	26	17	2
60% aire	52	4	17	12	1

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

Luego de realizar el estudio relacionado con el análisis de las propiedades mecánicas de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular, se tiene que es una alternativa viable para utilizar en los procesos constructivos tal que aporta significativamente. Es evidente que para encontrar la combinación perfecta en cuanto a porcentaje como densidad y definir la resistencia adecuada se tuvo que realizar diversas pruebas considerando 7 días, 14 días y 28 días.

En relación a la hipótesis general se tiene que los muros fabricados con bloque apilable de concreto celular, cumplen con la norma de albañilería vigente dado que al realizar las diversas pruebas se pudo comprobar que se adaptan fácilmente a las diversas pruebas considerando que según la norma nacional de construcción. En tal sentido concordamos con los estudios realizados por el investigador Basilio (2019) en su estudio “Análisis de escaleras prefabricadas con concreto celular para mejorar el proceso constructivo de las vías peatonales de Independencia, Lima - 2019” tal que su objetivo fue evaluar las ventajas que se logra con el concreto celular demostrando que se alinea a la norma de construcción vigente y al mismo tiempo permite este nuevo material un significativo ahorro económico.

En relación a las propiedades físicas de muros fabricados con bloques apilables en cuanto su dimensionamiento fue de 9x25x50 cm, su peso es de 9kg., densidad de 800kg/m³. Al respecto según la comparación con la tabiquería convencional presente menor peso que en porcentaje equivale a 35%. En cuanto al alabeo el nivel de deformación no es tan relevante. Sobre la absorción se realizó a 28 días considerando un diseño de 40%, 50% y 60% tal que resultó un promedio de 18.3%, 23.3% y 29% respectivamente, comprobando que hubo más absorción a 60% debido a que presenta mayor vacío de aire contenido. Al respecto se concuerda con Ortega (2017), en su tesis “Desarrollo y aplicación del concreto celular a base de aditivo espumante para la elaboración de bloques macizos destinados a tabiquerías no portantes en edificaciones”, Las pruebas realizadas comprobaron la capacidad del concreto celular de reducir el peso de las edificaciones al tener pesos específicos entre 800 kg/m³ y 1100 kg/m³.

Considerando la resistencia de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular, en el ensayo se consideró 28 días con diseños al 40%, 50% y 60% y se tuvo resistencias a la compresión de 37 kg/cm², 28 kg/cm² y 22kg/cm². Respecto a la resistencia a la tracción indirecta realizada en los ensayos a 28 días con un diseño de 60% se tuvo una resistencia de 5 kg/cm². En este caso concordamos con el investigador Pacheco (2018), en su estudio “Propiedades físicas mecánicas de concreto celular”, su objetivo fue investigar los aspectos que determinaban en la utilización de diversos materiales como poliestireno, agua, cemento y la arena que se utilizaron en la fabricación de concreto celular. Los ensayos realizados al material lograron determinar que la aplicación de este tipo de concreto seria eficaz en la utilización es componentes no estructurales debido a la baja resistencia.

VI. CONCLUSIONES

Al respecto los bloques apilables con concreto celular cumplen con el reglamento nacional de edificaciones de albañilería E 070, capítulo 3, Artículo 5.2 de la tabla 1, de tal manera que es relevante su producción de este material para lo que es tabiquería, divisiones, parapetos, alfeizar, cerco principalmente. En tal sentido es valorativo el uso de dicho material que complementa el uso de los tradicionales y que impacta en los costos de materiales.

En relación a las propiedades físicas se tiene que los bloques apilables tienen dimensiones de 9x25x50 cm, su peso es de 9kg., densidad de 800kg/m³. Al respecto según la comparación con la tabiquería convencional presente menor peso que en porcentaje equivale a 35%. En cuanto al alabeo el nivel de deformación no es tan relevante. Sobre la absorción se realizó a 28 días considerando un diseño de 40%, 50% y 60% tal que resultó un promedio de 18.3%, 23.3% y 29% respectivamente, comprobando que hubo más absorción a 60% debido a que presenta mayor vacío de aire contenido.

En relación a la resistencia de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular, se realizó el ensayo considerando 28 días con diseños al 40%, 50% y 60% y se tuvo resistencias a la compresión de 37 kg/cm², 28 kg/cm² y 22kg/cm². Respecto a la resistencia a la tracción indirecta realizada en los ensayos a 28 días con un diseño de 60% se tuvo una resistencia de 5 kg/cm².

VII. RECOMENDACIONES

Luego de finalizar la investigación se recomienda lo siguiente:

- Primero: Se recomienda incorporar en los procesos constructivos en diversos tipos de construcción para viviendas y ampliar su uso también para vías peatonales con escalera prefabricadas utilizando el concreto celular tal que la idea es utilizar materiales apropiados con buena resistencia y que también permita economizar en los materiales de construcción.
- Segundo: Se recomienda hacer nuevos ensayos para comprobar su nivel de tolerancia en cambios de temperaturas y al mismo tiempo evaluar si en las construcciones de viviendas tienen impacto favorable a nivel acústico.
- Tercero: Se recomienda ahondar el estudio respecto a las propiedades físicas que tiene el material para incorporar algunos aditivos más que permitan fortalecer la calidad del material en diversas construcciones.

REFERENCIAS

- Andrade, Cabezas y Torres (2018). Introducción a la metodología de la investigación científica. Universidad de las Fuerzas Armadas. Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/15424>
- Arapa (2017). Análisis y diseño comparativo de concreto celular usando espuma de poliestireno y agente espumante. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Juliaca, Perú. Disponible en: <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/732>
- Arraya (2017). Diseño de concreto celular para diferentes densidades, análisis de sus propiedades y sus aplicaciones. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2381/IClaarJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Awad y Elham (2019). Glazing and Coloring of Cellular Concrete Blocks. Vol.23, no 3, pp. 678 – 688. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/332115823>
- Basilio (2019). Análisis de escaleras prefabricadas con concreto celular para mejorar el proceso constructivo de las vías peatonales de Independencia, Lima – 2019. Universidad César Vallejo.
- Baena G. (2015). Planeación prospectiva estratégica. Universidad Autónoma de México.
- Borbón, Álvarez, Rodríguez-Muñoz, Ramírez, Castro, Sau-Soto y Najera (2020). Design and Application of Cellular Concrete on a Mexican Residential Building and Its Influence on Energy Savings in Hot Climates: Projections to 2050. Vol. 10, no 8225, pp. 1- 28. Disponible en: [doi:10.3390/app10228225](https://doi.org/10.3390/app10228225)
- Cárdenas y Rivera (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. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima. Disponible en: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/10757/622468/9/ORTEGA_RO.pdf.txt.

- Chávez M. (2018). Diseño de bloquetas con mortero de cemento para uso en muros de albañilería Puente piedra, Lima, Perú.
- Cherdsak Suksiripattanapong (2020). Propiedades de celular ceniza-portland ligera con alto contenido de calcio cemento Tailandia.
- Chine (2018). Desarrollo de técnicas de medición no destructivas para la determinación de gradientes de densidad y caracterización mecánica de materiales estructurales porosos y celulares.
- Falliano, Domenico, Ricciardi y Gugliandolo (2018). Construcción y materiales de construcción.165(2018): 735 - 749. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.12.241>
- Flores y Reyes (2019). Diseño de un Sistema estructural para vivienda de interés social usando la metodología de Paredes portantes con mortero celular ciudad de Ecuador.
- Gopalakrishnan (2019). La Resistencia y durabilidad de las cenizas volantes y el polvo de cantera de hormigón celular ligero” Disponible en: <http://creativecommons.org/licenses.pag>.
- G h o o d j a n i (2016). Book: Advanced Statistical Methods and Applications. See discussions, stats, and author profiles for this publication. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/328214659>.
- Hammed (2020). Quantitative and qualitative research methods: Considerations and issues in qualitative research. pp. 1 – 15. DOI: 10.13140/RG.2.2.36026.82883
- Hartmann y Loderer (2018). Requirements for renders on modern autoclaved aerated concrete. Vol. 2018, no. 2, pp.137–140. Disponible en: DOI: 10.1002/cepa.891
- Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. Editorial Mc GrawHill.
- INACAL (2017). NTP 399.602 Unidades de albañilería. Bloques de concreto para uso estructural.

- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017). Resultados del censo poblacional y de vivienda. Perú. Izquierdo O. (2017). Desarrollo y aplicación Del concreto celular a base de aditivo espumante para la elaboración de bloques macizos destinados a tabiquería no portantes en el Perú.
- Jilcha (2019). We are IntechOpen, the world's leading publisher of Open Access books Built by scientists, for scientists. Research Design and Methodology DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.85731>
- Kalpana y Mohith (2019). Estudio sobre hormigón celular auto clavado. Tamil Nadu, India.2019 p. 8.
- Kozłowski y Kadela (2018). Mechanical Characterization of Lightweight Foamed Concrete. Advances in Materials Science and Engineering Vol. 2018, Article ID 6801258, pp: 1 – 8. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2018/6801258>
- Lazo (2017). Diseño de concreto celular para diferentes densidades propiedades y aplicaciones Perú.
- Magid (2016). Research Fundamentals: Study Design, Population, and Sample Size. Vol. 2, no 1: 1-7. DOI:10.26685/urncst.16
- Mudiyanselage y Bandara (2019). Behavior of Cellular Lightweight Concrete Wall Panels. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/330956160>
- Nandi, Chatterjee, Prantik y Hansda (2016). Cellular Concrete & its facets of application in Civil Engineering. International Journal of Engineering Research ISSN:2319-6890. Vol.5, no 1, pp. 37-43. Disponible en: DOI:10.17950/ijer/v5i1/009.
- Navarro, Jiménez, Rappoport y Thoilliez (2017). Fundamentos de investigación y la innovación educativa. 1ra. Edición. Universidad Internacional de La Rioja, S. A., Perú.
- Silva, O. (2015) Construcción y tecnología en concreto celular. Bogotá, Colombia. Disponible en: <http://www.imcyc.com/revistacyt/index.php/quien-y-donde/67-colega-editorial>
- Pacheco (2018). Propiedades físicas mecánicas de concreto celular. Universidad Cesar Vallejo. Lima, Perú. Disponible en: <http://www.repositorio.ucv.edu.pe>

- Revista Española (2018). El Mundo Inmobiliario. Madrid: Ed. Murcia.
- Ricardo Daniel pacheco tesis propiedades físicos-mecánicos del concreto celular con Poliestireno expandido y su aplicación de la construcción universidad cesar vallejo. Pag 18. Historia del concreto celular.
- Ríos, R. (2017) Metodología para la Investigación y Redacción. (1ra ed.) España.
- Thakur y Lahiry (2019). Research ethics in the modern era. Vol 85, no 4, pp. 351 – 354. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/333216873>
- Terrones, L. (2015). Diseño de un bloque de concreto celular y su aplicación como unidad de albañilería no estructural. Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/643>.
- Tiwari, Ajmera y Villegas (2018). Dynamic Response of Lightweight Cellular Concrete MSE Walls. pp. 168–175. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-981-13-0131-5_19 btiwari.
- Verde, A. (2015). Comportamiento estructural de albañilería confinada de bloques de concreto similares a la construcción tradicional de Haití. Universidad Católica del Perú.
- Zamora T. (2015). Diseño de un bloque de concreto celular y su aplicación Como unidad de albañilería no estructural. Universidad Nacional de Cajamarca.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	VARIABLE INDEPENDIENTE			TIPO DE ESTUDIO: APLICADA ENFOQUE DE ESTUDIO: CUANTITATIVO DISEÑO DE INVESTIGACION: NO EXPERIMENTAL NIVEL: EXPLORATORIO
¿Cuáles son las propiedades mecánicas de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular Lima 2021?	determinar las propiedades mecánicas de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular, lima 2021	Los muros fabricados con bloques apilables de concreto celular cumplen con la norma de albañilería vigente, lima 2021	Muros fabricados con Bloques apilables de concreto celular	Propiedades físicas de bloques	Largo mts. Ancho mts. Altura mts. Densidad kg/m ³ Absorción Alabeo	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	VARIABLE DEPENDIENTE			
1: ¿Cuáles son las propiedades físicas de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular, Lima 2021?	1: Determinar las propiedades físicas de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular Lima 2021	1: Las propiedades físicas de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular cumplen con la norma de albañilería vigente Lima 2021.	Propiedades mecánicas de muros	Resistencia	Comprensión	
2: ¿Cuál es la resistencia de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular, Lima 2021?	2: Evaluar la resistencia de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular que exige la norma, Lima 2021.	2: La resistencia de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular cumplen con la normativa de albañilería vigente lima 2021.			Tracción Diagonal	

Anexo 2. Matriz de operacionalización

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Bloques apilables de concreto celular	Propiedades mecánicas de bloques de concreto celular con aditivo espumante foamin c se muestran las propiedades de las materias a usar y los ensayos que se realizan al concreto celular se realiza el análisis del resultado de los ensayos y la comparación de estos con los materiales convencionales izquierda ortega 2017(p.7)	Es la unidad de albañilería alveolar que se asientan sin mortero el concreto es una mezcla que se va a componer arena, cal, agua (norma técnica) 060	Propiedades físicas de bloques	Largo mts. Ancho mts. Altura mts. Densidad kg/m ³ Absorción Alabeo
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Propiedades mecánicas de muros	el muro no portante de carga vertical utilizados para dividir ambientes por las buenas propiedades y térmicos acústicos resistentes que tiene la albañilería, los tabiques son hechos con ese material puesto que estos elementos no portan Carga vertical. según la norma técnica E-070 de albañilería (p.24)	El muro no portante es un muro diseñado y construido, en forma tal que solo eleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales, construido con bloque apilable cocida de concreto o de sílice cal puede ser sólida hueca o tubular según norma técnica 070 de albañilería	Resistencia	Compresión Tracción diagonal

Anexo 2. Horno y ladrillo
Ladrillo convencional contaminante



Prensa para bloques concreto
Concreto celular menos contaminante



Análisis de costo de producción

La producción directamente que cumpla con los pasos de procedimientos del protocolo de la producción con bloques macizos y materiales y procesos de la producción.

Costo unitario del bloque apilable en concreto celular

- . Medidas del bloque apilable en producción (0.09x0.20x0.60cm).
- . Precio del operario según la edición de revistas constructivo
- . Precio de cemento según la edición de revistas constructivo
- . Precio del agua y aditivo proteico (foamin c) brotek.
- . manual de porcentajes y herramientas 2%en mano de obra como el uso mínimo.
- . Definición de nuestra mezcla patrón para concreto celular.

Anexo 3. Costo unitario de bloque apilable en concreto celular

Bloque de Concreto Celular (9x 25 x 50)		Jornal: -		Rendimiento: -		
Por unidad S/.4.94 bloque apilable		Und.	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
MO						
	Operario	hh	0.05	0.05	18.08	0.9
						0.9
Material						
	Cemento	kg	-	5.88	0.5	2.94
	Agua	lt	-	1.76	0.02	0.04
	Aditivo espumante foamin c	ml	-	14.3	0.02	0.29
						3.27
Equipo						
	H. manuales	%MO	-	0.02	0.9	0.02
	Pistola generadora de espuma	hm	-	0.01	15.5	0.16
	Cámara de curado	Kw/h	-	2.5	0.24	0.6
						0.77

Fuente: Elaboración propia

el costo de producción unitario de cada bloque apilable es de S/.4.94, y los ladrillos pandereta no portante y el costo unitario por cada unidad s/0.52.

Costo de colocación de los muros

el costo de colocación par nuestro muro fabricado con bloque apilable son las siguientes características. Dimensiones del bloque apilable costos unitarios de S/4.94 c/u.

- . Fijación de mortero para el bloque apilable a cada lado de las esquinas lo cual se va utilizar para muro no portante precio por bolsa s/.11.90 de 40kg.
- . Está conformado por un operario y un peón con rendimiento de 18 m² / día según la empresa hebel chile S.A para bloques de concreto celular.
- . Se considera el 2% como monto parcial de mano de obra y herramienta

Anexo 3. Análisis de costo unitario por m2 de tabiquería de concreto celular

Tabiquería de Concreto Celular		PU de partida: S			S/53.93 m2		Jornal: 8.00 h		Rendimiento: 18.00 m2/día	
Descripción	Und.	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial					
MO										
Operario	hh	1	0.44	18.08	8.04					
Peón	hh	0.5	0.22	13.62	3.03					
										11.06
Material										
Bloque concreto celular mortero preparado (topex)	Und.	-	8.33	4.94	41.15					
	kg	-	5	0.3	1.5					
										42.65
Equipo										
H. manuales	%MO	-	0.02	11.06	0.22					
										0.22

Fuente: Elaboración propia

El costo por m² del muro no portante de acuerdo a los análisis y materiales es de s/53.93.

Comparación de Costos

para hacer efectiva la sustentabilidad del producto dentro del mercado peruano se realizará una comparación con dos materiales seleccionados que son mayormente utilizados para tabiquerías no portantes: ladrillos del tipo NP (comúnmente llamados pandereta) y placas sílico calcáreas P-7. Esta comparación se realizará para un muro hipotético de 5.00m², tomando las siguientes consideraciones:

- . precio de tabiquería previamente calculado para el concreto celular
- . precio de pandereta (soga) según la revista constructivo se le restara el pago por capataz S/2.35 para una comparación en costo de concreto celular.
- . precio de placa silico calcáreas P-7 según la empresa C.M. L LA CASA (minera Luren). incluye mano de obra, por lo que disminuirá en un 8% para empresa.

Anexo 4. Precios por metro cuadrado de materiales.

Material	Precio (S/.)
Ladrillo pandereta de sogá	47.85
Bloque de concreto celular	53.93
Placa sílico calcárea P-7	58.88

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, la construcción de un tabique no termina en la colocación de los materiales divisorios. Los acabados forman parte importante de los requisitos que demanda el consumidor para su satisfacción, costos de acabados iniciales (tales como tarrajeos y empastes); dando como resultado la siguiente Tabla 8.

Anexo 5. Comparativo de precios con acabados iniciales.

Material	Precio	Tarrajeo de 2cm	Tarrajeo de 1cm	Empaste	Total	Variación
Ladrillo pandereta de sogá	S/. 47.85	S/. 91.75	S/. 0.00	S/. 25.00	S/. 164.60	103.52%
Bloque de concreto celular	S/. 53.93	S/. 0.00	S/. 79.75	S/. 25.00	S/. 158.68	100.00%
Placa sílico calcárea P-7	S/. 58.88	S/. 0.00	S/. 79.75	S/. 25.00	S/. 163.63	102.91%

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6. Plan de investigación

