



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis de las propiedades mecánicas de un bloque de albañilería
para muros portantes con concreto celular en Lima 2020

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Huaman Quispe, César Anthony (Orcid: 0000-0003-3152-0087)

Villanueva Ore, Dany Daniel (Orcid: 0000-0001-8384-5807)

ASESOR:

Ing. Villegas Martínez, Carlos Alberto (Orcid: 0000-0002-4926-8556)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

Lima - Perú

2020

DEDICATORIA

Dedico esta tesis en memoria a mi abuela Rosa M. L, por sus sabias enseñanzas y comprensión, así también fue motivo e impulso a seguir siempre firme. Por otro lado, y no menos importante, hacia nuestros padres.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a nuestro padre celestial por realizar esta tesis con sabiduría y conocimiento y permitir ser una persona y profesional de bien.

A nuestros padres el apoyo a diario durante toda esta etapa académica y del proyecto de tesis y la educación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras	viii
Resumen	xi
Abstract.....	xii
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II.MARCO TEÒRICO	4
III.METODOLOGÍA	25
3.1. Tipo y diseño de investigación	25
3.2. Variables y operacionalización.....	26
3.3. Población, muestra y muestreo.....	28
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos... ..	29
3.5. Procedimientos	30
3.6. Método de análisis de datos.....	33
3.7. Aspectos éticos.....	34
3.8. Prueba de hipótesis.....	34
IV. RESULTADOS	37
V. DISCUSIÓN.....	70
VI. CONCLUSIÓN.....	72
VII. RECOMENDACIÓN	74
REFERENCIAS	76
ANEXOS.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Resultado de los artículos científicos estudiados sobre el concreto celular, resistencias obtenidas y el material utilizado en cada investigación....</i>	7
Tabla 2. <i>Dimensiones de bloques convencionales para unidades de albañilería</i>	16
Tabla 3. <i>Dimensiones de bloques utilizados como unidades de albañilería</i>	16
Tabla 4. <i>Clasificación de unidades de albañilería para aplicación en estructuras</i>	17
Tabla 5. <i>Limitaciones en el uso de unidades de albañilería muros portantes..</i>	17
Tabla 6. <i>Clasificación de bloques de albañilería</i>	18
Tabla 7. <i>Tipos de bloques que fabrica UNICON</i>	19
Tabla 8. <i>Técnicas e instrumentos para la recolección de Datos.....</i>	29
Tabla 9. <i>Diseño aplicando humo de sílice... ..</i>	30
Tabla 10. <i>Materiales del diseño de mezcla.....</i>	31
Tabla 11. <i>Diseño de del artículo científico.....</i>	31
Tabla 12. <i>Diseño de mezcla utilizado para la elaboración de bloques macizos</i>	31
Tabla 13. <i>Estadísticas de muestras emparejadas.....</i>	35
Tabla 14. <i>Correlaciones de muestras emparejadas</i>	35
Tabla 15. <i>Prueba de muestra única</i>	35
Tabla 16. <i>Tabla t de student</i>	36
Tabla 17. <i>Coordenadas de georreferenciación de la cantera de extracción del agregado fino</i>	37
Tabla 18. <i>Forma y textura del agregado fino empleado en el diseño de la mezcla</i>	38
Tabla 19. <i>Módulo de finura del agregado fino</i>	39
Tabla 20. <i>Análisis granulométrico del agregado fino empleado en el diseño de la mezcla de concreto celular... ..</i>	40
Tabla 21. <i>Resultados del análisis del agregado fino para ensayos de peso específico y absorción.....</i>	41
Tabla 22. <i>Peso unitario seco y peso unitario compactado del agregado fino ...</i>	43
Tabla 23. <i>Características físicas y químicas del humo de sílice.....</i>	44
Tabla 24. <i>Composición física y química del cemento INKA tipo 1Co</i>	45
Tabla 25. <i>Límites de impureza permitidos en el agua para la mezcla</i>	47

Tabla 26. <i>Datos técnicos del Foamin C - tipo Proteica</i>	48
Tabla 27. <i>Composición del Sikament – 290 N</i>	49
Tabla 28. <i>Datos preliminares para el diseño de concreto con densidad 1200 kg/m³</i>	53
Tabla 29. <i>Proporción de materiales para un diseño de 1200 kg/m³</i>	53
Tabla 30. <i>Datos preliminares para el diseño de concreto con densidad 1100 kg/m³</i>	55
Tabla 31. <i>Proporción de materiales para un diseño de 1100 kg/m³</i>	55
Tabla 32. <i>Contenido de agente espumante con el agua</i>	56
Tabla 33. <i>Contenido de aire combinado con el agente espumante y el agua</i>	56
Tabla 34. <i>Tipo y dimensiones del bloque de concreto para albañilería</i>	57
Tabla 35. <i>Promedio resultados de los bloques de albañilería analizados en el laboratorio</i>	59
Tabla 36. <i>Cuadro de promedios de la densidad obtenida en el laboratorio</i>	60
Tabla 37. <i>Módulo de elasticidad del concreto celular</i>	62
Tabla 38. <i>Resultados de pilas de concreto celular con 15% de humo de sílice</i>	63
Tabla 39. <i>Resultados de los muretes de concreto celular con 15% de humo de sílice</i>	64
Tabla 40. <i>Promedios de resultados obtenidos en laboratorio</i>	65
Tabla 41. <i>Tabla de resistencia mínima que debe cumplir las unidades de albañilería</i>	65
Tabla 42. <i>Resultados de conductividad y resistencia térmica de un bloque macizo – 04</i>	66
Tabla 43. <i>Resultados de conductividad y resistencia térmica de un bloque macizo – 05</i>	66
Tabla 44. <i>Resultados de conductividad y resistencia térmica de un bloque macizo – 6</i>	66
Tabla 45. <i>Promedio de conductividad térmica de 3 bloques macizos</i>	67
Tabla 46. <i>Conductividad térmica en seco del concreto celular a intemperie</i> ...	68
Tabla 47. <i>Resultados del aislamiento acústico en el concreto celular</i>	68

ÍNDICE DE GRÁFICO Y FIGURA

Gráfico 1. <i>Gráfico de barras de relación resistencia densidad de los artículos estudiados</i>	7
Gráfico 2. <i>Campana de Gauss de 1 cola</i>	36
Gráfico 3. <i>Curva granulométrica del agregado fino</i>	40
Gráfico 4. <i>Esquema de procedimiento para dosificación</i>	50
Gráfico 5. <i>Proporción de material por m³ de concreto celular diseño 1200</i>	54
Gráfico 6. <i>Proporción de material por m³ de concreto celular diseño 1100 kg/m³</i>	56
Gráfico 7. <i>Resistencia promedio del bloque macizo a los 3, 7 y 14 días</i>	60
Gráfico 8. <i>Densidad vs resistencia promedio de los bloques estudiados</i>	61
Gráfico 9. <i>Resistencia promedio del módulo de elasticidad</i>	62
Figura 1. <i>Materiales para concreto celular</i>	9
Figura 2. <i>Componentes de un muro de albañilería confinada (Concremax)</i>	20
Figura 3. <i>Ubicación de muro no portante en una edificación (Aceros Arequipa)</i>	21
Figura 4. <i>Porcentaje de nivel de confianza</i>	28
Figura 5. <i>Diagrama de flujo de dosificación de concreto celular</i>	33
Figura 6: <i>Fotografía satelital con la ubicación de la cantera de extracción de agregado fino</i>	37
Figura 7. <i>Forma y textura del agregado fino empleado en el diseño</i>	38
Figura 8. <i>Módulo de finura del agregado obtenida de laboratorio</i>	39
Figura 9. <i>Proceso para obtener la absorción y el peso específico del agregado fino</i>	42
Figura 10. <i>Peso de la muestra del agregado fino para el ensayo del peso unitario</i>	43
Figura 11. <i>Bolsa de 25 kilos de Humo de sílice</i>	45
Figura 12. <i>Bolsa de 42.5 kilos de cemento INKA tipo 1Co</i>	46
Figura 13. <i>Agente espumante proteico de 25 litros</i>	49
Figura 14. <i>Superplastificante Sikament – 290 N</i>	50
Figura 15. <i>Contenido de aire</i>	57
Figura 16. <i>Peso de la espuma</i>	57
Figura 17. <i>Molde madera de 14x19x39 cm</i>	58
Figura 18. <i>Control de variación</i>	58

Figura 19. <i>Ensayo de asentamiento</i>	59
Figura 20. <i>Dispersión de la masa</i>	59
Figura 21. <i>Rotura de pila</i>	63
Figura 22. <i>Generando presión al murete</i>	64
Figura 23. <i>Recolección de datos térmicos</i>	67
Figura 24. <i>Medida de muestra</i>	69
Figura 25. <i>Prueba acústica</i>	69
Figura 26: <i>Empresa de Concreto celular</i>	92
Figura 27: <i>Empresa BHC (Bloque de Hormigón Celular)</i>	92
Figura 28: <i>Maquina mezcladora</i>	93
Figura 29: <i>Interior de la maquina mezcladora</i>	93
Figura 30: <i>Modelo de prueba de la empresa BHC</i>	94
Figura 31: <i>vaciado de materiales</i>	94
Figura 33: <i>Control de la maquina mezcladora</i>	95
Figura 34: <i>Moldes con madera fenólica para bloques</i>	95
Figura 35: <i>Colocación de desmoldante</i>	96
Figura 36: <i>Medición de la densidad en concreto fresco</i>	96
Figura 37: <i>Acarreo del concreto fresco</i>	97
Figura 38: <i>Vaciado del concreto a los moldes</i>	97
Figura 39: <i>Moldes de concreto macizo</i>	98
Figura 40: <i>Curado de los bloques envueltos con stretch film</i>	98
Figura 41: <i>Empresa MTL Geotecnia</i>	99
Figura 42: <i>Maquina para realizar ensayo a compresión</i>	99
Figura 43: <i>Resultado del ensayo a compresión</i>	100
Figura 44: <i>Estructura interna de los bloques macizos</i>	100
Figura 45: <i>Elaboración de las pilas</i>	101
Figura 46: <i>Corte de bloques macizos con sierra</i>	101
Figura 47: <i>Material cortado para elaborar los muretes</i>	102
Figura 48: <i>Murete de 60 x 60 cm</i>	102
Figura 49: <i>Perforación de los bloques macizos</i>	103
Figura 50: <i>Ensayo de resistencia térmica</i>	103
Figura 51: <i>Análisis de datos granulométricos</i>	104
Figura 52: <i>Humedad natural: ASTM D-2216</i>	105
Figura 53: <i>Resultados preliminares</i>	106

Figura 54: <i>Diseño de mezcla norma ACI 523.3r – 14</i>	107
Figura 55: <i>Ensayo de compresión</i>	108
Figura 56: <i>Propuesta de diseño de mezcla</i>	109
Figura 57: <i>Certificado de conductividad y resistencia térmica</i>	110
Figura 58: <i>Certificado de ensayo acústico</i>	111
Figura 59: <i>Certificado de ensayo a compresión simple a los 7 días</i>	112
Figura 60: <i>Certificado de ensayo a compresión simple a los 14 días</i>	113
Figura 61: <i>Certificado de ensayo a compresión simple a los 28 días</i>	114
Figura 62: <i>Certificado de calibración del horno</i>	115
Figura 63: <i>Certificado de calibración de la prensa</i>	116
Figura 64: <i>Certificado de calibración de la balanza</i>	117
Figura 65: <i>Certificado de calibración de los materiales utilizados en laboratorio</i>	118
Figura 66: <i>Certificado de calibración de equipo para ensayos axiales</i>	119
Figura 67: <i>Certificado de calidad del laboratorio</i>	120
Figura 68: <i>Equipo portátil para la prueba de conducción térmica. t1s-100</i> ..	121
Figura 69: <i>Equipo portátil para la prueba de conducción térmica. t1s-50</i>	122

RESUMEN

El siguiente trabajo enfatiza las propiedades mecánicas de un bloque de CCL con el propósito de emplearse en sistemas de albañilería confinada y aporticada, de forma que se destaca de la madera, ya que conserva las propiedades funcionales de aislamiento acústico, térmico y liviandad, pero a su vez se comporta como material ignifugo, para ello se elaboraron dos diseños A y B, el primero con densidad 1200 kg/m^3 , con una resistencia máxima f'_b 45 kg/cm^2 como unidad de albañilería ($14 \times 19 \times 39 \text{ cm}$), mientras que el diseño B, fue de 1100 kg/m^3 , con una resistencia máxima de 52.3 kg/cm^2 llegando a cumplir con los requisitos mínimos por el RNE-E.070. La metodología de la investigación fue del tipo aplicada y de Diseño pre-experimental.

Se realizó el ensayo de fluidez por el "Método de prueba estándar para el flujo de asentamiento del hormigón autocompactante", estipulado por la ASTM C1611M se midió y aceptó la dispersión de la mezcla, en cuestión del revenimiento, se hicieron ensayo por conductividad térmica en 3 muestras, teniendo como valor promedio 0.254 w/mk y aislamiento acústico de 22 db , en una muestra de 100 mm de diámetro, así también se ensayaron unidades a compresión axial (f'_m) de la albañilería, y a compresión por corte diagonal (V'_m), lo cual se compararon con otros materiales como el concreto convencional y el ladrillo artesanal, alcanzando un f'_m promedio de 47.8 kg/cm^2 estando 35.4% por debajo de la capacidad del bloque P, y mayor al 27% comparado con los ladrillos artesanales tipo I, mientras que el V'_m promedio fue de 7.4 kg/cm^2 estando 14% menos que el bloque tipo P, siendo mayor al artesanal hasta por un 31.2% , finalmente se acepta el bloque P como unidad de albañilería de uso estructural, así mismo la norma no establece parámetros de resistencias para elementos de CCL.

Palabras claves: Bloques, concreto celular, albañilería, diseño, unidad.

ABSTRACT

The following work emphasizes the mechanical properties of a CCL block with the purpose of being used in confined and framed masonry systems, in such a way that it stands out from wood, since it preserves the functional properties of acoustic, thermal and light insulation, but at in turn, it behaves as a fire-retardant material, for this two designs A and B were elaborated, the first with a density of 1200 kg / m³, with a maximum resistance f'_b 45 kg / cm² as a masonry unit (14x19x39 cm), while the design B was 1100 kg / m³, with a maximum resistance of 52.3 kg / cm², reaching the minimum requirements of RNE-E.070. The research methodology was applicative and was a pre-experimental design.

The fluidity test was carried out by the "Standard test method for the slump flow of self-compacting concrete", stipulated by ASTM C1611M, the dispersion of the mixture was measured and accepted, in a matter of slump, thermal conductivity tests were made in 3 samples, having an average value of 0.254 w / mk and acoustic insulation of 22 db, in a sample of 100 mm in diameter, thus axial compression units (f'_m) of the masonry, and compression by diagonal cutting (V'_m), which was compared with other materials such as conventional concrete and artisan brick, reaching an average f'_m of 47.8 kg / cm² being 35.4% below the capacity of block P, and greater than 27% compared with type I artisan bricks, while the average V'_m was 7.4 kg / cm² being 14% less than the type P block, being higher than the artisanal brick by up to 31.2%, finally the P block is accepted as a masonry unit for structural use, Likewise, the standard does not establish resistance parameters for CCL element

Keywords: Blocks, cellular concrete, masonry, design, unit.

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo de la construcción la habilidad de utilizar materiales ha evolucionado considerablemente y cumple un papel muy importante de los cuales se tiene que tener mucha consideración y variedad de producción; por consiguiente, las propiedades mecánicas de los materiales de construcción deben ser seguros al momento de estudiarlos, rentables y con buen diseño estructural para su uso en diversos tipos de aplicación. Asimismo, involucrarnos en la disminución del impacto ambiental con materiales ecológicos brindándonos mejor confort y seguridad para la sociedad.

Hoy en día, el efecto de las construcciones de viviendas y edificios se realizan con muchas limitaciones y en muchos casos el mismo modelo de viviendas se utilizan en diferentes climas, sin adaptaciones regionales y climáticas a las condiciones locales; es por ello, que se realiza un estudio de las resistencias mecánicas del bloque de concreto celular para su uso en la industria de la construcción y de esta manera contribuir con las comodidades que este material puede brindar a la sociedad gracias a sus propiedades que se han estudiado en muchos países dando resultados positivos.

Asimismo, la producción de los bloques de concreto celular es fácil de elaborar y cortar, lo que conlleva el estudio de este material para el uso en la industria de la construcción y de esta manera aumentar la aceleración en el proceso constructivo. Son de tamaño grande pero livianos y debido a la precisión con la que se fabrican, puede beneficiar en la manipulación al aplicarlos en edificaciones y viviendas manteniendo un clima agradable en diferentes situaciones climáticas, comparado con el concreto tradicional, la estructura aireada del concreto celular contribuye muchas cualidades ventajosas cumpliendo con la norma técnica peruana. (J. Álvarez, J. Chávez y R. Balandrano, 2019)

La mala calidad de los materiales y del personal son uno de los problemas principales en la industria de la construcción; ya que, en el tiempo de duración de los materiales y la importancia ante un evento sísmico, está involucrado la

resistencia a la flexión, compresión y axial, las cuales son disminuidas por el ataque directo a las propiedades de resistencia de los materiales de construcción por medio de las acciones del hombre y del ambiente. Es por ello que se refleja la problemática del material ecológico y resistente ante estos tipos de eventos para evitar futuros peligros en la sociedad.

Asimismo, es de importancia conocer los diferentes estados de comportamiento del muro fabricado con concreto celular al ser manipulado y estudiado, por su nivel de aislamientos que puede alcanzar; es por ello, que se debe realizar un riguroso estudio de los beneficios de las propiedades mecánicas para los diferentes tipos de uso; que, gracias a sus componentes podemos darle buen uso en el ámbito económico y ambiental; ya que, puede cubrir con las necesidades que afecta mucho al país en el ámbito económico; es por ello, que serían asequibles a personas de bajo recursos y satisfaciendo sus necesidades.

Visto la problemática generada acerca de los materiales de construcción es que se plantea el estudio de las resistencias mecánicas de los bloques fabricado con concreto celular, como alternativa de reemplazo a los muros de material convencional y podemos aplicarlo en la industria de la construcción para mejorar el comportamiento de los muros en la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión, resistencia a la carga axial, resistencia al fuego, aislamiento térmico y acústico, y la permeabilidad, acompañado de una considerable reducción de peso y siendo más económico a los muros convencionales, de esta manera contribuir a la reducción de cargas en las estructuras siendo más livianas gracias a la porosidad generada por el aire creando vacíos en su fabricación.

Mediante el estudio realizado de las nuevas tendencias científicas relacionadas al concreto celular y su aplicación en la industria de la construcción con el tipo de uso respectivo de sus características se llegó a la formulación del problema general que es: ¿Cómo beneficia las propiedades mecánicas y físicas de un bloque de albañilería para muros portantes fabricado con concreto celular en Lima 2020?; De los cuales, se puede deducir en los siguientes problemas específicos: ¿Cómo beneficia el comportamiento acústico — térmico de un bloque de albañilería para muros portantes fabricado con concreto celular en Lima

la resistencia en un bloque de albañilería para muros portantes fabricado con concreto celular en Lima 2020?.

Justificación

La justificación teórica consiste en estudiar el comportamiento de los bloques fabricados con concreto celular, con respecto a las estructuras y viviendas, y determinar si esta es posible su uso gracias a sus propiedades de resistencias en relación a sus dimensiones, conociendo su características físicas de bloques macizos y huecos en cuestión a su densidad y cantidad de aire incorporada en su diseño y elaboración, dando paso a nuevas tecnologías en la elaboración de materiales de construcción. La justificación práctica consiste en la aplicación de este material que nos ofrecen mejores procedimientos constructivos, por su trabajabilidad por ser más livianas para su aplicación en mampostería, en muros portantes y más fáciles de elaborar para el desarrollo en la industria de la construcción ya que sus densidades serán menores comparados con los bloques tradicionales. En la justificación social, lograr un mejor material y construcciones de mejores costos para ser más accesible y la disminución de mano de obra aplicada en el proceso constructivo, brindando un buen ambiente mejorando la calidad de vida de las personas con respecto a los diferentes cambios climáticos, gracias a sus resistencias térmicas; adicionalmente, busca incentivar al cuidado del medio ambiente, ya que el proceso de fabricación de estos bloques de concreto no necesitan ser horneado como es el caso del ladrillo, por consecuente la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera es mucho menor.

Hipótesis

Al realizar un estudio de los materiales de construcción ecológicas llegamos a la siguiente hipótesis general: Las propiedades mecánicas y físicas adquieren mejoras significativas en un bloque de albañilería para muros portantes fabricado con concreto celular en Lima 2020; Por consiguiente, se reduce en las siguientes hipótesis específicas: Los comportamientos acústico - térmico mejora de manera significativa de un bloque de albañilería para muros portantes fabricado con concreto celular en Lima 2020; La adición del aditivo espumante y el humo de sílice le favorecerá de manera significativa en la resistencia de un bloque de albañilería para muros portantes fabricado con concreto celular en Lima 2020.

Objetivo

El objetivo general de esta investigación es: Analizar los efectos de las propiedades mecánicas y físicas de un bloque de albañilería para muros portantes fabricado con concreto celular en Lima 2020; por consiguiente, se mide con los siguientes objetivos específicos: Determinar el comportamiento acústico — térmico de un bloque de albañilería para muros portantes fabricado con concreto celular en Lima 2020; Evaluar cómo favorece la adición del aditivo espumante y el humo de sílice en la resistencia de un bloque de albañilería para muros portantes fabricado con concreto celular en Lima 2020.

II. MARCO TEÓRICO

Estudios realizados en Medellín – Colombia demostraron el alto rendimiento que puede alcanzar el concreto celular como: la resistencia a la compresión de hasta 5.4 Mpa en ladrillos no estructurales, aplicación en paneles de protección contra incendios con porosidades de hasta 95.4%, conductividades térmicas de 0.063 W/mk y resistencia a la compresión de 0.25 Mpa; paneles de aislamiento térmico con densidades entre 800 y 1500 kg/m³ con resistencia a la compresión entre 5 y 25 Mpa y con una conductividad térmica de 0.016 W/mk. (L. Chica y A. Alzate, 2018).

Asimismo, estudios realizados en México se analizó que los bloques celulares conducen a un menor consumo de energía, debido a su menor conductividad térmica, también se analizó la inercia térmica y los efectos de aislamiento. Dando como resultado positivo para la aplicación en edificios sin aire acondicionado y en casas por su menor costo siendo ecológico. (I. Marincic, JM. Ochoa, MG. Alpuche y Gonzales, 2013).

También, estudios realizados en Canadá se demostró mediante 13 diseños de muestras de mezcla de concreto celular (6% - 35% de aire) que la resistencia al fuego se mejora a medida que se reduce la densidad, que, junto con su menor conductividad térmica y difusividad, resulta ser una buena opción frente a estos futuros eventos. Utilizando 3 tipos de agentes espumantes como: CF 200, CF 500 y CF 700, siendo el primero proteico y los dos últimos sintéticos, llegaron a

la conclusión que el concreto celular tiene buen potencial para ser utilizado en estructuras ligeras debido a su evolución de propiedades mecánicas, propiedades de transporte y resistencia térmica. (DK Panesar., 2013).

Así mismo, estudios realizados en la India se descubrió que la permeabilidad dependía principalmente de la densidad del concreto celular y no del contenido de cenizas o del tipo de cenizas, así como la absorción de agua; si los poros estaban interconectados, la absorción de agua era alta y menor si era discontinua. (A. Raj, D. Sathyan y KM. Mini., 2019).

En Arequipa se realizaron estudios del concreto celular y en su obtención se realizaron pre — ensayos para determinar el diseño de mezcla para encontrar la razón agua/cemento más óptima en cuanto a resistencia y fluidez del material en relación proporcional al cemento, así también se logró hacer el ensayo de cono de Marsh para encontrar el grado de saturación del aditivo y se elaboró un gráfico que concierne la dosificación del agente espumógeno, el peso unitario y el tiempo de mezclado. Luego se hicieron los diseños posteriores, el diseño A consto de cemento + arena, el diseño B fue con cemento + arena + piedra pómez y por último el diseño C con arena y piedra de huso 89 (confitillo) para cada dosificación se tuvieron concretos celulares de densidades irregulares, cuando el concreto estuvo en estado fresco se hicieron se sometió a ensayos de consistencia, peso unitario, contenido de aire y rendimiento, cuando termino de fraguarse se sometió a ensayos de compresión, densidad, contracción, absorción, permeabilidad y ultrasonido. Para concluir se compararon costos del concreto premezclado convencional y el concreto celular, de las cuales sus variaciones fueron mínimas. (J. Lazo, 2017).

La investigación realizada en Tarapoto - san Martín donde se estudió el concreto alivianado aplicando perlas de poliestireno, estuvo concedida por cilindros de prueba con densidades dadas entre los 1200,1400,1600 (kg/m³), que se utilizaron para semejar al diseño de mezcla más óptimo en cuestión de la cantidad de agregado e insumo, estableciendo, como esperado la densidad de 1600 kg/m³, que permitió distinguir la muestra de las demás, tanto para la elaboración de bloques de concreto alivianado como de los demás grupos. Así

mismo realizado en mención de dicho diseño teniendo como resultado fabricar bloques de concreto alivianado con presencia de perlas de poliestireno, ya que cumple con los requisitos mínimos de resistencia según lo especificado por la norma técnica peruana y americana para muros no portantes que no cumplan función estructural. (P. Amasifuén, 2018).

Estudios realizados en Cajamarca demostraron la dosificación óptima para llegar a resultados deseados de las características del bloque de concreto celular, fue denominada EAF (espuma + aditivo plastificante + fibra de polipropileno + cemento + arena), concluyendo que en el sistema constructivo de mampostería de bloques de concreto celular es 30% más liviano y 24% más económico en comparación al sistema de ladrillos de arcilla cocida; asimismo, 20 % más liviano y 14% más económico en comparación al sistema de bloques convencionales, contribuyendo a la reducción de cargas muertas, la rapidez en la construcción, menor costo en transporte y acarreo. (L. Zamora, 2015).

El trabajo de investigación realizada en Puno — Juliaca se analizó las pruebas realizadas a 3 tipos de mezclas diferentes que fueron a base de espuma preformada y espuma de poli — estireno y la coalición entre ambas, obteniendo como resultado de esta investigación la demostración dada por la utilización de concreto celular con espuma de poli — estireno, siendo el más óptimo dentro del grupo de estudio, ya que debido a su masa unitaria es menos denso llegando hasta el 50% de su peso, y 40% más térmico en cuestión al concreto convencional, así mismo resulta más eficiente como concreto celular. (J. Arapa, 2016).

La representación de los estudios de los artículos científicos esta expresados en datos estadísticos como se puede observar en la tabla 1 y podemos ver la relación de resistencia — densidad en el gráfico 1.

Tabla 1

Resultado de los artículos científicos estudiados sobre el concreto celular, resistencias obtenidas y el material utilizado en cada investigación.

Concreto Celular				
N°	PAÍS	Resistencia (Mpa)	Densidad (kg/m ³)	Material
1	Colombia	5.4	1150	cal - micro sílice
2	China	7.5	800	Humo de sílice
3	Canadá	10	2000	Agregado fino 30% y grueso 20%
4	India	10	1800	Escoria granulada de alto horno y cenizas volantes
5	Arequipa	25.9	1800	Piedra pómez
6	Tarapoto	5.7	1600	Poliestireno
7	Cajamarca	7.02	1400	Polipropileno

Fuente: Elaboración propia.

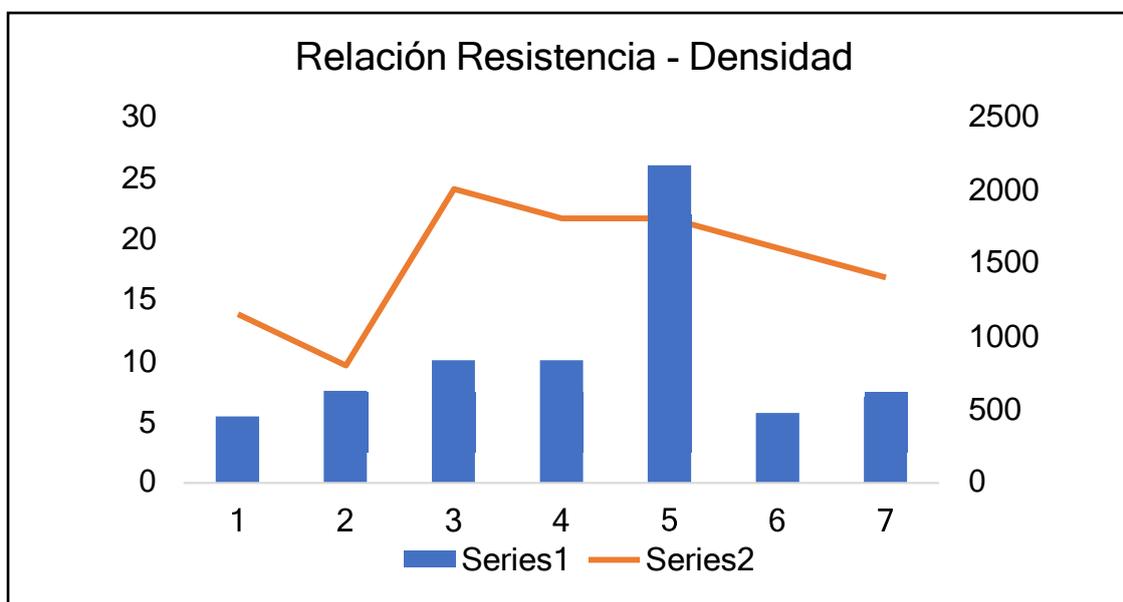


Gráfico 1. Gráfico de barras de relación resistencia densidad de los artículos estudiados.

Concreto Celular

En el año 1923 se utilizó por primera vez el concreto celular y se manipulo principalmente como material aislante. El descubrimiento fue por medio de los romanos que inicialmente observaron que la trabajabilidad de la mezcla de mortero de cal se optimizó al incorporar burbujas en el mortero agitándolo con sangre animal. Posteriormente, en los años cincuenta y sesenta se realizaron por primera vez estudios exhaustivos de las propiedades físicas, la composición y la fabricación del concreto celular. Que, primeramente, se utilizó para la estabilización del suelo y rellenos de huecos, más adelante se llevó a un uso más común y útil como material de construcción. (A. Raj, D. Sathyan y KM. Mini, 2019).

El concreto celular es una mezcla estudiada desde hace años que al transcurrir del tiempo fue evolucionando para su implementación en suelos, rellenos y ahora en la actualidad como material de construcción en muros portantes y no portantes; dado por ello, que el estudio más profundo de los aditivos y sus propiedades para la adición en la fabricación de concreto celular beneficia grandemente con respecto a las resistencias y sus propiedades físicas.

La mezcla de componente celulares con cemento portland han sido estudiados considerablemente y obteniendo resultados útiles principalmente en aplicaciones no estructurales, en donde se desea el aislamiento térmico y aislamiento acústico. Por la incorporación de espumas solidas el concreto celular es mucho más livianas comparado con el concreto convencional, gracias a su microestructura celular inherente brinda una apropiada relación resistencia/peso, teniendo como densidades desde 300 kg/m^3 hasta 1900 kg/m^3 . El concretocelular se crea con la incorporación de burbujas de aire, mediante un agente espumante como pasta de cemento o mediante químicos estimulados de gas. (J. Stolz, Y. Boluk y V. Bindiganavile, 2018).

Los materiales básicos que se utiliza para la elaboración del concreto celular se pueden observar en la figura 1.



Figura 1. *Materiales para concreto celular.*

Aditivos

Es un producto del cual se añade para su participación en la pasta de concreto en cantidades menores al 5 % de su masa, todo ello a base de la cantidad de cemento que se le añade al concreto, con el fin de alterar las propiedades de la mezcla. (UNE-EN 934-2)

Se aplicará el aditivo para modificar una cierta variación específica en el comportamiento de concreto, así mismo deberá apegarse a las exigencias dadas por la norma ASTM C260 y C494. Para la elaboración de concreto celular se empleará un aditivo plastificante y reductor de agua y la espuma preformada de los cuales se asemejan debido a que son desarrollados por la misma empresa y cumpliendo con las especificaciones de la norma técnica peruana.

El reductor de agua nos ayuda a conseguir la razón de a/c menores, sin perjudicar la trabajabilidad, se selecciona la dosificación de acuerdo a las recomendaciones y a las pruebas sometidas. La espuma preformada tendrá que desempeñar los requisitos mínimos de la ASTM C869, de forma que la consistencia de la mezcla sea fluida, para ello aún no se valida una dosificación establecida, ya que dependerá de pre - ensayos para lograr la densidad deseada.

Propiedades

Aditivo espumógeno: A base de espuma preformada del tipo proteica destinada a la elaboración de Hormigón celular. El producto fue formulado esencialmente para tener la máxima avenencia y afinidad con el cemento y agregado fino. (Blotek, 2016).

Aditivos superplastificantes

Aditivo superplastificante: Es un aditivo líquido plastificante para mezclas de concreto y mortero, que permite la reducción de agua de hasta 20%. Mejorando la trabajabilidad del concreto aumentando la adherencia de los demás componentes y agregados. (Zika, 2014).

Los aditivos superplastificantes también conocido como reductores de agua se encuentran en un rango elevado ubicados en la categoría "Tipo F"; según la ASTM C 949 y NTP 334.088.

El uso de estos aditivos se emplea principalmente en 3 tipos de funciones que son las siguientes:

El incremento de la trabajabilidad es gracias a este aditivo que, sin alterar las características del diseño de la mezcla, según la dosis que uno le aplica en la mezcla de los componentes de acuerdo a su porcentaje, ayuda en la trabajabilidad, aumentando de esta manera la espuma considerablemente.

Aumenta la resistencia ya que funciona como reductor de agua, es por ello que el proceso de deshidratación experimentada en el fraguado del concreto no se ve afecta, por lo mismo que conforma la ausencia de la adición de agua, restándole resistencia en la mezcla, con una depresión y cantidad de cemento definido, el aditivo se usa para hallar la relación de agua / aditivo que producirá el agente espumante en la dosis y el tipo que se requiera aplicar, sea la espuma proteica o sintética, sin embargo la disminución del agua equivaldrá hasta un 40%, en función de la resistencia mecánica, de forma que la razón agua/cemento; se empleara en la producción de concreto de resistencias elevadas.

Reduce la adición de cemento; Debido a su dosificación , y a la espuma insertada, en su mezcla, por consiguiente la aditivo se emplea para reducir el agua y el mantenimiento permanente en la razón de a/c, para aminorar la cantidad de cemento, ya que esta relación ha venido siendo muy utilizada, no obstante no se recomienda emplearla para minimizar el uso del cemento a niveles máximos, por lo mismo que se ve afectada la durabilidad y resistencia, sibien la ventaja de usarse puede llegar hasta el 30% en cuestión de ahorro de cemento, en análisis de precios unitarios puede salir anti — infectable, debido al incremento del aditivo.

Clasificación y evolución de los aditivos superplastificantes según su composición:

El inicio de uso de plastificantes se vino dando desde principios de 1940, siendo revisados y modificados en cuanto su estructura molecular, estos aditivos se empleaban principalmente como reductores de agua, su optimización se debe a la supresión de impurezas (carbohidratos) y a la selección de fracciones que le añadían peso molecular al aditivo, su reacción al agua oscila entre el 5% y 10%. (Alonso, 2011).

Humo de sílice o micro sílice: Es un residuo muy fino y no cristalino sílice producidos por hornos de arco eléctrico de los cuales son sometidos a temperaturas mayores de 2000°C, también llamados humo de sílice condensado, mineral compuesto de dióxido de silicio, que resulta del proceso de obtención de ferro silicio o silicatos definiéndose como una super puzolana por la propiedades físico - mecánicas que le adiciona al cemento, según el ACI 116 R. (L. Allauca, H. Amen, J. Lung, 2009, p.4).

Cemento INKA TIPO 1Co: Es adquirido de las cenizas del Clinker portland, cuerpos calizos inertes, conformando hasta un 30% de materia máxima. (NTP 334.001, 2001, p. 7).

El material obtenido mediante la pulverización del Clinker, cuya composición es de silicatos de calcio hidráulicos y que en el transcurso de la molienda se puede adicionar diferentes sulfatos, tenemos: C. Portland = Clinker Portland + Yeso

Silicato Tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 = \text{C}_3\text{S} = \text{Alita}$) con propiedades muy resistentes en su composición con respecto a la adherencia y la cohesión, debido a los minerales que contiene como el Clinker que posee características para obtener gran dureza a lo largo del tiempo mediante la hidratación conservándose posteriormente, la cual mezclando con otros componentes como la arena el agua y agente espumante obtendremos el concreto celular de acuerdo a la dosificación establecida. (NTP 334.009, 2001).

Propiedades del concreto celular

La adherencia de las partículas base de la mezcla de concreto celular junto con las burbujas mejoró la rigidez, mientras que las espumas de aire afectan la estabilidad de la mezcla, las densidades inferiores a 500kg/m^3 son más propensos a la inestabilidad; es por ello que, se debe realizar una adecuada dosificación agua — cemento — agente espumante. (A. S. Tamimi, O. Amoudi, M.Osta, M. Ali y A. Ahmad).

Las resistencias que posee el concreto celular son:

La resistencia a compresión: Está relacionada con el método de elaboración, principalmente del porcentaje de adición del agente espumógeno, posteriormente la relación agua/cemento, porcentaje de cemento y en porcentaje de humedad.

La ausencia de agregados gruesos hace que el concreto celular presente una contracción 10 veces mayor que el concreto convencional. (J. Huang, J. Yu y H. Yang, 2018).

Según lo analizado y estudiado diferentes artículos científicos, han comprobado que la adición de aditivos espumosos brinda un efecto considerable de reducción en la contracción por secado del concreto celular, ya que poseen cualidades de absorber agua y demorar la evaporización, cuanto mayor sea la adición en porcentaje, mayor será la reducción de la contracción.

La resistencia al fuego: Con respecto al concreto convencional es menor al de los concretos celulares ya que estos son homogéneos, produciendo un

fenómeno de fracturación por parte del agregado grueso, desintegrando el concreto. (Jones, 2005).

El concreto celular posee resistencia a la transmisión de calor por lo cual adopta un alto aislamiento térmico que según a la densidad relacionada en la dosificación se vuelve mayor o menor, el contenido de poros del concreto celular es la resultante de la conductividad térmica. (J. Huang, J. Yu y H. Yang, 2018).

Mecanismo del concreto celular

La durabilidad: Del concreto celular está basada en las relaciones de poros, mientras más alto la cantidad de poros más alto será la entrada de impurezas, es por ello que se debe tener un grado de separación de vacío de 0.05mm y tamaños de vacíos de 0.15 mm y que al estar distribuidos uniformemente pueda demostrar propiedades térmicas y mecánicas. (M. Álvarez, 1990).

La relación de poros debe ser moderada por que puede ocasionar inestabilidad en el concreto celular es por ello que se debe trabajar con un margen de medida de los poros para evitar posibles errores las cual será formada gracias a la adición de los aditivos en la mezcla es por eso que se opta y es la más recomendada de un 2% en base al agua para tener buenos resultados.

La permeabilidad: Está relacionada con la densidad, esto quiere decir que los poros y huecos que el concreto celular posee en su estructura le da la habilidad de absorber el agua y a medida que aumente el número de poros también aumentara el porcentaje de ingreso de agua y este efecto aumenta si los poros están interconectados, pero si es discontinuos será menor la absorción. (Vélez, 2010).

El aislamiento térmico: Está dado por la resistencia de un elemento al flujo del calor, puede considerarse como el coeficiente de resistencia a la transmisión del calor. El aislamiento térmico esta expresado mediante la conductividad térmica (K) que es la cantidad de calor que fluye a través de un área unitaria en la unidad de tiempo, cuando la diferencia de temperaturas entre las caras es unitaria y el espesor del material también es unitario. El contenido de humedad del concreto celular tiene un efecto marcado n el valor de K, mientras mayor es el contenido

de humedad mayor será el valor de K. En coeficiente K en el concreto celular es relativamente alto y se hace mayor o menor en razón inversa a la densidad del material, esto es debido a que los espacios llenos de aire permiten que se lleve cabo la conductividad termina de manera intermitente, pues los vacíos que producen las burbujas no están conectados entre sí. (H. Amasifuén, 2018).

Los espacios creados en el concreto celular gracia a la adición de agentes espumantes en forma de poros circulares y debido a que están llenos de aire, estos permiten que la conductividad termina de manera intermitente, puesto que estas burbujas no están conectadas y esa es la causa por la que se produce este efecto beneficiando al ambiente donde está construido manteniendo su temperatura normal.

La ley de masa establece que la reducción de intensidad acústica a través de un elemento es función del cuadrado del producto de la masa unitaria, por la frecuencia considerada según la siguiente expresión:

Donde:

Aislamiento acústico (R_o)

Frecuencia (f)

Masa (m)

$$R_o = 10 \log (f \cdot m)^2 - 43$$

El aislamiento acústico minimiza la penetración de sonidos a través de los vacíos albergados por la espuma preformada, mientras su densidad sea menor influirá en la propiedad, el concreto alivianado sustancialmente no contiene propiedades acústicas, así mismo en concreto celulares se reduce, debido a los tipos de porosidades presentados en el empleo de concretos espumado, de forma que la degeneración del paso acústico por los vacíos, dependerán de las paredes rígidas y el aislamiento acústico del grosor de la pared, consecuentemente, la conducción acústica será influenciada por la densidad y el espesor del tabique. (J. Lazo, 2017).

La capacidad y efectividad de reducir las ondas sonoras es proporcionalmente al peso del muro, quiere decir, mientras más liviano, mayor será su aislamiento acústico, gracias a la distribución de vacíos que posee el concreto celular, esta puede aislar las frecuencias bajas y altas. La absorción inseparable que

suministra en los huecos es una de las ventajas que posee el concreto celular, generando un efecto de tipo colchón de tal manera que absorbe el sonido convirtiéndolo en un atenuante del sonido normalmente utilizados en muros divisorios o de fachada.

Características físicas de bloques

Clasificación

Las unidades de albañilería se divide en dos grupos; como indica en la norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), en el primer grupo tenemos los ladrillos que estoy a su vez son divididos en 5 tipos de ladrillos, y como segundo grupo tenemos a los bloques de concreto los cuales se dividen en dos tipos: los portantes y no portantes; así mismo, para que estos grupos puedan ser aceptados dentro de la norma RNE, tienen que cumplir con los estándares mínimos de resistencia. (RNE, 2017, p.298).

Normativa de aceptación

Para poder demostrar: resistencias, relaciones de tamaños, capacidades, entre otro; tanto en los bloques portantes y no portantes, nos vinculamos con la normativa que se encuentra en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) para poder cumplir las exigencias y los requisitos mínimos y a su vez ser aceptado. (RNE, 2017, p.301).

Ensayos de bloques

Siguiendo y guiándonos de la Norma Técnica Peruana, explica y especifica claramente acerca de los ensayos y métodos de muestreo aplicado a las unidades de albañilería. (NTP 399.604, 2002, p.10).

Estas se detallan a continuación:

- Ensayo de absorción
- Contenido de densidad y la humedad
- Volumen del área total, área media y área bruta,
- Compresión simple de unidades
- Bloques de concreto

Los bloques son piezas prefabricadas, que han sido elaboradas con materiales como el agua, cemento y áridos ya sea finos o gruesos, además se puede incorporar aditivos en su composición, estos no deben superar los 60 cm y con ausencia de armadura. (NTP 399.602, 2002, p.13).

Dimensiones: Para poder emplearse en la albañilería confinada, así como la armada, tienen que tener las siguientes dimensiones según la NTP 399.602 (2002), la cual nos especifica en la tabla 2 y tabla 3.

Tabla 2

Dimensiones de bloques convencionales para unidades de albañilería.

Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)
39	14	
39	14	19
39	12	

Fuente: Bloques huecos de concreto para muros y tabiques. NTP 400.006.

Tabla 3

Dimensiones de bloques utilizados como unidades de albañilería.

Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)
29	19	29
39	19	19
39	29	19
29	24	29

Fuente: Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. Medidas modulares. NTP 400.006.

Con respecto a la resistencia mínima que debe alcanzar un bloque para muros portantes esta expresada en la norma E. 070 y podemos verla en la tabla 4.

Tabla 4

Clasificación de unidades de albañilería para aplicación en estructuras.

Clase	Variación de la dimensión (máx. en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia Característica f _b min en MPa (kg/cm ² sobre área bruta)
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Mas de 150 mm		
Ladrillo I	+/-8	+/-6	+/-4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	+/-7	+/-6	+/-4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	+/-5	+/-4	+/-3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	+/-4	+/-3	+/-2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	+/-3	+/-2	+/-1	2	17.6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	+/-4	+/-3	+/-2	4	4.9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	+/-7	+/-6	+/-4	8	2.0 (20)

(1) Muro portante

(2) Muro no portante

Fuente: SENCICO - Norma E. 070, 2017. 32 pp.

Limitaciones

En la tabla 5 se explicará el uso y las aplicaciones de unidades de albañilería según las zonas sísmicas indicadas en la NTE-E.030 que trata del diseño sismo resistente.

Tabla 5

Limitaciones en el uso de unidades de albañilería muros portantes.

LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES			
TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos	Sí
Sólido Industrial	Sí	pisos	Sí

		Sí	
	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Celdas totalmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Fuente: SENCICO - Norma E. 070, 2017. 33 pp.

Además, en el inciso 5.5 de la E.070 indica que el espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el bloque clase P (Portante) y 12 mm para el bloque clase NP (No portante).

Clasificación de los bloques de concreto Existen dos Normas que permiten clasificar los bloques de concreto en dos tipos: estructurales y no estructurales, como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6

Clasificación de bloques de albañilería.

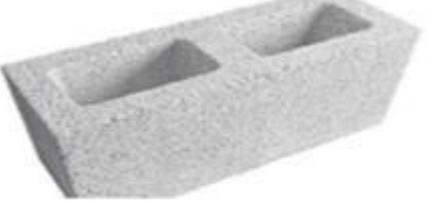
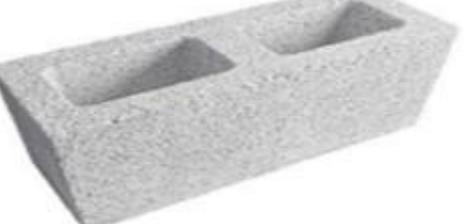
NTP	Bloque no estructural (Bloque 9)	Bloque estructural (Bloque 12,14 y 19)
Definición y requisitos	NTP 399.600	NTP 399.602
Métodos de muestreo y ensayo		NTP 399.604

Fuente: Norma Técnica Peruana.

Además, cada uno de estos bloques posee las siguientes características especificadas en la tabla 7.

Tabla 7

Tipos de bloques que fabrica UNICON.

	<p>Bloque de concreto Tipo 09 (no estructural) – dos huecos</p> <ul style="list-style-type: none">- Peso aprox.: 9.5 kg/cm²- Resistencia: 40.8 kg/cm²- Unidades por m²: 12.5- Uso: muros internos - tabiquería
	<p>Bloque de concreto Tipo 12 (estructural) – dos huecos</p> <ul style="list-style-type: none">- Peso aprox.: 9.5 kg/cm²- Resistencia: 71.4 kg/cm²- Unidades por m²: 12.5- Uso: muros externos
	<p>Bloque de concreto Tipo 14 (estructural) – dos huecos</p> <ul style="list-style-type: none">- Peso aprox.: 9.5 kg/cm²- Resistencia: 71.4 kg/cm²- Unidades por m²: 12.5- Uso: muros externos
	<p>Bloque de concreto Tipo 19 (estructural) – dos huecos</p> <ul style="list-style-type: none">- Peso aprox.: 16 kg/cm²- Resistencia: 71.4 kg/cm²- Unidades por m²: 12.5- Uso: muros externos

Fuente. Especificaciones de los tipos de bloques de concreto UNICON.

Aplicación de los bloques de concreto: La aplicación de estos bloques en la construcción es de acuerdo al tipo de bloques que sea, como ya se ha indicado el bloque tipo 9 es no estructural, mientras que los tipos 12, 14 y 19 son estructurales, básicamente tienen esta clasificación en función a su grosor.

El sistema de construcción empleado en nuestro país es la albañilería confinada, los cuales solo se puede construir en edificios y viviendas multifamiliares de hasta 5 pisos. Los muros en este sistema sirven para dividir comparticiones y

estas a su vez cumplen funciones estructurales, porque tiene la capacidad de resistir la fuerza de los sismos y el peso. (R. Medina, 2017).

La unión de ladrillos o bloques unidos fuertemente entre sí por medio de mortero o grout, es un sistema estructural que en su perímetro tienen elementos tanto verticales (columnas de amarre) como horizontales (viga de arriostre), que unidos forman un conjunto monolítico como se puede notar en la figura 2.

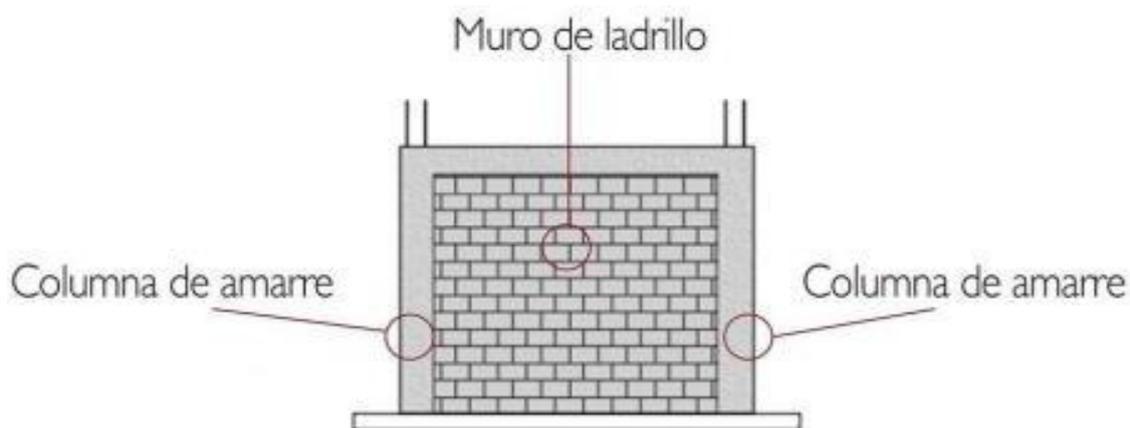


Figura 2. Componentes de un muro de albañilería confinada (Concremax).

Recomendaciones para construir un muro portante

Los ladrillos hechos con arcilla cocida, son los que comúnmente se usa en obra, los ladrillo con 18 huecos de marca King Kong son los más recomendables. Pero se puede obtener mejores resultados si se puede usar los bloques de tipo 12, 14 y 19. Las juntas deben tener un espesor mínimo de 1 cm y máximo de 1.5 cm, tanto vertical como horizontal. Para una implementación del tipo conexión dentada entre muro y columna, se requiere como rango de 2.5 — 5 cm que puede sobresalir el ladrillo. La altura máxima para asentar es de 1.20 m en el muro. Por ningún motivo se debe picar los muros que son portantes, ya sea para colocar tuberías de instalaciones sanitarias o eléctricas, por que afectara en la debilidad del muro. (NTE-E.070, 2018).

Muros no portantes

Estos muros son divisorios que son construidos después de la estructura principal es por eso que son conocidos como tabiquería, que generalmente son de ladrillo o de concreto armado. Estas estructuras van pasando de un piso a

otro, por medio de los elementos estructurales, teniendo como meta llegar a la cimentación. Por otro lado, con respecto a las edificaciones confinadas o armada, su peso se transfiere de piso a piso, pero a través de muro portante (ver figura 3). (NTE-E.070, 2018).

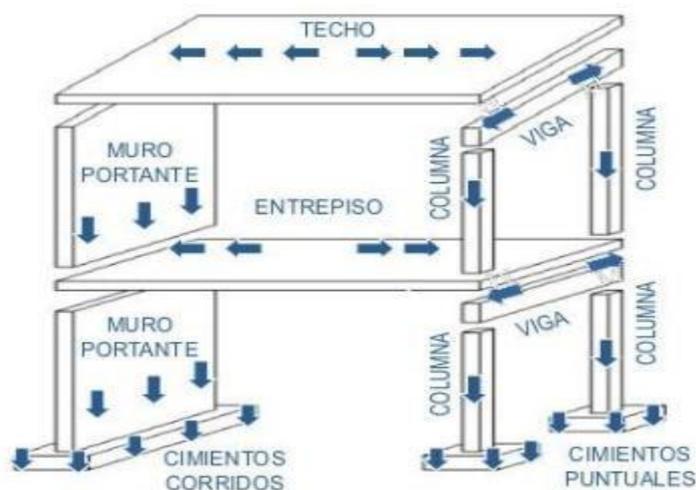


Figura 3. Ubicación de muro no portante en una edificación (Aceros Arequipa).

El tabique está preparado solo para soportar los efectos de un sismo que actúan sobre su propia masa, que, en relación a una estructura completa, estas son fuerzas pequeñas, de lo cual solo puede soportar el peso propio.

Recomendaciones para construir un muro no portante

El ladrillo más usado para estos trabajos es el ladrillo pandereta, sin embargo, para obtener mejores resultados se puede utilizar el bloque tipo 9, por sus características de ser liviano, económico y resistente. Estos muros solo son implementados para separar ambientes, dividir espacios en las edificaciones no estructurales. (NTE-E.070, 2018).

El muro debe tener un aislamiento entre vigas y columnas, para ello se utilizará el Tecnopor que servirá para rellenar las separaciones o espacio, esto ayudará a evitar futuros problemas estructurales.

El muro debe estar aislado de las columnas y vigas, para que exista una separación suficiente entre ellos, y así evitar problemas en la estructura. Esta

separación o espacio puede llenarse con un material compresible, como el Tecnopor.

Tipos de tecnología de la producción de bloques se puede clasificar los bloques por el método de conformado que tienen para su producción. (S. Gutiérrez y A. Vera, 2019, p. 42).

Producción artesanal: Se ocupan técnicas y herramientas producidas por las tecnologías tradicionales adecuadas. Es más laboriosa y demanda mayor tiempo y esfuerzo ya que recurren a la manipulación del mampuesto.

Producción industrial: Se ocupan máquinas complejas, producto de las tecnologías de punta, por lo que se necesitan más recursos económicos. Usa menos mano de obra, por lo que se reduce el esfuerzo físico y finalmente, es mucho más rápida. Así mismo la fabricación de bloques industriales cuenta con un amplio sistema de procesos de elaboración, según la empresa UNICON, el proceso de fabricación de bloques de concreto.

Acopio de materiales: Como primer proceso se realizará la recolección de cemento junto con los aditivos especiales, agua y otros insumos, los cuales se transportará con una maquina preparada a la unidad que unirá estos componentes.

Mezcla de productos: En una maquina mezcladora se introducirá los materiales para mezclar y elaborar una masa densa homogénea y fácil de manipular.

Moldeado: Para conseguir una buena resistencia, se tiene que colocar la masa uniforme en los equipos de vibro compactadores para que trabajen el producto moldeado.

Curado: En una maquina se colocará el producto moldeado y a una temperatura regulada permanecerá por 16 horas, que será suficiente para alcanzar su durabilidad y resistencia máxima, para reducir el riesgo de fisuración.

Cubado: Para continuar con el resto de proceso se seleccionará solo los mejores bloques, los cuales serán colocados sobre parihuelas de madera para que sean

apiladas una sobre otra.

Reposo: Los bloques se transportan a un patio donde serán almacenadas, en donde permanecerán en un lapso de 28 días, para que posteriormente puedan ser distribuidos en el mercado.

Variación dimensional: La manipulación debido a la mano de obra o maquinaria utilizada para la elaboración del bloque afecta en sus dimensiones específicas, ya que en sus medidas de ancho, alto y largo no son perfectos, el error en la medida de los moldes usados y otros factores que se dan durante el conformado o almacenamiento de los bloques. La variabilidad que tienen los bloques de concreto da un paso a que las juntas puedan ser de mayor espesor, normalmente sobrepasado lo requerido (9 — 12 mm), para que estos puedan tener una buena adhesión, afectando a la resistencia a la compresión haciendo que esta disminuya. Es por ello que, se debe controlar la variación, ya que la altura de las hiladas está determinada. (S. Gutiérrez y A. Vera, 2019, p.46).

En términos generales, ningún bloque conforma perfectamente con sus dimensiones especificadas. Existen diferencias de largo, ancho y alto, esto se da debido a la mano de obra o maquinaria usada en su fabricación, el error en la medida de los moldes usados u otros factores que se dan durante el conformado o almacenamiento de los bloques. La variabilidad que tienen las unidades de albañilería, en este caso los bloques de concreto, hace que las juntas sean de mayor espesor, por encima de lo requerido (9 a 12 mm), para una adecuada adhesión entre éstos, haciendo que la resistencia a compresión de los muros disminuya. Por eso es importante controlar esta variación, ya que ésta determina la altura de las hiladas. (S. Gutiérrez y A. Vera, 2019, p.46).

Área de vacíos: Para poder clasificar a las unidades de albañilería según el área de vacíos que poseen, vamos a definir los siguientes:

Unidad de albañilería hueca: Se le llama así a la unidad de albañilería que está compuesta con un área equivalente menor al 70% del área bruta respecto al plano paralelo a la superficie. (NTE — E.070, 2017).

Unidad de albañilería maciza: Es aquella unidad que en su sección transversal de cualquier lado plano paralelo a la superficie debe ser mayor o igual que el 70% de área bruta en mismo lado. (NTE — E.0.70, 2017).

Alabeo: Por defectos de fabricación, los bloques poseen un defecto en la superficie de sus caras, esta deformación se presenta como concavidad o convexidad. Al igual que en la variación dimensional, si la unidad de albañilería tiene mayores defectos, solicitará mayor cantidad de material en las juntas, y disminuirá la resistencia del muro. Finalmente, mientras mayor sean los defectos de la unidad de concreto, menor será la resistencia de la albañilería. (NTE — E.070, 2017).

La capacidad de manipulación del concreto celular es reflejada en la velocidad durante la construcción ya que gracias a su consistencia al momento del vaciado no va a ser necesaria la vibración eso permite acelerar considerablemente en el proceso de la construcción y que gracias a los poros estos proporcionan una buena consistencia celular y le da un efecto de rodadura.

Según las densidades que posee el concreto celular se debe al tipo de uso que se puede dar en su utilización, de las cuales explicaremos a continuación:

Con densidades entre 300 kg/m^3 - 600 kg/m^3 se utilizan en azoteas y en pisos como aislante acústico y térmico, aplicando en suelos rígidos; como rellenos Inter especiales entre capas de ladrillos de paredes subterráneas, aislamiento entre bloques vacíos y en otra situación de relleno donde es requerido para elevar el aislamiento.

Con densidades que oscila entre 600 kg/m^3 - 900 kg/m^3 son empleados para paredes de revestimiento o divisorios, como losas para cielo rasos, como capas de aislamiento acústico y térmico en edificaciones comerciales de varios pisos y en edificaciones residenciales.

Con densidad que oscila entre 900 kg/m^3 - 1200 kg/m^3 son utilizados como bloques y paneles de concreto como capas externas en las edificaciones, así como paredes divisorias y en losas de concreto para techos o pisos.

Con densidad que oscila entre 1200 kg/m^3 - 1600 kg/m^3 son utilizados en paneles prefabricados de cualquier tipo de dimensión para usos industriales y comerciales, en este caso es un concreto estructural liviano de la cual representa muy ventajoso aplicarlo en edificaciones de muros portantes.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

La investigación es del enfoque cuantitativo porque se ve orientado con la cantidad y para ello la medición junto con el cálculo son los medios principales para poder realizar una exhaustiva medición de variables en referencia a magnitudes. (V. Niño, 2017).

El proyecto está basado en datos estadísticos con cantidades y porcentajes obtenido en el laboratorio para nuestro análisis del concreto celular es por ellos que es de enfoque cuantitativo.

Tipo de investigación: Investigación aplicada.

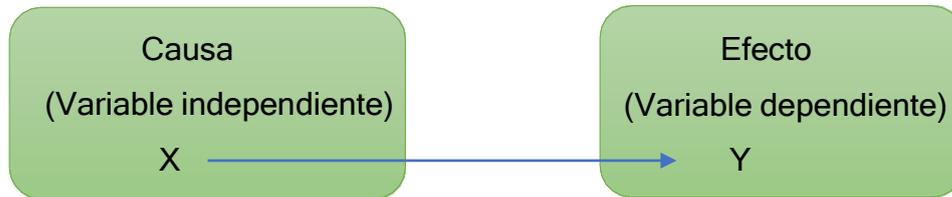
Es conocida como empírica de la cual es destacada por su interés en la aplicación dependiendo de los descubrimientos obtenidos y en las consecuencias prácticas de los conocimientos. Estableciendo así resolución de problemas que se plantean en el momento, centrándose en la idea específicamente de cómo pueden llevarse a la práctica. (G. Baena, 2017).

La capacidad de analizar el comportamiento de un bloque de concreto celular; según los artículos científicos estudiados, nos lleva a la práctica de poder aplicar estos materiales en el laboratorio y estudiar las propiedades mecánicas y físicas de un bloque de albañilería.

- Diseño de investigación: Diseño experimental.

Tiene como finalidad al estudio de una o más variables independientes manipulándolo de una manera intencional por sospechadas causas de los antecedentes, para poder realizar la manipulación de variables dependientes se debe analizar las consecuencias de estas como: supuestos, efectos y

consecuencias, centralmente de un escenario de control. (R. Hernández, C. Fernández y P. Baptista, 2014, p.140).



Dentro de los experimentales este proyecto se encuentra en: Pre — experimental. Este diseño es útil para acercarse al problema de investigación en la realidad por la manipulación de un solo grupo del cual su grado de control es mínimo. (R. Hernández, C. Fernández y P. Baptista, 2014, p.142).

El diseño de este proyecto es pre - experimental porque consiste en la manipulación de la variable independiente para poder después aplicar en una o más variables para analizar el nivel del grupo en éstas.

3.2 Variable y operacionalización

Variable independiente: Propiedades mecánicas

Definición conceptual: Tanto la resistencia como los aislamientos son mejorados en gran proporción debido a los agentes espumantes, la adición de superplastificante y el humo de sílice lo cual estas generan poros en la creación del concreto celular considerando como un bloque ligero y resistente al agua por su baja densidad. (M. Cong y C. Bing, 2014).

La densidad juega un papel muy importante en cuando a las propiedades mecánicas del concreto celular; ya que, se llega a un punto donde se equilibra la densidad y la capacidad que el bloque de concreto celular puede soportar tanto las resistencias como aislamientos estableciendo de esta esta manera una dosificación óptima donde se pueda alcanzar niveles de uso para muro portante.

Definición operacional: Para poder explicar y entender esta variable contamos con las siguientes dimensiones: Las resistencias y los mecanismos.

Indicadores: Los indicadores nos ayudaran a explicar nuestras dimensiones los cuales son: Resistencia a la compresión, resistencia a la tracción diagonal,

resistencia a la tracción, resistencia al fuego, durabilidad, permeabilidad, aislamiento térmico y aislamiento acústico.

Variable dependiente: Bloque de concreto celular

Definición conceptual: Un bloque espumoso y aireado es por el cual más se conoce el bloque de concreto celular del cual consiste en un mampuesto muy liviano a comparación del bloque convencional, normalmente el bloque celular oscila entre 10.5 a 12.5 kg y es utilizado con destino a paredes estructurales. (A. Sarango, 2017).

Agentes como espumoso o gaseoso son los causantes para producir el concreto celular ya que en su elaboración se comportan como un agente expansor produciendo poros en su estructura, ocasionando que el concreto celular sea más liviano. Normalmente se utiliza para albañilería no estructural, pero con el transcurrir de los estudios se ha podido alcanzar niveles de uso para muros portantes debido a la cantidad de dosificación que se debe aportar.

Definición operacional: Para poder explicar y entender esta variable contamos con las siguientes dimensiones: Características físicas y concreto celular.

Indicadores: Los indicadores nos ayudara a explicar las dimensiones los cuales son: Bloque macizo, boque hueco, dimensiones, dosificación, densidad y porcentaje de aire.

Escala de medición: Escala de razón

La escala de la razón es aquella que tiene sentido entre las variables con respecto a datos numéricos en comparación, diferencia o proporción. (H. Ñaupas, E. Mejía, E. Novoa y A. Villagómez, 2014).

Se eligió este tipo de escala por el motivo de que realizaremos análisis del muro fabricado con concreto celular con medidas y dimensiones, realizando una comparación con el bloque de concreto convencional y ver la diferencia en datos numéricos como las resistencias y las capacidades de aislamiento.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población: En este caso es indeterminada ya que estudiamos las propiedades mecánicas como fenómeno de estudio.

Muestra: Es la recolección de datos de un subgrupo de interés de la población, de la cual mediante una técnica adecuada se puede recolectar datos y representarlo estadísticamente. (R. Hernández, C. Fernández y P. Baptista, 2014).

Se consideró para este proyecto de investigación como muestra la cantidad de bloques celular que se va a elaborar, sometiénolo a ensayos de un proceso de curado a los 7, 14 y 28 días de edad, según la norma técnica peruana.

La muestra que se adquiere es de acuerdo a la población y normalmente se admite menos del 5% si es muy pequeño para considerarlo infinita (P. López y S. Fachelli, 2015, p.7).

Cálculos de tamaño de muestra infinita con un nivel de confianza del 90% (ver figura 4):

n = Variable de tamaño de muestra.

Z = Nivel de confianza.

e = Error aceptado máximo.

p = Probabilidad de éxito

$q = (1 - p)$ = Probabilidad de no

éxito.

Parámetro	Insertar Valor
Z	1.645
P	90.00%
Q	10.00%
e	5.00%

Tamaño de muestra
"n" =
97.42 bloques

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2}$$

Nivel de confianza	Z_{α}
99.7%	3
99%	2,58
98%	2,33
96%	2,05
95%	1,96
90%	1,645
80%	1,28
50%	0,674

Figura 4. Porcentaje de nivel de confianza.

Muestreo: También es denominado casos o elementos participativos, siendo objetos colectivos de estudio brindando alcances al investigador. (G. Baena, 2017).

Siguiendo con lo recomendado por la norma ACI 214R-11 que recomienda un mínimo de 30 probetas no probabilística, optaremos por 30 pruebas para el desarrollo de este proyecto experimental, para recolectar datos de las características y propiedades para bloques con dimensiones de 14x19x39 cm.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se ha utilizado para llevar a cabo esta investigación es la recolección de datos expresados en la tabla 8.

Tabla 8

Técnicas e instrumentos para la recolección de Datos.

Técnicas	Instrumentos	Fuentes
Análisis físico de los agregados	Ficha de observación Ensayo de laboratorio	- Producto de investigación propia.
Análisis mecánico de los agregados	Ficha de observación Ensayo de laboratorio	- Norma Técnica Peruana.
Ensayo de resistencia a la compresión	Ficha de observación Ensayo de laboratorio	- Reglamento nacional de edificaciones.
Diseño de mezcla	Ficha de observación Ensayo de laboratorio	Asociación del Cemento Portland (PCA).
Análisis de resultados	Ensayo de laboratorio Microsoft Excel	- Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM).
Entrevista	Entrevista del proceso de elaboración	- Empresa BHCPERU

Fuente: Propia.

3.5 Procedimientos

Plan de ejecución: se explicará por 4 fases que consta de:

Fase 1: Ensayos Preliminares – Recolección de datos.

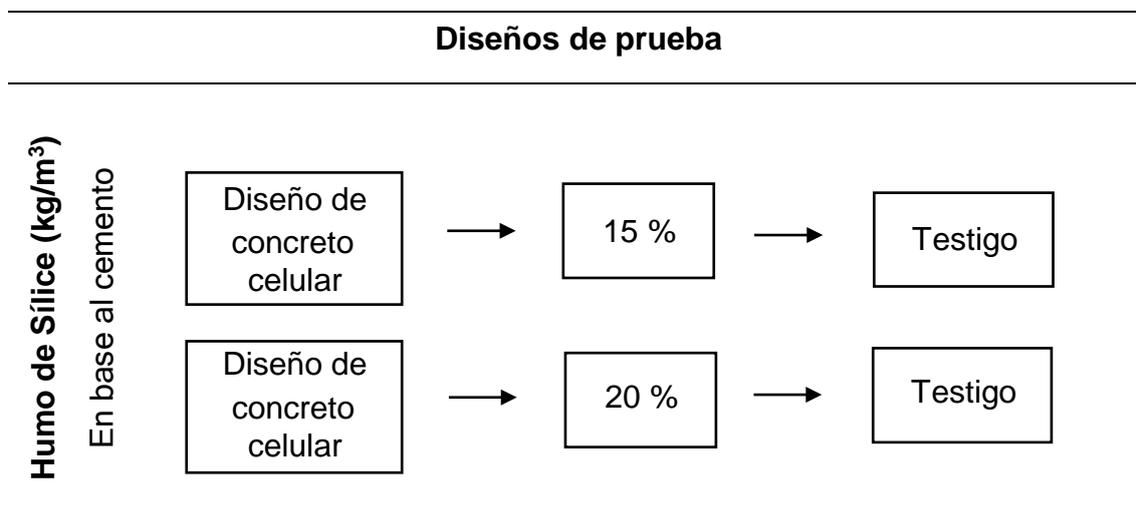
Se recolectara datos en el laboratorio como los tamizajes para obtener una arena bien graduada, el aditivo espumógeno para producir las espumas según su ficha técnica, los 97 bloques para realizar los ensayos del comportamiento del concreto celular de acuerdo a la norma técnica peruana, se analizará la dosificación de los materiales y componentes en porcentajes para obtener un óptimo resultado, conocer la maquina mezcladora encargada de crear la pasta de concreto celular y de cuantas revoluciones por minuto cuenta, cuanto es el tiempo de mezclado, etc.

Fase 2: Diseño de mezcla para concreto celular.

Relación humo de sílice - cemento: Se realizará una dosificación utilizando el humo de sílice al 15% en relación al cemento con una relación del 0.40 como podemos ver en la tabla 9.

Tabla 9

Diseño aplicando humo de sílice.



Fuente: Propia.

Los materiales utilizados en el diseño de mezcla; así como, la densidad del diseño esta especificada en la tabla 10.

Tabla 10*Materiales del diseño de mezcla.*

Materiales del diseño		
Componente	Densidad kg/cm³	
Diseño	Cemento	
	Tierra	
	Agua	1200 kg/cm ³
	Plastificante	1100 kg/cm ³
	Humo de sílice	
	Agente espumante	

Fuente: Propia.

La dosificación del diseño de mezcla del artículo científico está explicada en la tabla 11; es la cual, de donde nos hemos guiado para realizar una dosificación óptima para la elaboración de los bloques macizos observados en la tabla 12.

Tabla 11*Diseño de mezcla del artículo científico.*

Densidad objetiva (kg/m³)	Cemen to	Humo de sílice	Suelo (kg)	Agua (lt)	Esp uma (m³)	Superpla stificante (kg)	Resisten cia kg/cm²
800	220	76	190	171	0.6	3.8	79.8

Fuente: Artículo científico de M. Cong y C Bing, 2014.**Tabla 12***Diseño de mezcla utilizado para la elaboración de bloques macizos.*

Densidad objetiva (kg/m³)	Cemen to	Humo de sílice	Arena (kg)	Agua (lt)	Esp uma (m³)	Superpla stificante (kg)	Resisten cia kg/cm²
1200	304	76	186	172	0.9	3.8	45.3
1100	425	63.7	134	172	0.9	5.313	52.3

Fuente: MTL Geotecnia.

Fase 3: Ensayos de muestra.

Los ensayos que realizaremos en el laboratorio serán de tamizado para obtener el módulo de finura de la arena, el ensayo que realizaremos es el contenido de humedad, se realizará el ensayo a la compresión por unidad a los bloques macizo de concreto celular a los 7, 14 y 28 días; seguido a ello, se realizará ensayo de muro apilable y el ensayo de corte diagonal a los muretes, la conductividad térmica, así como también el ensayo de aislamiento acústico que posee concreto celular guiándonos de la norma ASTM 495 y ASTM 496.

Fase 4: Análisis de resultados.

Se realizará un análisis de resultados obtenidos para demostrar la capacidad que llegara a adquirir el bloque de concreto celular, relacionando la densidad — resistencia demostrando en gráfico de barras; así también, analizar la relación de aislamiento acústico — densidad y el aislamiento térmico - densidad y finalmente teniendo resultados favorables se procederá a realizar una comparación con el bloque convencional, acerca de los beneficios y comportamientos que este posee en su estructura para muros portantes.

En el siguiente diagrama de flujo se explica de una manera resumida todo el procedimiento que se va a realizar para obtener la dosificación óptima para poder llegar a la resistencia mínima establecida en la norma E 070. de albañilería, cumpliendo con los estándares y procesos de elaboración (ver figura 5).

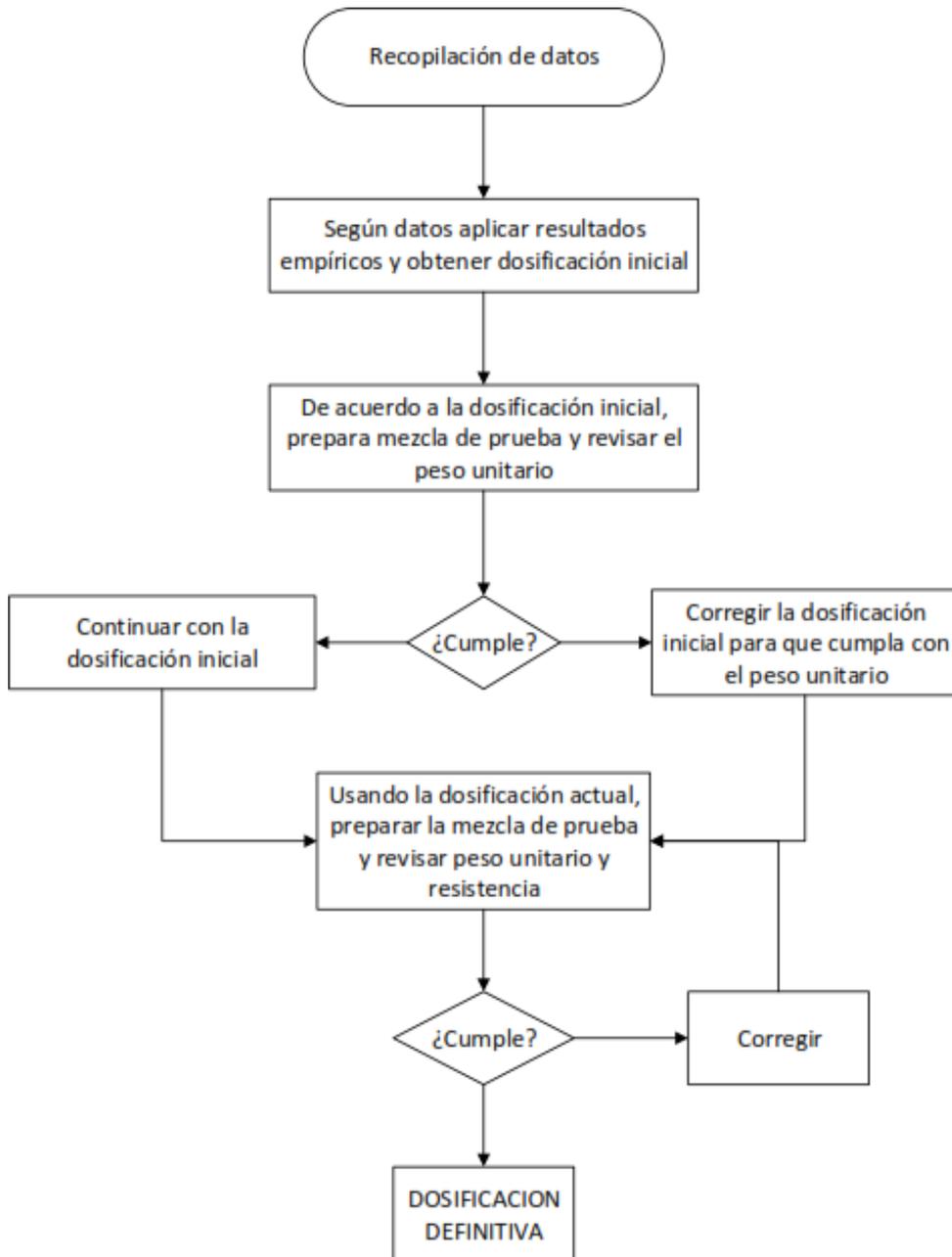


Figura 5. Diagrama de flujo de dosificación de concreto celular.

3.6 Método de análisis de datos

Para realizar en análisis de datos trabajaremos con los formatos validados por un especialista de: Formato de granulometría, formato de contenido de humedad, formato de diseño de mezcla, formato de característica de los materiales, formato de resultados finales.

3.7 Aspectos éticos

Para validar este trabajo de investigación se ha recurrido la ayuda de fuente informantes para la recolección de información segura; las más importantes son:

ScienceDirect



SciELO

Scientific Electronic Library Online

3.8 Prueba de hipótesis

Se trata de una prueba para poder especificar si se acepta o se rechaza una afirmación de las evidencias estudiadas, generando dos pruebas opuestas sobre una población, las cuales son: la hipótesis nula y la hipótesis alternativa; que según, los resultados obtenidos en esta prueba podemos afirmar una de ellas rechazando la otra. En la tabla 13 podemos ver los resultados estadísticos de la muestra y en la tabla 14 podemos observar la prueba de muestra.

Supuesto de normalidad

H_0 = los bloques no superan la resistencia mínima de 50 kg/cm².

H_1 = los bloques superan la resistencia mínima de 50 kg/cm².

Tabla 13

Estadísticas de muestras emparejadas.

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Bloque macizo -1	9	35,0225	8,71071	3,07970
Bloque macizo -2	8	42,0987	7,55419	2,67081

Fuente. Elaboración propia en SPSS.

Tabla 14

Correlaciones de muestras emparejadas.

	N	Correlación	Sig.
Bloque macizo 1 y 2	8	,919	,001

Fuente. Elaboración propia en SPSS.

Tabla 15

Prueba de muestra única.

Valor de prueba = 0							
		95% de intervalo de confianza de la diferencia					
	t	gl (bilateral)	Sig.	Desviación estándar	Media de error estándar	Inferior	Superior
B.M. 1 y 2	-5,779	7	,001	3,46331	1,22447	-9,97165	-4,18085

Fuente. Elaboración propia en SPSS.

Tabla 16

Tabla t de student.

α	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	636,619
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,599
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	3,182	3,747	4,604	8,610
5	0,727	0,919	1,156	1,476	2,015	2,776	3,365	4,032	6,869
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,571	3,143	3,707	5,959
7	0,711	0,896	1,119	1,416	1,895	2,447	2,998	3,499	5,408
8	0,706	0,889	1,108	1,397	1,859	2,365	2,897	3,355	5,041
9	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,306	2,821	3,250	4,781
10	0,699	0,879	1,093	1,372	1,813	2,262	2,764	3,169	4,587
11	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,222	2,718	3,106	4,437

Fuente. Mario Orlando Suárez Ibujes - tabla de distribución.

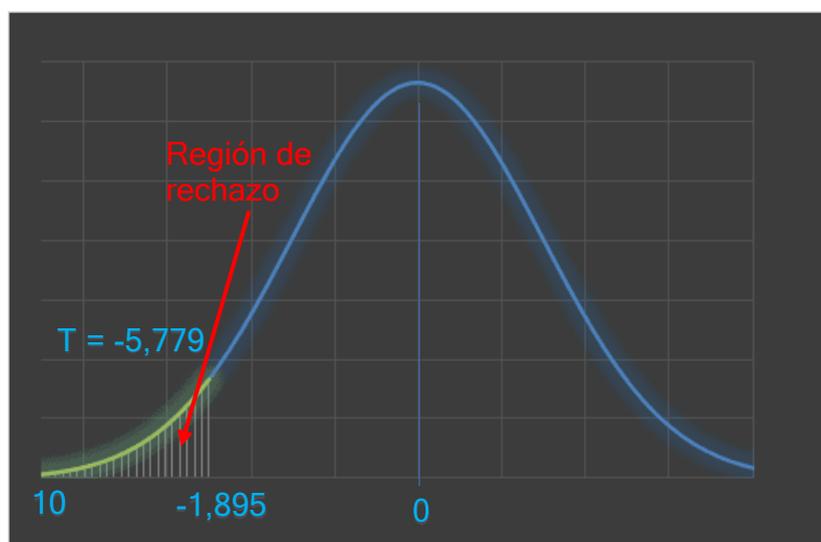


Gráfico 2. Campana de Gauss de 1 cola.

Conclusión:

Viendo los resultados obtenidos en el SPSS, tenemos como resultado de la t de student con un valor negativo de -5,779 siendo este menor a la coordenada que tenemos de acuerdo con el grado de libertad y el margen de error que es 5% dándonos un valor igual -1,895; del cual, podemos rechazar la hipótesis nula diciendo que los bloques superan la resistencia mínima de 50 kg/cm².

IV. RESULTADOS

Identificación de la cantera de extracción del agregado fino

En la tabla 13 se observa las coordenadas georreferenciales empleadas para la ubicación de la cantera que se encuentra en Villa el Salvador, la cual es propiedad de la planta chancadora “San Lázaro”, esta cantera realiza actividades a cielo abierto. (ver figura 6).

Tabla 17

Coordenadas de georreferenciación de la cantera de extracción del agregado fino.

Coordenadas de georreferenciación			
	Geográficas (Grados, min, seg)	Geográficas (Grados, decimales)	UTM (WGS84)
Latitud	12°12'39.3" S	-12.2109038	291321.2
Longitud	76°55'5.3" W	-76.9181384	8649385.84

Fuente: Extraído de <http://www.mundivideo.com/coordenadas.htm>.



Figura 6. *Fotografía satelital con la ubicación de la cantera de extracción del agregado fino.*

Fuente: Extraído de <http://www.mundivideo.com/coordenadas.htm>.

Propiedades de los agregados empleados en el diseño de la mezcla de concreto celular

Forma y textura

En la tabla 14 se puede observar la clasificación del agregado fino en cuanto a su forma y textura, propiedades de las cuales están especificadas según la Norma Técnica Peruana 400.011, la cual influye en la adherencia entre el agregado y la pasta cementante, relacionando sus propiedades en su estado endurecido en cuanto a su densidad, resistencia a la compresión, contenido de humedad, entre otras características en el diseño de mezcla de concreto celular. (ver figura 7).

Tabla 18

Forma y textura del agregado fino empleado en el diseño de la mezcla.

Forma y textura del agregado fino (NTP 400.011)	
Descripción	Resultado
Origen	Villa el Salvador
Forma	Redondeado
Textura	Granular

Fuente: MTL Geotecnia S.A.C.



Figura 7. Forma y textura del agregado fino empleado en el diseño.

Módulo de finura

La NTP 400.012 en su apartado 9.2, se refiere al módulo de finura el cual es 0.93%, esto es resultado de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices: 150 μm (N°100), 300 μm (N°50), 600 μm (N°30), 1.18 mm (N°16), 2.36 mm (N°8), 4.75 mm (N°4), 9.5 mm (3/8"), 19.0 mm (3/4"), 37.5 mm (1 1/2"), dividido entre 100. Dado el resultado se encuentra descrito en la tabla 15, que es representado en porcentaje y se puede observar en la figura 8.

Tabla 19

Módulo de finura del agregado fino.

Módulo de finura (NTP 400.012)	
Descripción	Resultado
Agregado fino	0.93%

Fuente: MTL Geotecnia S.A.C.



Figura 8. *Módulo de finura del agregado obtenida de laboratorio.*

Granulometría

En la tabla 16, se puede observar la memoria de cálculo para el análisis granulométrico del agregado fino empleado en la fabricación de bloques, en el diseño de concreto celular con humo de sílice; asimismo, en el gráfico 2, se observa como la curva media se encuentra dispersa de los parámetros regulados por la norma ASTM C33, sin embargo, se pasó a tomar como referencia una arena muy fina lo cual garantice las propiedades de aislamiento acústico/térmicos para el concreto celular.

Tabla 20

Análisis granulométrico del agregado fino empleado en el diseño de la mezcla de concreto celular.

TAMIZ		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Retenido Acomulado (%)	Pasante Acomulado (%)	AGREGADO FINO (ASTM C33)	
Pulg	mm					LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
1/2"	12.5	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
	0						
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
# 4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00	95.00	100.00
# 8	2.38	0.00	0.00	0.00	100.00	80.00	100.00
# 16	1.19	2.10	0.40	0.40	99.60	50.00	85.00
# 30	0.60	1.80	0.34	0.74	99.26	25.00	60.00
# 50	0.30	58.60	11.18	11.93	88.07	5.00	30.00
# 100	0.15	358.70	68.45	80.38	19.62	0.00	10.00
FONDO		102.80	19.62	100.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL		524.00	100.00	-	-	-	-

Fuente: MTL Geotecnia S.A.C.

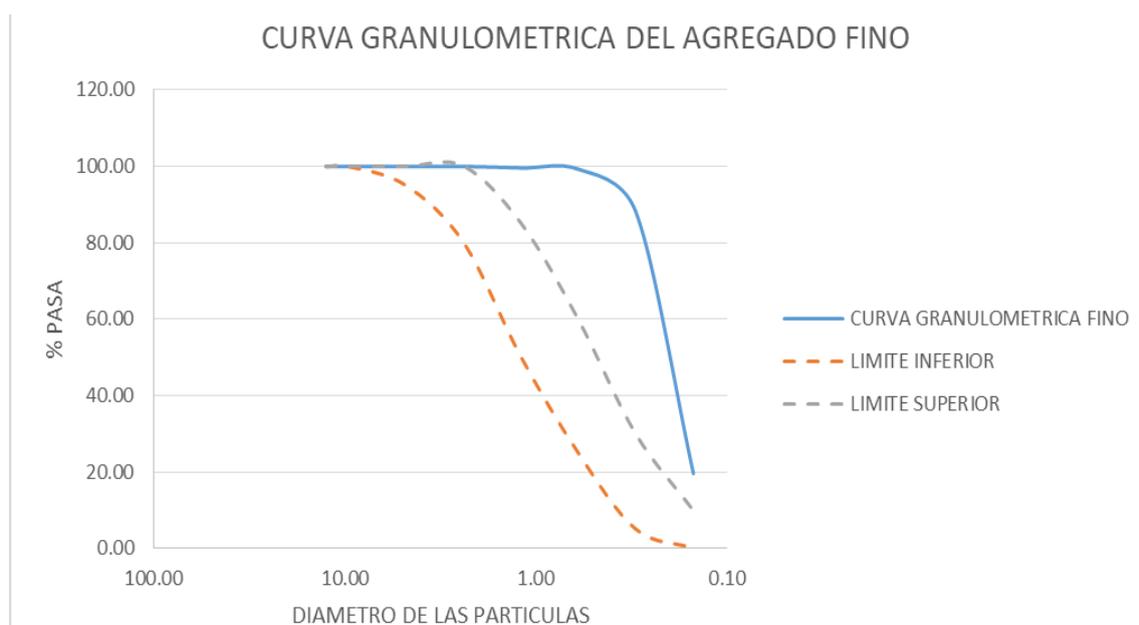


Gráfico 3. Curva granulométrica del agregado fino.

Peso específico y absorción del agregado fino

Haciendo mención a La NTP 400.022, define como peso específico la cantidad de agregado fino que ocupa un determinado volumen sin incluir vacíos, así mismo el peso específico se considera igual a la densidad para este tipo de ensayos, de forma que la absorción es definida como el porcentaje de incremento de la muestra debido al agua que penetra en los poros de las partículas, luego de ser sumergida por 24 horas. Sin embargo, dicho material antes de ser sometido a las pruebas deberá estar bajo una temperatura de 110 ± 5 ° C (ver figura 9). En la tabla 17, se muestran los resultados del agregado fino, obtenidos en dicho ensayo, del cual será posteriormente utilizado para el diseño de mezcla del concreto celular.

Tabla 21

Resultados del análisis del agregado fino para ensayos de peso específico y absorción.

Muestra N°	Procedimiento			
	Und	M -1	M -2	Promedio
1 : Peso de la arena S.S.S + peso balón + peso de agua	g	980.0	981.7	980.9
2 : Peso de la arena S.S.S + peso balón	g	670.2	669.8	670.0
3 : Peso del agua ($w = 1 - 2$)	g	309.8	311.9	310.9
4 : Peso de material seco en horno + peso del balón	g/cc	661.5	660.2	660.9
5 : Peso del balón n° 2	g/cc	170.2	169.8	170.0
6 : Peso de la arena seca al horno ($A = 4 - 5$)	g/cc	491.3	490.4	490.9
7 : Volumen de balón ($V = 500$)	cc	497.5	498.2	497.9
8. Peso específico de la masa ($P.E.M. = A/(V-W)$)	g/cc	2.62	2.63	2.62
9. Peso específico de la masa S.S.S ($P.E.M. S.S.S = 500/(V-W)$)	g/cc	2.66	2.68	2.67
10. Peso específico aparente ($P.E.A. = A/((V-W) - (500-A))$)	g/cc	2.74	2.78	2.76
11. Absorción (%) ($((500-A) / A * 100)$)	%	1.8	2.0	1.9

Fuente: MTL Geotecnia S.A.C.



Figura 9. *Proceso para obtener la absorción y el peso específico del agregado fino.*

Peso específico suelto y compactado del agregado fino

En la tabla 18 se expresan los resultados del peso unitario suelto y peso unitario compactado, para ello se realizó el peso que alcanza el agregado fino por unidad volumétrica, se realiza estos cálculos por qué se va emplear en el diseño de mezcla del concreto celular convirtiendo las proporciones de pesos a volúmenes para ello se tuvo que pesar una porción del agregado para realizar el ensayo como se puede observar en la figura 10, con la finalidad de observar el comportamiento del agregado fino.

Tabla 22

Peso unitario seco y peso unitario compactado del agregado fino.

Proceso		P.U.S.			P.U.C.		
		M-1	M-2	M-3	M-1	M-2	M-3
Peso de la muestra + molde	g	6425	6406	6439	7308	7301	7266
Peso del molde	g	2363	2363	2363	2363	2363	2363
Peso de la muestra (1 – 2)	g	4062	4045	4076	4945	4638	4923
Volumen del molde	cc	2760	2760	2760	2760	2760	2760
Peso unitario suelto de la muestra	g/cc	1.472	1.466	1.477	1.792	1.789	1.784
Peso unitario suelto de la muestra	g/cc		1.471			1.788	

Fuente: MTL Geotecnia S.A.C.



Figura 10. *Peso de la muestra del agregado fino para el ensayo del peso unitario.*

Humo de Sílice

En la tabla 19 se muestra las características mecánicas y físicas del humo de sílice, la cual ayuda a incrementar la resistencia del concreto celular de alta densidad que se encuentran de 800 — 1800 kg/m³. El humo de sílice se puede observar en la figura 11.

Tabla 23

Características físicas y químicas del humo de sílice.

Aditivo:	SIKAFUME
Función principal:	Reductor de agua en el concreto fresco volviéndolo extremadamente flexible mejorando la capacidad de bombeo sustancialmente. En el concreto endurecido, el humo de sílice forma un enlace químico con la cal libre.
Propiedades:	Alta estabilidad del concreto, mayor durabilidad, excelente resistencia a la congelación y la sal de deshielo si se usa un agente de arrastre de aire al mismo tiempo, mayor resistencia a la abrasión, mayor estanqueidad al agua, Penetración reducida de cloruro.
Base química:	Una mezcla de ingredientes reactivos latentes.
Empaques:	Bolsa de 20, 25 kg
Apariencia física / Color:	polvo gris
Densidad:	< 0.65 kg / lt
Cloruros:	< 0.3 M - %
Tiempo de mezclado en el concreto:	60 seg

La dosificación habitual es respecto al peso del cemento, equivalente al 10 %.

Fuente: Datos técnicos de Sikafume – Microsílice.



Figura 11. Bolsa de 25 kilos de Humo de sílice.

Cemento INKA tipo 1Co

La tabla 20 muestra la composición física y química del cemento empleado en el diseño de la mezcla para el concreto celular, observando el tiempo de fraguado, la densidad y la resistencia promedio en diferentes edades, esto involucra en los límites de resistencia que se busca alcanzar con el diseño de los bloques. La bolsa de cemento se puede ver en la figura 12.

Tabla 24

Composición física y química del cemento INKA tipo 1Co.

	Descripción	Cant.
	Contenido de Aire, máx. %	6
	Superficie Específica (cm ² /g)	5800
	Expansión en autoclave, máx. %	0.10
	Resistencia a la compresión, kgf/cm ²	
	1 día	130
	3días	240

	7 días	320
	28 días	420
Tiempo de fraguado Vicat, minutos		
	Inicial	130
	Final	380
Calor de Hidratación, Kcal/kg		
	7 días	67
	28 días	77
Resistencia a los Sulfatos, %		
	14 días	0.01
Álcalis Totales (Na 20-0.658K20) %		0.40

Fuente: Ficha técnica cementos INKA.



Figura 12. Bolsa de 42.5 kilos de cemento INKA tipo 1Co.

Agua

En la tabla 21 describe las características principales que debe presentar el agua para que sea empleada en la mezcla del concreto, ya que tiene gran incidencia en la resistencia final que adoptará el concreto, este material es apta para el consumo humano.

Tabla 25*Límites de impureza permitidos en el agua para la mezcla.*

Tipo de impureza	Valor máximo recomendado
Ácido orgánico (Ácido sulfúrico)	10000 ppm
Aceite mineral (por masa de cemento)	2%
Aguas con algas	No recomendable
Para concreto no reforzado	35000 ppm
Para concreto reforzado o pretensado	No recomendado
Aguas sanitarias	20 ppm
Azúcar	500 ppm
Carbonato de calcio y magnesio	400 ppm
Carbonatos y bicarbonatos de sodio y potasio	1000 ppm
Cloruro de calcio	30000 ppm
Cloruro de magnesio	40000 ppm
Estructura bajo corrosión y condiciones secas	20000 ppm
Concreto pretensado	500 ppm
Estructuras con elementos galvanizados	100 ppm
Hidróxido de potasio (por masa de cemento)	1.2%
Hidróxido de sodio (por masa de cemento)	0.5%
Partículas en suspensión	2000 ppm
PH	6 — 8
Sales de hierro	40000ppm
Sulfato de magnesio	25000 ppm
Sulfato de sodio	1000 ppm
Sulfito de sodio	100 ppm
El contenido máximo de iones combinados de calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonato, sulfato, cloruro, nitrato y carbonato es 20000 ppm.	
*ppm: Partes por millón.	

Fuente: Adaptado de RIVERA, Gerardo.

Agente Espumante

En la tabla 22 observamos los datos técnicos para el uso del material espumante para generar las burbujas preformadas, junto con los datos de densidad que aportara en el diseño de mezcla del concreto celular. El agente espumante proteico se puede ver en la figura 13.

Tabla 26

Datos técnicos del Foamin C - tipo Proteica.

Aditivo:	Foamin C – Proteica
Función principal:	Espumante
Función secundaria:	Plastificante
Efecto secundario:	Reducción de resistencias por efecto del aire ocluido
Aspecto físico:	Líquido oscuro, inofensivo para la piel y membranas mucosas, no es venenoso ni fermentable.
Peso específico	1.16 +/- 0.03
Densidad	1.10 +/- 0.02 g/ml
Peso recomendado de la espuma:	70 - 75 gr/lit.
Valor pH (20° C):	7 +- 1
Cloruros:	<0.1%
Viscosidad 20° C brookfield Sp00/100 rpm	<30cps

El producto se debe diluir al 2% (100 litros de agua/ 2 litros de producto) en cualquier caso se deberá realizarse ensayos previos para ajustar la mezcla ideal y la dosificación que permita obtener la densidad con los materiales de los agregados empleados para la elaboración de la unidad de albañilería, como producto final del estudio.

Fuente: Empresa Blotek.



Figura 13. *Agente espumante proteico de 25 litros.*

Aditivo superplastificante

En la tabla 23 observamos la composición y los datos técnicos del superplastificante el cual ayuda en los resultados obtenidos en el diseño de mezcla; en cuanto a la resistencia, aporta de gran manera a la resistencia del bloque con la adición de este material en la composición del diseño de mezcla. El material utilizado se puede ver en la figura 14.

Tabla 27

Composición del Sikament – 290 N.

Aditivo:	Sikament - 290 N
Función principal:	Reductor de agua de alta actividad superplastificante
Efecto secundario:	Riesgo de disgregación a dosis elevadas
Aspecto físico:	Líquido marrón
Densidad (20°C):	1.060 +-0.02 gr/cm ³
Valor pH (20°C):	5.6 +-1
Cloruros:	< 0.1%
Viscosidad 20°C Brookfield Sp00/100rpm	< 50 cps
La dosificación se encuentra entre el 0.7% y el 2.6% sobre peso de cemento.	

Fuente: Datos técnicos de Sikament - 290 N.



Figura 14. Superplastificante Sikament – 290 N.

Dosificación

El propósito principal para dosificar una mezcla de concreto es adquirir las propiedades mecánicas y físicas mínimas requeridas en un estado fresco y endurecido. Para lograr este propósito buscando un diseño que este equilibrado tanto la resistencia a la compresión con una densidad específica, se ha utilizado el método gravimétrico guiado por la norma ASTM C — 138 debido que se trata de un concreto especial por sus características. Para encontrar la dosificación adecuada se realizó un plan de trabajo que consistió en la investigación bibliográfica de diferentes diseños acerca del concreto celular para seguido a ellos realizar primero diseños experimentales, terminando finalmente con un diseño óptimo para la fabricación de los bloques macizos de concreto celular. Cabe mencionar que partiremos de un diseño validado del artículo científico de M. Cong y C Bing — 2014 a base de humo de sílice. En la figura 15 se puede mostrar el esquema a seguir.

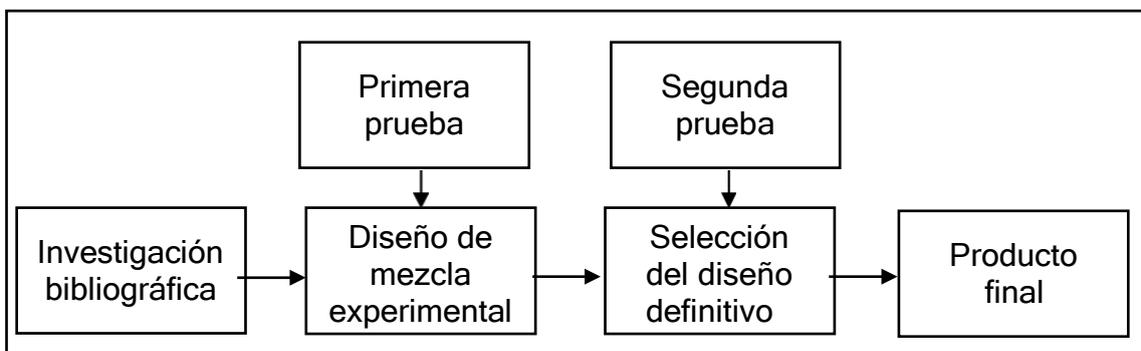


Grafico 4. Esquema de procedimiento para dosificación.

Las condiciones primordiales que debe cumplir el diseño de mezcla son:
Densidad entre 1200 y 1100 kg/m³, para encontrar una relación que admita el valor agredo del concreto celular y la resistencia a compresión mayor a 50 kg/cm², como indica la norma E — 070 que es la resistencia mínima requerida para bloques portantes.

Diseño de mezcla

Como se vino explicando anteriormente, se aplicará los principios de método gravitatorio a una mezcla teórica de 1m³. Para ello se realizó el siguiente procedimiento:

1. Se conservará primero cantidades fijas de cemento (kg), agua (lt), aire (%), superplastificante (lt), arena (kg) y aditivo espumante (lt), los cuales serán considerados en investigaciones similares.
2. Se procede a calcular el volumen de los materiales multiplicando su peso específico por la cantidad a utilizar, encontrándose ahora en unidades de volumen (m³).
3. Se ejecuta una relación entre pesos específicos (teóricos del concreto celular vs concreto convencional) para que de esta manera podamos calcular el volumen teórico del mortero convencional (cemento, agua, arena) que habrá en la mezcla.
4. Después de calcular la relación, se procede a calcular la cantidad de agua que se necesitará en el volumen multiplicando la cantidad inicialmente fijada para 1m³.
5. Seguido a ello, se procede a calcular la cantidad de arena que se utilizará en reemplazo al suelo (como se utilizó en el diseño de mezcla del artículo científico) restando la totalidad del volumen de diseño (1 m³), junto con los volúmenes encontrados previamente.

6. Continuando tenemos lo que es el superplastificante que se hallará en relación al cemento para 1 m³.
7. Igualmente se procede a hallar la cantidad de humo de sílice que se usará en la mezcla con relación al cemento para 1 m³.
8. Una vez obtenido los volúmenes de los materiales para utilizar en la dosificación inicial, procedemos a realizar una corrección por absorción y humedad de la arena a la mezcla:

$$C. \text{ por absorción al agua} = \text{agua} + \frac{(\%abs \times arena)}{100}$$

$$C. \text{ por humedad al agua} = \text{agua} + \frac{(\%hum \times arena)}{100}$$

$$C. \text{ por humedad a la arena} = \text{agua} \times \left(1 + \frac{\%hum}{100}\right)$$

9. Para el primer diseño experimental se conservará las siguientes cantidades iniciales:
 - Cemento de 220 kg/m³.
 - Agua de 171 Lt/m³.
 - Relación agua/cemento de 0.56
 - Arena de 190 kg
 - Contenido de aire teórico entre 50% y 55%.
 - Aditivo superplastificante 3.8 Lt/m³.
 - Humo de sílice 76 kg/m³.
 - Densidad del concreto celular de 1200 kg/m³ y 1100 kg/m³ manteniendo un margen de aumento o disminución de ausencia de experiencia con estos tipos de concreto.
 - Densidad del concreto convencional de 2,400 kg/m³.

Diseño de concreto celular densidad 1200 kg/m³

En la tabla 28 se observa los datos preliminares para la elaboración de la mezcla del concreto celular con densidad de 1200 kg/m³ especificando los pesos específicos de cada material a utilizar en el diseño de mezcla.

Tabla 28*Datos preliminares para el diseño de concreto con densidad 1200 kg/m³.*

Datos preliminares		Cant.	Unid.
Densidad de diseño	Ye	1200	Kg/m ³
Densidad del humo de sílice	Yh	0.65	g/cc
Densidad del concreto fresco	Yf	1280	kg/m ³
Peso específico del agua	Yw	0.9997	g/cc
Peso específico del cemento	Yc	3.12	g/cc
Peso específico de la arena	Yss	2.62	g/cc
Humedad natural	W	2.3	%
Absorción	Ab	1.9	%
Relación agua/cemento (a/c)	a/c	0.56	

Fuente: MTL Geotecnia S.A.C.**Proporción del diseño 1200 kg/m³**

En la table 29, se demuestran los datos del diseño de mezcla para 1 m³, las proporciones de cada material para la elaboración del concreto celular con aplicación de humo de sílice para una densidad de 1200 kg/m³. Las cantidades de cada material se puede observar en el grafico 4.

Tabla 29*Proporción de materiales para un diseño de 1200 kg/m³.*

Densidad 1200 kg/m³		
Materiales	Unidad	Proporción
Cemento	Kg/m ³	304
Agua	Lt/m ³	172
Agregado fino	Kg/m ³	186
Superplastificante	Lt/m ³	3.8
Humo de sílice	Kg/m ³	76
Agente espumante	Lt/m ³	9

Fuente: MTL Geotecnia S.A.C.

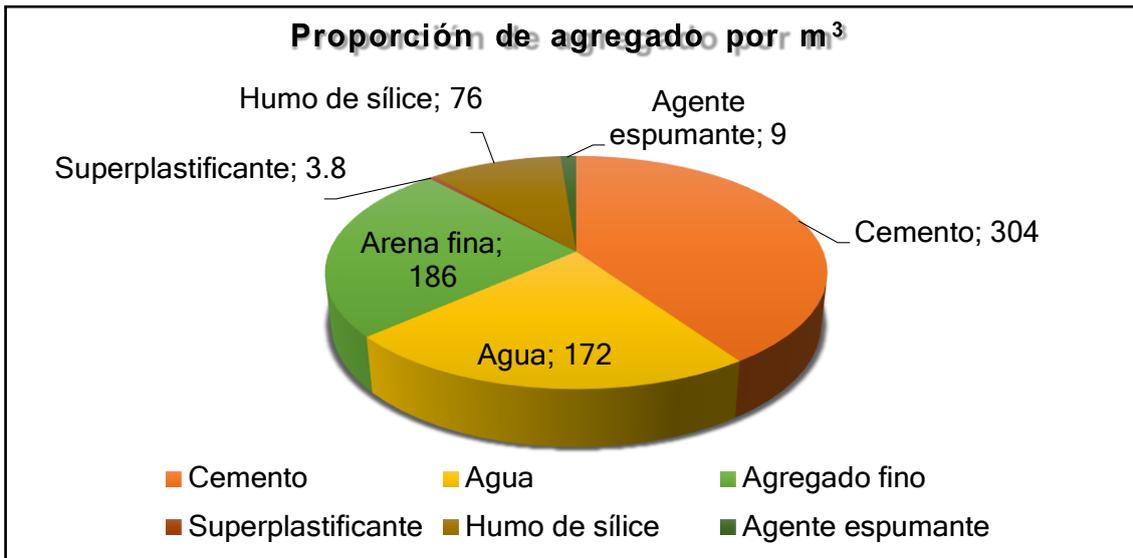


Gráfico 5. *Proporción de material por m³ de concreto celular diseño 1200 kg/m³.*

Mezcla definitiva

En el proceso de hallar el diseño óptimo de mezcla para encontrar una buena relación a/c se empezó con utilizar un diseño de mezcla del artículo científico de M. Cong y C Bing — 2014; donde, se ha manipulado los materiales cambiando la tierra por arena fina ya que aporta en la resistencia del producto, comparando resultados en el laboratorio se ha ido mejorando analizando los el comportamiento de los bloques expuesto a ensayos de compresión, mejorando la adición de cemento de un 304 kg/m³ a 425 kg/m³, modificando la relación agua/cemento a un 0.40 y disminuyendo el humo de sílice de un 20% a un 15% en relación al cemento; así como también, se redujo el agregado fino (arena) en un 28%, agregado a todo esto tener un buen control del tiempo de mezclado no excediéndose de los 5 min en la maquina mezcladora; porque, puede ocasionar alteraciones con el diseño de mezcla; exponiendo a la ruptura de las burbujas.

Diseño de concreto celular densidad 1100 kg/m³

En la tabla 30 se observa los datos preliminares para la mezcla de concreto con densidad de 1100 kg/m³ especificando los pesos específicos de cada material a utilizar en el diseño de mezcla.

Tabla 30*Datos preliminares para el diseño de concreto con densidad 1100 kg/m³.*

Datos preliminares		Cant.	Unid.
Densidad de diseño	Ye	1100	Kg/m ³
Densidad del humo de sílice	Yh	0.65	g/cc
Densidad del concreto fresco	Yf	1150	kg/m ³
Peso específico del agua	Yw	0.9997	g/cc
Peso específico del cemento	Yc	3.12	g/cc
Peso específico de la arena	Yss	2.62	g/cc
Humedad natural	W	2.3	%
Absorción	Ab	1.9	%
Relación agua/cemento (a/c)	a/c	0.40	

Fuente: MTL Geotecnia S.A.C.**Proporción del diseño 1100 kg/m³**

En la table 31, se demuestran los datos del diseño de mezcla para 1 m³, las proporciones de cada material para la elaboración del concreto celular con aplicación de humo de sílice para una densidad de 1100 kg/m³. Las cantidades de cada material se puede observar en el grafico 4.

Tabla 31*Proporción de materiales para un diseño de 1100 kg/m³.*

Densidad 1100 kg/m³		
Materiales	Unidad	Proporción
Cemento	Kg/m ³	425
Agua	Lt/m ³	172
Agregado fino	Kg/m ³	134
Superplastificante	Lt/m ³	5.31
Humo de sílice	Kg/m ³	63.7
Agente espumante	Lt/m ³	9

Fuente: MTL Geotecnia S.A.C.

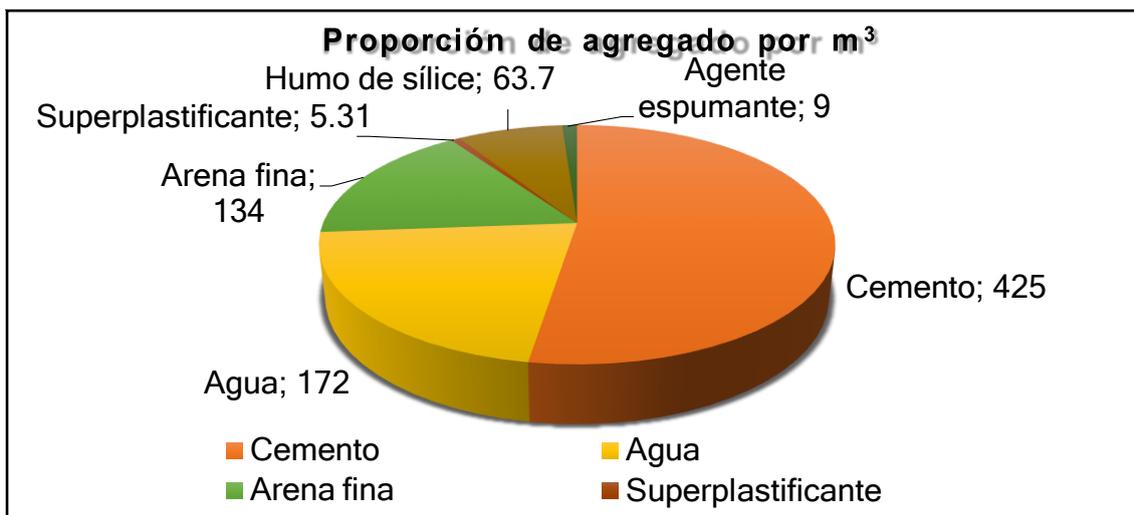


Gráfico 6. Proporción de material por m³ de concreto celular diseño 1100 kg/m³.

Contenido de aire – estado fresco

Para determinar la densidad de la espuma se regula manualmente la compresora de aire a presión, para así considerar la participación de la espuma proteica en el volumen de la mezcla, del cual se aproximará a ocupar el 50 % del valor del mezclado para el concreto celular, manteniéndose uniformes en la máquina de preparación. Los valores dados para la fase de preparación se pueden apreciar en las tablas 28 y tabla 29, demostrado en las figuras 15 y 16.

Tabla 32

Contenido de agente espumante con el agua.

Material	Cantidad	Unidad
Agua	100	Lt.
Agente espumante	6	Lt

Fuente: BHC Perú.

Tabla 33

Contenido de aire combinado con el agente espumante y el agua.

Material	Cantidad	Unidad
Agente espumante	62	Gr/lit

Fuente: BHC Perú.



Figura 15. Contenido de aire.



Figura 16. Peso de la espuma.

Dimensionamiento y tipo de bloque macizo de concreto celular

Por lo general, las dimensiones de estos bloques macizos se basan a medidas estándares que cumplan con la funcionalidad de ser portantes, como se ve descrito en la tabla 30, sin embargo, debido a las carencias de este tipo de concreto se pasó a llenar los vacíos, que en primera instancia estuvo destinado al diseño de bloques alveolares. A el fin de buscar mayor resistencia a esfuerzos de compresión y tracción diagonal, se deberá cumplir con los requisitos mínimos de resistencia para la aceptación de los bloques de concreto están normados bajo el RNE E.070 y la NTP 400.006. Las figuras 17 y 18 muestran el diseño del molde y la aceptación por dimensionamiento o alabeo en bloques de concreto ligero respectivamente, como resultado de la investigación.

Tabla 34

Tipo y dimensiones del bloque de concreto para albañilería.

Bloque de concreto celular NTP 400.006	
Tipo	Macizo
Ancho (cm)	14
Alto (cm)	19
Largo (cm)	39

Fuente: NTP 400.006.



Figura 17. Molde madera de 14x19x39 cm.



Figura 18. Control de variación.

Asentamiento del concreto auto - consolidable

Se procedió a colocar una base plastificada plana antiadherente expuesta a la superficie de asiento lo cual está permitido según norma ASTM - C1611 para ensayos de asentamiento del concreto auto consolidable. Se colocó la muestra de concreto fresco en el molde (cono invertido), el vertido del mismo se coloca a modo de evitar el apisonamiento o vibrado, luego se levantó el molde hasta la diseminación total del concreto, después de cesada la dispersión se pasó a medir la masa de forma aproximadamente ortogonal en 2 direcciones, hallando el flujo de asentamiento promedio, lo cual fue de 56 cm (ver figura 19 y 20).



Figura 19. *Ensayo de asentamiento.*



Figura 20. *Dispersión de la masa.*

Resistencia a la compresión de bloques con densidad 1200 y 1100 kg/m³

En la tabla 31 expresa los resultados de los ensayos a la compresión por unidad de albañilería que son 3 bloques macizos estudiados en cada edad en el laboratorio a los 7, 14 y 28 días; así como también, es expresada la curva de crecimiento de la resistencia con respecto a los días lo cual ha dado resultados significativos. (Ver gráfico 5)

Tabla 35

Promedio de resultados de los bloques de albañilería analizados en laboratorio.

Densidad de diseño	Volumen m ³	Peso (kg)	Fuerza (kgf)	Área (cm ²)	7 días (kg/cm ²)	14 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
1200 kg/m ³	0.010374	12.57	15337.1	546.0	26.56	-	-
1200 kg/m ³	0.010374	12.14	21900.1	546.0	-	40.11	-
1200 kg/m ³	0.010374	12.20	24733.8	546.0	-	-	45.3
1100 kg/m ³	0.010374	11.29	18386	546.0	33.70	-	-
1100 kg/m ³	0.010374	11.34	24437.3	546.0	-	44.80	-
1100 kg/m ³	0.010374	11.44	28529.4	546.0	-	-	52.3

Fuente: MTL Geotecnia S.A.C.

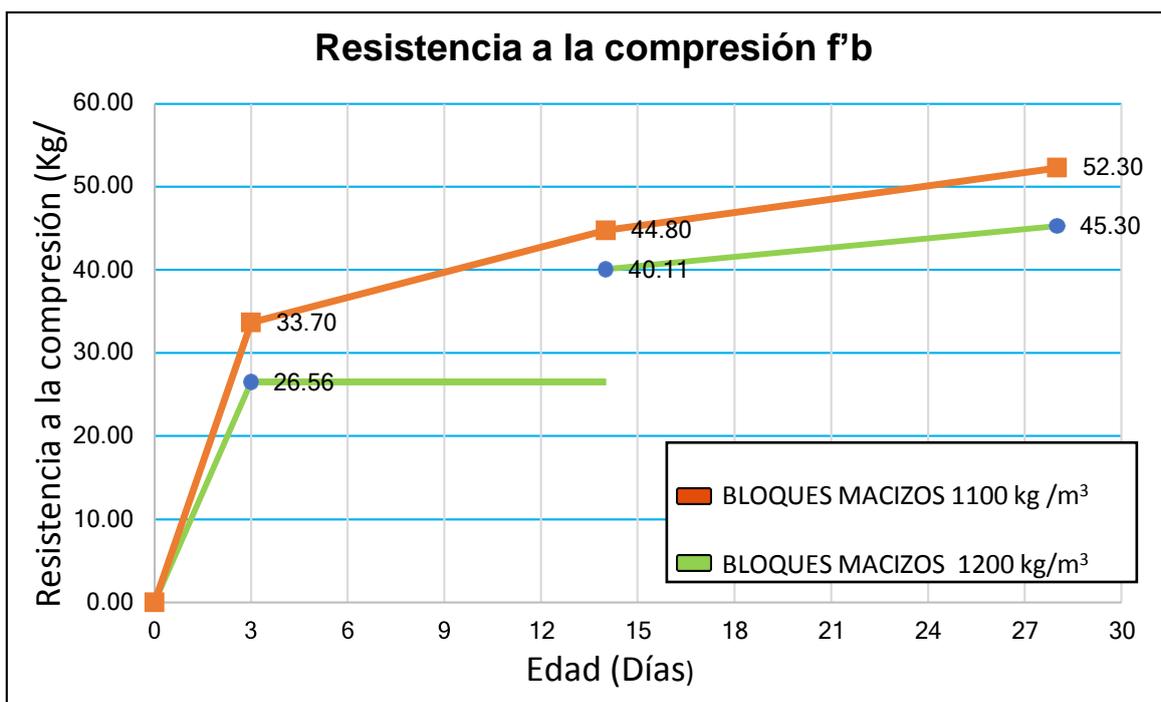


Gráfico 7. Resistencia promedio del bloque macizo de 1200 y 1100 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días.

Densidad vs Resistencia

En la tabla 32 podemos ver los promedios obtenidos con respecto a la densidad y su resistencia de los bloques que han sido analizados en el laboratorio, que plasmado en el gráfico 6 por medio de barras dándonos un promedio en total de 1100 kg/cm².

Tabla 36

Cuadro de promedios de la densidad obtenida en el laboratorio.

Resistencia promedio (kg/cm ²)	Densidad obtenida promedio (kg/m ³)
B.M. – 26.56	1211
B.M. – 40.11	1176
B.M. – 45.30	1197
B.M – 33.70	1082
B.M – 44.80	1095
B.M – 52.30	1103

Fuente: MTL Geotecnia S.A.C.

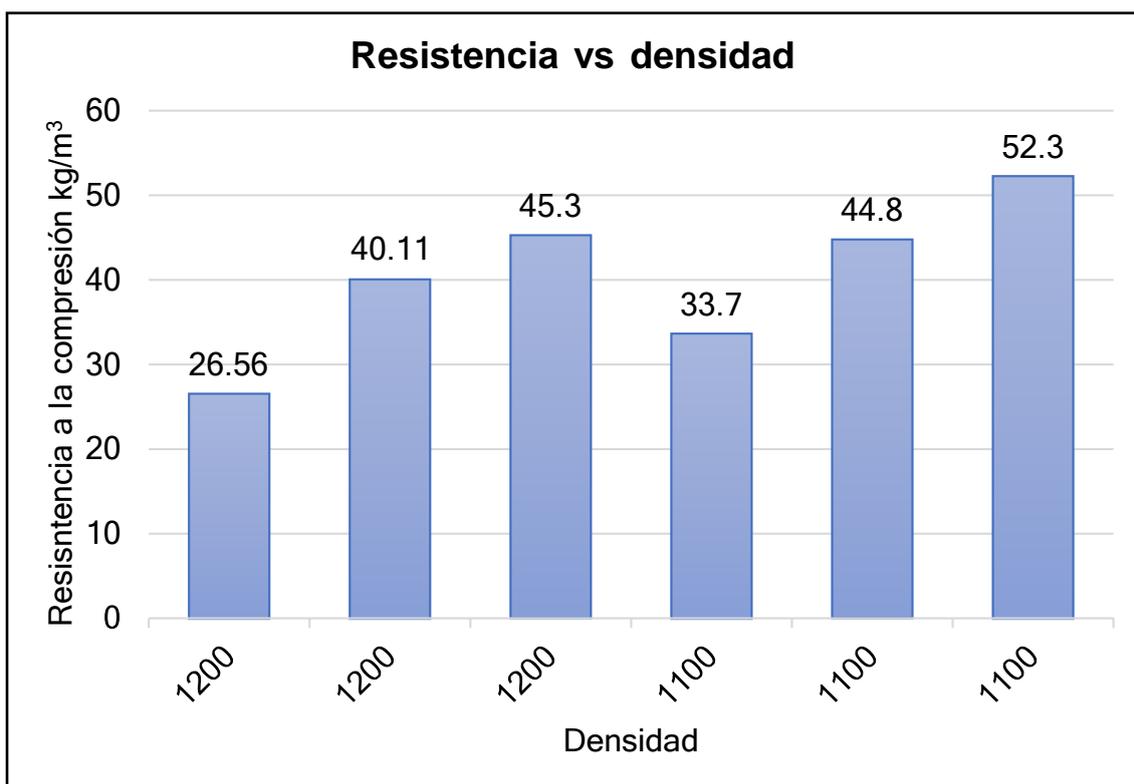


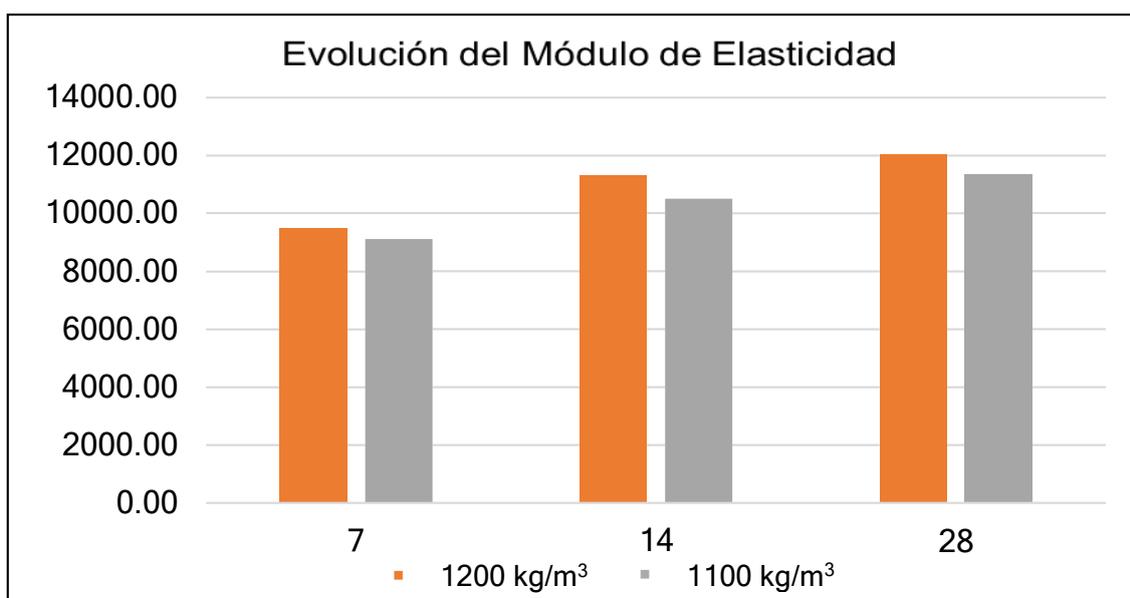
Gráfico 8. Densidad vs resistencia promedio de los bloques estudiados.

Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad es la propiedad mecánica con la que cuenta cualquier material, su estudio se encuentra estrechamente relacionado con los esfuerzos a los que son sometidos y las deformaciones que se suscitan (ver gráfico 7), pues esto influye en gran medida tanto a la rigidez como al grado de deflexión del elemento diseñado con este material, es así que en la tabla 36 se presentan los resultados del módulo de elasticidad, los mismo que fueron desarrollados con los esfuerzos a la compresión como bloques, en donde se puede notar teóricamente que al disminuir gradualmente la densidad de diseño, el módulo de elasticidad se vio incrementado ligeramente en el concreto celular.

Tabla 37*Módulo de elasticidad del concreto celular.*

Guía ACI 318S			
Densidad de diseño	Edad (Días)	Resistencia a la compresión (kg / cm ²)	Módulo de elasticidad (kg / cm ²)
1200 kg/m ³	7	26.6	9475.31
	14	40.1	11319.12
	28	45.3	12030.66
1100 kg/m ³	7	33.7	9106.93
	14	44.8	10500.21
	28	52.3	11345.09

Fuente: Consultado en la guía ACI-318S.**Gráfico 9.** Resistencia promedio del módulo de elasticidad.

Resistencia en pila f'm

Guiados por la NTP 399.605/E.070, se establece la manera de cómo se debe realizar el ensayo de pila para unidades de albañilería. Las pruebas se hicieron de acuerdo a la norma y los resultados podemos observarlo en la tabla 33, así como también podemos observar cómo se realizó el ensayo en la figura 21.

Tabla 38

Resultados de pilas de concreto celular con 15% de humo de sílice.

Identificación	h (cm)	e (cm)	Relación h/e	Ab (cm ²)	P (kg)	f'm	f'm corregido (kg/cm ²)
PI - 001	60.2	14.0	4.30	546	27518.0	50.4	48.9
PI - 002	60.1	14.0	4.29	546	26326.0	48.2	46.8
PI - 003	60.1	14.0	4.29	546	26918.0	49.3	47.8
Promedio							47.8

Fuente: MTL Geotecnia S.A.C.



Figura 21. Rotura de pila.

Resistencia en murete V'm

La norma ASTM E519 / NTP 399.621 nos indica la resistencia mínima que debe alcanzar un murete y el procedimiento de cómo se debe calcular cumpliendo los parámetros, el murete cuenta con una altura de 60 cm y de ancho 60 cm que será sometido a fuerza diagonal (ver figura 22), los resultados se visualizan en la tabla 34.

Tabla 39

Resultados de los muretes de concreto celular con 15% de humo de sílice.

Identificación	Edad (días)	Largo de murete (mm)	Altura de murete (mm)	Espesor de murete (mm)	Fuerza máxima (kg)	Fuerza máxima (N)	Área bruta (mm ²)	Esfuerzo V'm	
								MPa	kg/cm ²
MT-01	28	602.5	602.8	140.1	8924	87514.4	84431.3	0.73	7.5
MT-02	28	601.9	601.6	140.1	8819	86484.8	84305.2	0.73	7.4
MT-03	28	601.5	601.4	140.1	8589	84263.1	84263.1	0.71	7.2
Promedio								7.4 kg/cm ²	

Fuente: MTL Geotecnia S.A.C.



Figura 22. *Generando presión al murete.*

Comparación de resultados obtenidos

Se compara los promedios de los resultados obtenidos en el laboratorio (ver tabla 35) para adaptarlo a la Norma E.070 de albañilería (ver tabla 36) ya que no se cuenta con unos estándares de resistencia para el concreto celular por ser un material novedoso.

Tabla 40*Promedios de resultados obtenidos en laboratorio.*

Promedios	
Unidad	52.3 kg/cm ²
Pilas	47.8 kg/cm ²
Muretes	7.4 kg/cm ²

Fuente: MTL Geotecnia S.A.C.**Tabla 41***Tabla de resistencia mínima que debe cumplir las unidades de albañilería.*

Resistencias características de la albañilería MPa (kg / cm ²)				
Materia	Denominación	Unidad	Pilas	Muretes
Prima		f'b	f'm	V'm
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5.1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8.1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9.2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9.7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9.7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9.2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8.6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9.2)
		7,3 (74)	9,3 (95)	1,0 (9.7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10.9)

Fuente: Norma E.070 de albañilería.**Aislamiento térmico**

La norma establecida por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, IEEE 442 - 2017 establece el ensayo de conductividad térmica de suelos y agregados para concreto, en conjunto con la norma ASTM D75 que establece los procedimientos para la obtención de datos a través de un equipo portátil (ver figura 21), pudiéndose observar dichos resultados en la tabla 33, 34 y 35.

Tabla 42*Resultados de conductividad y resistencia térmica de un bloque macizo – 04.*

Bloque macizo 04				
Tipo	Unidad	P. central	L. izquierdo	L. derecho
Temperatura	°C	21.00	20.70	20.90
Conductividad Térmica	W/mK	0.192	0.266	0.268
Resistencia Térmica	mK/W	5.180	3.757	3.726

Fuente: F&A Geingeniería S.A.C.**Tabla 43***Resultados de conductividad y resistencia térmica de un bloque macizo – 05.*

Bloque macizo 05				
Tipo	Unidad	P. central	L. izquierdo	L. derecho
Temperatura	°C	21.00	20.70	20.90
Conductividad Térmica	W/mK	0.192	0.266	0.268
Resistencia Térmica	mK/W	5.180	3.757	3.726

Fuente: F&A Geingeniería S.A.C.**Tabla 44***Resultados de conductividad y resistencia térmica de un bloque macizo – 06.*

Bloque macizo 06				
Tipo	Unidad	P. central	L. izquierdo	L. derecho
Temperatura	°C	21.00	20.70	20.90
Conductividad Térmica	W/mK	0.192	0.266	0.268
Resistencia Térmica	mK/W	5.180	3.757	3.726

Fuente: F&A Geingeniería S.A.C.



Figura 23. *Recolección de datos térmicos.*

Promedio de conductividad térmica

Se comprueba, el promedio de los tres bloques ensayados en el laboratorio y comparamos si estamos dentro del rango establecido en el cuadro de la lista de materiales térmicos a temperatura ambiente, demostrando que los bloques de concreto celular poseen aislamientos térmicos gracias a su composición interna producidos por el aire atrapado en las burbujas en su interior.

Tabla 45

Promedio de conductividad térmica de 3 bloques macizos.

BLOQUE CD. 04, 05, 06					
Tipo	Unidad	Posición Central	Lado Izquierdo	Lado Derecho	Promedio
Temperatura	C°	20.93	20.10	20.00	20.3
Conductividad Térmica	W/m.K	0.23	0.26	0.27	0.250
Resistencia Térmica	m2.K/W	4.43	3.88	3.76	4.024

Fuente: F & A Geingeniería S.A.C.

Tabla 46*Conductividad térmica en seco del concreto celular a intemperie.*

Oven-dry density, lb/ft ³ (kg/m ³)	Thermal conductivity k	
	Btu/h.ft ² (°Fin.)	W/(m.K)
50 (800)	1.3	0.200
65 (1080)	2.1	0.300
80 (1280)	2.8	0.400
95 (1520)	4.0	0.570
110 (1760)	5.4	0.770

Fuente: American Concrete Institute 513.3r-14. Guía para concreto celular sobre los 800 kg/m³.

Aislamiento acústico

El propósito de esta prueba es caracterizar el aislamiento de acústico del concreto, bajo lo establecido por la norma ASTM E2611-19. Del cual consta del uso de cuatro micrófonos y un sistema de análisis de frecuencia transmitida a través del elemento, ver figura (22 y 23) para así medir la pérdida de transmisión incidencia y otras propiedades acústicas importantes en la determinación de la matriz de transferencia acústica, no obstante, se obtuvo como resultado promedio de 22.1 db (ver tabla 37), en una muestra de 10 cm de largo.

Tabla 47*Resultados del aislamiento acústico en el concreto celular.*

MUESTRAS			
M - 01 al 15% de H.S densidad: 1100 kg/m³			
Nivel de frecuencia (Hz)	Nivel de ruido de ingreso (db)	Nivel de ruido de salida (db)	Diferencia del ruido (db)
50 Hz	72.3 db	64.7 db	17.6 db
75 Hz	85.7 db	62.1 db	23.6 db
100 Hz	94.8 db	72.4 db	22.4 db
150 Hz	99.4 db	73.6 db	25.8 db
200 Hz	109.2 db	87.9 db	21.3 db
Promedio de la diferencia en decibeles			22.1 db

Fuente: MTL Geotecnia S.A.C.



Figura 24. *Medida de muestra.*



Figura 25. *Prueba acústica*

V. DISCUSIÓN

Efectuar un exhaustivo análisis de las propiedades físicas como químicas de los materiales, según lo especifica Jigoro Arapa, en su tesis “Análisis y diseño comparativo de concreto celular usando espuma de poliestireno y agente espumante”, así mismo respaldándonos de las normas actualizadas donde definen y aclaran precisando las limitaciones y los procesos de prueba en el laboratorio garantizando la confiabilidad y certeza de los resultados a obtener, del cual enfatizamos y tomamos encarecidamente lo estipulado.

Por otra parte, viendo el tema económico, Ángel Sarango en su tesis “Comparación y elaboración de un bloque celular mediante la adición de polvo de aluminio y peróxido de hidrogeno con un bloque convencional” afirma que los bloques de concreto celular son rentables económicamente ya que reduce el costo a un 3% en su precio frente a bloques convencionales; lo cual dicha afirmación es refutada con este estudio, ya que, al realizar el gasto económico en la elaboración de los bloques, se ha visto que su costo aumenta aproximadamente al 70% del bloque convencional, pero que al momento de su aplicación y su utilidad reduce mucho el valor económico reduciendo gastos en tarrajes y empastados e impermeabilizantes, por otro lado también sumado a ello, equipos de climatización artificial.

Debido a que el concreto celular, cada vez mas presenta mayor presencia en el sector construcción, en gran parte de Europa y Estados Unidos, también comienza hacerse notar en latinoamerica, debido a las propiedades y beneficios que representa su empleación,,ya que hacemos incapie a la posible incorporación que dará uso de este material en el país, no obstante en esta investigación hemos realizado comparativas con la E - 070 y E - 080, debido a que no existe una norma vigente que especifique su uso y aplicación

También, en preciso citar a Ma Cong y Chen Bing, quienes en su artículo científico “Propiedades de un hormigón celular con relleno de tierra”, testifican

que, la composición química y características de los materiales a utilizar en el diseño de mezcla debe ser detallada, ya que, actualmente no cuenta con un proceso normado y debido a ello se adaptó a la norma ACI 523.3R -14 “Guía para concreto celular con densidad superior a 800kg/m^3 ”, bajo este salvoconducto se tomó como referencia el diseño de mezcla del artículo científico realizando dos diseños de mezcla de concreto celular con densidades de 1200 kg/m^3 y 1100 kg/m^3 , diseños que se sometieron a ensayos de laboratorio en estado endurecido, para obtener un bloque que pueda soportar grandes cargas aplicando humo de sílice en su composición, fabricados en moldes de $39\text{ cm} \times 19\text{ cm} \times 14\text{ cm}$ para bloques macizos logrando alcanzar una resistencia a la compresión simple promedio de 52.30 kg/cm^2 en bloques macizo a los 28 días de edad con densidad de 1100 kg/m^3 . Siendo este el mejor resultado de los dos diseños de mezclas realizados con una relación agua — cemento de 0.40 y una aplicación de humo de sílice de 15% con respecto al cemento.

Con el diseño de mezcla óptima obtenida para la elaboración de bloques de concreto celular con aplicación de humo de sílice, se procedió con la producción de los bloques, para posteriormente realizar los ensayos de laboratorio con respecto al aislamiento acústico obteniendo un resultado promedio de 22.1 db de amortiguamiento acústico siendo respaldado por la norma ASTM E2611-19. Seguido a esto se procedió a realizar el ensayo de aislamiento térmico teniendo como resultado promedio de 0.250 W/m.k , encontrándonos en el rango establecido por la norma IEEE 442 — 2017 y ASTM D75 que está entre 0.230 W/m.k y 0.330 W/m.k para materiales de térmicos a temperatura ambiente.

VI. CONCLUSIONES

✓ C.G Se analizó los efectos más importantes de las propiedades mecánicas y físicas del bloque macizo (14x19x39 cm). Determinándolo a través de ensayos a compresión, lo cual resultó a modo satisfactorio, debido a que el diseño B con densidad de 1100 kg/m³ con una relación a/c de 0.40, sobrepasó los requerimientos mínimos dados por el RNE-E.070 para bloques portantes llegando a alcanzar una resistencia máxima de 52.3 kg/cm² superando por un 5% lo requerido por el RNE E.070, mientras el diseño A de 1200 kg/m³ con una relación a/c de 0.56, alcanzando una resistencia máxima a los 28 días de 45.3 kg/cm². siendo menor al 15.5%, respecto al Diseño B, así también se puede inducir que la densidad se encuentra ligada a la resistencia mecánica del elemento, tanto como la relación agua cemento y la cantidad del agregado fino en la mezcla, del cual cumple y aporta resistencia en el diseño de mezcla. Por otra parte, las proporciones del cemento influenciaron en los aislamientos acústicos y térmicos en las muestras de concretos celulares con la aplicación del SF al 15 y 20%.

✓ C.E1. Se determinó las propiedades de aislamiento térmico, Mediante 3 muestras de CCL, ensayadas a conducción térmica, bajo lo establecido por el IEEE 442-17, en conjunto con la norma ASTM D75, estableciendo un valor de 0.250 w/mk ± 1.27%, lo cual difiere hasta un 20% menor, respecto a lo propuesto por la normativa ACI523.3R, siendo afectado levemente por las principales materias primas que se utilizaron en el diseño B, debido a que la guía no lo específica, mas solo aplica a un CCL del tipo convencional.

✓.La prueba acústica fue realizada bajo el método de matriz por transferencia frecuencial basado en materiales porosos, ASTM E2611 — 19, obteniendo como resultado 22.1 db para una muestra de 10 cm, lo que en muro portante o divisorio de 15 cm a base de CCL será de 30 db, lo cual detalla el manual del fabricante Blotek Perú, por debajo del 33.3 %, que mientras mayor sea la densidad del CCL, el comportamiento térmico - acústico se verán afectados al incluir el humo de sílice al 15% y SP al 5 % del cemento.

✓ C.E2 .Se evaluó la influencia del aditivo expansor Foamin C , diluyendo 6 lt en 100 lt de agua, de la forma en que aporta mayor resistencia a nivel molecular, permitiendo que las microesferas producidas a base de espuma, cierren y aíslen su sistema interconectado, a la misma vez , dicho aditivo acelera el tiempo de fraguado, aportando mayor trabajabilidad e incremento en cuestión de la producción, mientras que la micro sílice se utiliza en la adición de concretos de alta resistencia, tomándolo como referencia según lo estipula los autores Ma Cong y Cheng Bing, en 15 y 20 % del SF, del cual se empleó en el diseño A y B, dando en este último mejores resultados, como unidad de albañilería.

✓ Finalmente se sometió a los bloques a ensayos de resistencia axial de la albañilería (pilas), $f'm$ igual a 47.8 kg/cm² del cual se mantuvo 35.4% por debajo de la capacidad del bloque p, y mayor al 27% comparado con los ladrillos artesanales tipo i, mientras que el $V'm$ (murete) promedio fue de 7.4 kg/cm² manteniéndose 14% menos, del bloque tipo P, así mismo fue mayor al I artesanal hasta por un 31.2%, establecido en la RNE E-070.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda usar el agregado fino sin humedad, limpio de impurezas para obtener mejores resultados en la elaboración de la mezcla y posteriormente a ello evitar la ruptura de las burbujas durante el mezclado.
2. Para realizar la elaboración de los bloques, siempre se tiene que contar con las medidas exactas en los moldes para que no ocurra ningún tipo de desperfecto al momento de realizar los estudios a los bloques en el laboratorio y pueda ser todo uniforme.
3. Se recomienda realizar la fabricación de los bloques y almacenarlos, en lugares frescos y recubiertos con stretch film, evitando la manipulación innecesaria que pueda provocar alteraciones durante los ensayos.
4. Contar con un especialista o encargado para realizar los ensayos en el laboratorio para la manipulación de los equipos a ensayar, seguido a ello siempre tener los implementos de seguridad como: casco, lentes, chaleco, guantes etc.
5. Para conseguir los resultados adquiridos se tiene que respaldar con normas legales y específicas, ya que cada ensayo está dichosamente evaluado por las siguientes entidades: ASTM, NTP, IEEE y ACI, para ello se debe tener un exhaustivo conocimiento de la realización para cada ensayo y como representar, los resultados obtenidos.
6. Se recomienda aplicar SF al 20%, en mezclas de CCL con densidades mayores a 1000 kg/m³ ya que si varía la relación a/c 0.40, se obtendrán mejores resultados, que al utilizado en el diseño A, en esta tesis del cual

se considero inicialmente a 0.56 de la razón a/c, su aplicación queda expuesta como precedente a futuras investigaciones.

7. Se recomienda investigar las características de la resistencia contra el fuego directo respecto a estos materiales, realizar un estudio comparativo de cómo afecta en la resistencia la densidad de la espuma generada por el agente espumante que va desde 60 — 80 gr/Lt.
8. Siempre ver el lado positivo para todos los resultados; ya que, si se llegara o no al objetivo, se puede resaltar las cualidades de estos bloques en su aplicación, respecto al tipo convencional. Y de esta manera abrir camino a nuevas investigaciones para el uso del concreto celular.

REFERENCIAS

1. Amasifuén Polo, H. M. (2018). *“Diseño De Bloques De Concreto Ligero Con La Aplicación De Perlas De Poliestireno, Distrito De Tarapoto, San Martín – 2018”*.
2. American Society of Testing Materials, ASTM (2007). Método de ensayo estándar para determinar la densidad en masa (peso unitario) e índice de huecos en los agregados. ASTM C29. EE.UU.
3. American Society of Testing Materials, ASTM (2004). Método estándar de ensayo para medir el contenido total de humeado en agregados mediante secado. ASTM C566. EE.UU.
4. ARAPA, Eugenio. Análisis y diseño comparativo de concreto celular usando espuma de poliestireno y agente espumante. (Tesis de pregrado). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Perú. 2016.
5. Cámara Peruana de la Construcción, CAPECO (2014). Costos y Presupuestos. Lima – Perú.
6. Lazo Araya, J. (2017). *Diseño de concreto celular para diferentes densidades, análisis de sus propiedades y sus aplicaciones*.
7. Ma, Cong y Cheng, Bing. (2015). Propiedades de un hormigón celular con relleno de tierra.
8. Norma Técnica Peruana, NTP (2006): Requisitos de calidad del agua para el concreto. NTP 339.088. 2° Edición. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI. Lima - Perú.
9. Norma Técnica Peruana, NTP (2002): Unidades de albañilería - Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto. NTP 399.604. 1° Edición. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI. Lima - Perú.
10. Norma Técnica Peruana, NTP (2005): Unidades de albañilería - Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. NTP 399.613. 1° Edición. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI. Lima - Perú.

11. Norma Técnica Peruana, NTP (1999). Agregados - Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. NTP 400.017. 2° Edición. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI. Lima - Perú.
12. Norma Técnica Peruana, NTP (2014). Agregados - Especificaciones normalizadas para agregados en el concreto. NTP 400.037. 3° Edición. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI. Lima – Perú.
13. Panesar, D. K. (2013). Propiedades del hormigón celular y el efecto de los agentes espumantes sintéticos y proteicos.
14. Raj, D. Sathyan y KM. Mini. (2019). Características físicas y funcionales del hormigón celular: una revisión.
15. Peña Sterling, C. I. (2001). Hormigón celular con la utilización de materias locales.
16. UNICON (2017). Manual de Instalación: Muros de tabiquería con bloques de concreto King Block UNICON. Perú.
17. Zamora Terrones, L. P. (2015). *Diseño de un bloque de concreto celular y su aplicación como unidad de albañilería no estructural.*

ANEXOS

ANEXOS 1.

MEMORIA DE CÁLCULO

Módulo de finura del agregado fino (ASTM C136)

$$\text{Módulo de finura (\%)} = \frac{N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

$$\text{Módulo de finura (\%)} = \frac{0.4 + 0.7 + 11.9 + 88.4}{100}$$

$$\text{Módulo de finura (\%)} = \frac{101.4}{100} = 0.934$$

□ Material más fino que pasa la malla N° 200 (NTP 400.018)

$$\text{Porcentaje que pasa (\%)} = 100 \times \frac{A-B}{A}$$

$$\text{Porcentaje que pasa (\%)} = 100 \times \frac{536-524}{300}$$

$$\text{Porcentaje que pasa (\%)} = 2.24 \%$$

Donde:

A : Peso inicial Húmedo (gr)

B: Peso inicial Seco (gr)

Peso específico y absorción (NTP 400.022)/(ASTM C128)

-Cálculo del Peso Específico de la Masa.

$$Pe_m = Wo/(V - Va)$$

$$Pe_m = \frac{490.85}{(497.5-310.9)}$$

$$Pe_m = 2.6248 \approx 2.62 \text{ gr/cc}$$

Donde:

Pe_m : Peso específico de la masa.

W_o : Peso de la Arena Secada al

Horno. V : Volumen de la fiola.

V_a : Peso del agua.

- Cálculo del Peso Específico de la Masa Superficialmente Seca

$$Pe_{SSS} = \frac{500}{(V-V_a)}$$

$$Pe_{SSS} = \frac{500}{(497.9 - 310.9)}$$

$$Pe_{SSS} = 2.67379 \approx 2.67 \text{ gr/cc}$$

Donde:

Pe_{SSS} : Peso Específico de la Masa

Superficialmente Seca. V : Volumen de la fiola.

V_a : Peso del agua.

- Cálculo del Peso Específico Aparente

$$Pe_a = \frac{W_o}{(V-V_a) - (500-W_o)}$$

$$Pe_a = \frac{490.85}{(497.9-310.9) - (500-490.85)}$$

$$Pea = 2.75991 \approx 2.76 \text{ gr/cc}$$

Donde:

W_o : Peso de la Arena Secada al

Horno. V : Volumen de la fiola.

V_a : Peso del agua.

- Cálculo del Porcentaje de Absorción

$$Ab = \left(\frac{(500 - W_o)}{W_o} \times 100 \right)$$

$$Ab = \frac{500 - 490.85}{490.85} \times 100$$

$$Ab = 1.86411 \approx 1.86 \%$$

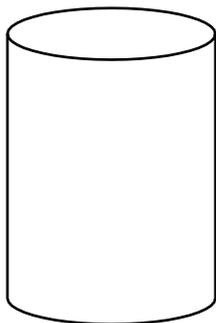
Donde:

Ab : Porcentaje de absorción.

W_o : Peso de la Arena Secada al Horno.

□ PESO UNITARIO (NTP 400.017) /(ASTM C29)

a. Peso Unitario Suelto (P.U.S)



Volumen del

molde Altura: 15.5

cm

Diámetro: 14.5 cm

Peso: 2363 g

Volumen: 2760 g/cc

- Muestra N° 1

- a. Peso del Material

$$\text{Peso del material} = 6425 - 2363$$

$$\text{Peso del material} = 4062 \approx 4.062 \text{ k g}$$

b. Peso Unitario

$$\text{Peso Unitario} = \frac{4.062}{0.00276}$$

$$\text{Peso Unitario} = 1471.7391 \approx 1472 \text{ kg/m}^3$$

- Muestra N.º 2

a. Peso del Material

$$\text{Peso del material} = 6408 - 2363$$

$$\text{Peso del material} = 4045 \approx 4.045 \text{ kg}$$

B. Peso Unitario

$$\text{Peso Unitario} = \frac{4.045}{0.00276}$$

$$\text{Peso Unitario} = 1465.942 \approx 1466 \text{ kg /m}^3$$

- Muestra N.º 3

- a. Peso del Material

$$\text{Peso del material} = 6439 - 2363$$

$$\text{Peso del material} = 4076 \approx$$

$$4.076 \text{ kg}$$

c. Peso Unitario

$$\text{Peso Unitario} = \frac{4.20}{0.00276}$$

$$\text{Peso Unitario} = 1476.8115 \approx 1477 \text{ kg/m}^3$$

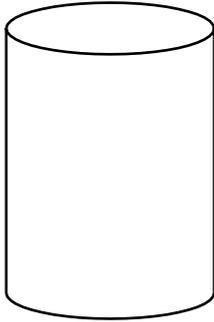
Por lo tanto, el promedio del Peso Unitario Suelto del suelo es igual al promedio de las muestras N.º 1, N.º 2 y N.º 3.

$$\text{Peso Unitario Suelto} = \frac{1471.73 + 1465.942 + 1476.81}{3}$$

$$\text{Peso Unitario} = 1471.49 \text{ kg m}^3$$

b. Peso Unitario Compactado (P.U.C)

- Volumen del molde



Altura: 15.5 cm

Diámetro: 14.5 cm

Peso: 2363 g

Volumen: 2760 g/cc

- Muestra N° 1

c. Peso del Material

$$\text{Peso del material} = 7308 - 2363$$

$$\text{Peso del material} = 4945 \approx$$

$$4.945 \text{ kg}$$

d. Peso Unitario

$$\text{Peso Unitario} = \frac{4.945}{0.00276}$$

$$\text{Peso Unitario} = 1791.6667 \approx 1792 \text{ kg/m}^3$$

- Muestra N° 2

c. Peso del Material

$$\text{Peso del material} = 7301 - 2363$$

$$\text{Peso del material} = 4938 \approx$$

$$4.938 \text{ kg}$$

d. Peso Unitario

$$\text{Peso Unitario} = \frac{4.938}{0.00276}$$

$$\text{Peso Unitario} = 1789.1304 \approx 1789.1 \text{ kg/m}^3$$

- Muestra N° 3

- a. Peso del Material

$$\text{Peso del material} = 7286 - 2363$$

$$\text{Peso del material} = 4923 \approx$$

$$4.923 \text{ kg}$$

d. Peso Unitario

$$\text{Peso Unitario} = \frac{4.923}{0.00276}$$

$$\text{Peso Unitario} = 1783.6956 \approx 1784 \text{ kg/m}^3$$

Por lo tanto, el promedio del Peso Unitario Compactado del suelo es igual al promedio de las muestras N° 1, N° 2 y N° 3.

$$\text{Peso Unitario Suelto Compactado} = \frac{1791.66 + 1789.13 + 1783.69}{3}$$

$$\text{Peso Unitario} = 1788.16 \text{ kg/m}^3$$

DISEÑO A

Datos preliminares para el diseño de concreto con densidad 1200 kg/m³.

Datos preliminares		Cant.	Unid.
Densidad de diseño	Ye	1200	Kg/m ³
Densidad del humo de sílice	Yh	0.65	g/cc
Densidad del concreto fresco	Yf	1280	kg/m ³
Peso específico del agua	Yw	0.9997	g/cc
Peso específico del cemento	Yc	3.12	g/cc
Peso específico de la arena	Yss	2.62	g/cc
Humedad natural	W	2.3	%
Absorción	Ab	1.9	%
Relación agua/cemento (a/c)	a/c	0.56	

Fuente: MTL Geotecnia S.A.C.

1. Resistencia a la compresión esperada para concreto celular con densidad mayor a 800 kg/m³. (ACI 525.3R - 14)

$$F'c = 49 \times e^{0.035 \times (\gamma e)}$$

$$\gamma e = 1200 \text{ kg/m}^3 (74.91 \text{ lb/ft}^3)$$

$$F'c = 49 \times e^{0.035 \times (74.91)}$$

$$F'c = 674 \text{ psi} \approx 47.38 \text{ kg/cm}^2$$

2. Relación agua – cemento

$$\frac{a}{c} = 0.56 \text{ Adimensional}$$

3. Relación de agregado fino - cemento

$$\frac{af}{c} = \frac{\gamma_f - 673}{345}$$

$$\frac{af}{c} = \frac{1280 - 673}{345} = 1.7594$$

4. Densidad del concreto ligero endurecido

$$\gamma_s = \gamma_f - 122$$

$$\gamma_s = 1280 - 122 = 1158 \text{ kg/m}^3$$

5. Cantidad de cemento

$$c = \frac{\gamma_f}{1 + \frac{a}{c} + \frac{af}{c}}$$

$$c = \frac{1280}{1 + 0.56 + 1.76} = 385.542 \text{ kg/m}^3$$

6. Cantidad de agregado fino

$$\frac{af}{c} = 1.76$$

$$\frac{af}{385.542} = 1.76 ; af = 678.554 \text{ lt/m}^3$$

7. Cantidad de agua

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

$$\frac{a}{385.543} = 0.56 ; a = 215.9 \text{ lt/m}^3$$

8. Volumen de materiales

$$V_a = \frac{c}{\gamma_c \times 1000} + \frac{a}{\gamma_w} + \frac{af}{\gamma_{ss} \times 1000}$$

$$V_a = \frac{385.542}{3.15 \times 1000} + \frac{215.9}{999.7} + \frac{678.554}{2.54 \times 1000} = 0.6055 \text{ m}^3$$

9. Volumen de aire necesario por unidad volumétrica de concreto

$$A_v = 1 - V_a$$

$$A_v = 1 - 0.6055 = 0.3944937 \text{ m}^3$$

10. Peso del aditivo espumante

$$W_p = A_v \times \gamma \rho_e$$

$$W_p = 0.3944937 \times 62 = 25.248 \text{ lt/m}^3$$

11. Reajuste del agua de diseño por contenido de humedad

11.1 Agua en el agregado fino

$$Aa = af \times \left(\frac{w - Ab}{100} \right)$$

$$Aa = 678.554 \times \left(\frac{2.3 - 1.9}{100} \right)$$

$$Aa = 2.72 \text{ kg/m}^3$$

11.2 Agua final de la mezcla

$$Am = a - Aa$$

$$Am = 215.9 - 2.72$$

$$Am = 213.18 \text{ kg/m}^3$$

12. Cantidad de agregado fino

$$Ac = af + Aa$$

$$Ac = 678.554 + 2.72$$

$$Ac = 681.274 \text{ kg/m}^3$$

13. Resumen de proporciones por metro cúbico.

Cemento : 385.542 kg/m³

Agua : 213.18 Lt/m³

Agregado fino : 681.274 kg/m³

Aditivo espumante : 24.46 kg/m³

14. Tabla comparativa del cálculo teórico y lo aplicado en la tanda N° 01, Alcanzando 1200 kg/m³ como peso unitario del CCL. Al 54 % En proporción al Diseño propuesto.

	DISEÑO ACI 513.14			
	Calculado	MTL. PROPUESTA	1200 KG/M3	
Cemento	385.542	324	498.96	Cemento
Agua	213.18	172	264.88	Agua
Arena Fina	681.274	186	286.44	Arena Fina
A.E	24.46	76	117.04	S.F
	1279.97	3.8	5.852	S.P
		15.89	24.46	A.E
		777.68	1185.6	

DISEÑO B

Datos preliminares para el diseño de concreto con densidad 1100 kg/m³.

Datos preliminares		Cant.	Unid.
Densidad de diseño	Ye	1100	Kg/m ³
Densidad del humo de sílice	Yh	0.65	g/cc
Densidad del concreto fresco	Yf	1150	kg/m ³
Peso específico del agua	Yw	0.9997	g/cc
Peso específico del cemento	Yc	3.12	g/cc
Peso específico de la arena	Yss	2.62	g/cc
Humedad natural	W	2.3	%
Absorción	Ab	1.9	%
Relación agua/cemento (a/c)	a/c	0.40	

Fuente: MTL Geotecnia S.A.C.

1. Resistencia a la compresión esperada para concreto celular con densidad mayor a 800 kg/m³. (ACI 525.3R - 14)

$$F'c = 49 \times e \text{ o } 0.035 \times (\gamma_e) \quad \gamma_e = 1100 \text{ kg/m}^3 \text{ (68.67 lb/ft}^3\text{)}$$

$$F'c = 49 \times e \text{ o } 0.035 \times (68.67)$$

$$F'c = 542 \text{ psi} \approx 38.10 \text{ kg/cm}^2$$

2. Relación agua – cemento

$$\frac{a}{c} = 0.40 \text{ Adimensional}$$

3. Relación de agregado fino - cemento

$$\frac{af}{c} = \frac{\gamma_f - 673}{345}$$

$$\frac{af}{c} = \frac{1150 - 673}{345} = 1.38$$

4. Densidad del concreto ligero endurecido

$$\gamma_s = \gamma_f - 122$$

$$\gamma_s = 1150 - 122 = 1028 \text{ kg/m}^3$$

5. Cantidad de cemento

$$c = \frac{\gamma_f}{1 + \frac{a}{c} + \frac{af}{c}}$$

$$c = \frac{1150}{1 + 0.40 + 1.38} = 414 \text{ kg/m}^3$$

6. Cantidad de agregado fino

$$\frac{af}{c} = 1.38$$

$$\frac{af}{414} = 1.38 \quad ; \quad af = 571.32 \text{ lt/m}^3$$

7. Cantidad de agua

$$\frac{af}{c} = 1.82$$

$$\frac{af}{414} = 1.38 \quad ; \quad a = 165.6 \text{ lt/m}^3$$

8. Volumen de materiales

$$Va = \frac{c}{\gamma_c \times 1000} + \frac{a}{\gamma_w} + \frac{af}{\gamma_{ss} \times 1000}$$

$$Va = \frac{414}{3.15 \times 1000} + \frac{165.6}{999.7} + \frac{571.32}{\frac{2.54 \times 1000}{1000}} = 0.52201 \text{ m}^3$$

9. Volumen de aire necesario por unidad volumétrica de concreto

$$Av = 1 - Va$$

$$Av = 1 - 0.52201 = 0.477993 \text{ m}^3$$

10. Peso del aditivo espumante

$$Wp = Av \times \rho_e$$

$$Wp = 0.477993 \times 62 = 29.64 \text{ lt/m}^3$$

11. Reajuste del agua de diseño por contenido de humedad

11.1 Agua en el agregado fino

$$Aa = af \times \left(\frac{w - Ab}{100} \right)$$

$$Aa = 571.32 \times \left(\frac{2.3 - 1.9}{100} \right)$$

$$Aa = 2.285 \text{ kg/m}^3$$

11.2 Agua final de la mezcla

$$Am = a - Aa$$

$$Am = 165.6 - 2.285$$

$$Am = 163.315 \text{ kg/m}^3$$

12. Cantidad de agregado fino

$$Ac = af + Aa$$

$$Ac = 571.32 + 2.285$$

$$Ac = 573.61 \text{ kg/m}^3$$

13. Resumen de proporciones por metro cúbico.

Cemento : 414 kg/m³

Agua : 163.32 Lt/m³

Agregado fino : 573.61 kg/m³

Aditivo espumante : 29.64 kg/m³

14. Tabla comparativa del cálculo teórico y lo aplicado en la tanda N° 02, Alcanzando 1100 kg/m³ como peso unitario del CCL. Al 43.8 % En proporción al Diseño Propuesto.

DISEÑO ACI 513.14				
	Calculado	MTL. PROPUESTA	1100 KG/M3	
Cemento	414	425	611.15	Cemento
Agua	163.32	172	247.336	Agua
Arena Fina	573.61	134	192.692	Arena Fina
A.E	29.64	63.7	91.6006	S.F
	1180.5 7	5.31 3	7.640094	S.P
		20.6 8	29.64	A.E
		820. 7	1180.059	

Anexo 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Análisis de las propiedades mecánicas de un bloque de albañilería para muros portantes con concreto celular en Lima 2020”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES Y INDICADORES		METODOLOGÍA								
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable Independiente: Bloque de concreto celular		Enfoque: Cuantitativa Tipo: Aplicada Diseño: Pre - experimental Escala: La razón Población: Indeterminada Muestra: 98 bloques Muestreo: No probabilístico								
¿Cómo beneficia las propiedades mecánicas y físicas de un bloque de albañilería para muros portantes fabricado con concreto celular en Lima 2020?	Analizar los efectos de las propiedades mecánicas y físicas de un bloque de albañilería para muros portantes fabricado con concreto celular en Lima 2020.	Las propiedades mecánicas y físicas adquieren mejoras significativas en un bloque de albañilería para muros portantes fabricado con concreto celular en Lima 2020.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Dimensiones</th> <th>Indicadores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistencia del concreto celular</td> <td>- Ensayos de Compresión, apilable y tracción diagonal (kg/cm²).</td> </tr> <tr> <td>Durabilidad del concreto celular</td> <td>- Ensayo de rotura a los 7, 14 y 28 días. - Dosificación.</td> </tr> <tr> <td>Aislamiento térmico y acústico</td> <td>- Ensayos de conductividad térmica (W/m²·K) y ultrasonido (db).</td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones		Indicadores	Resistencia del concreto celular	- Ensayos de Compresión, apilable y tracción diagonal (kg/cm ²).	Durabilidad del concreto celular	- Ensayo de rotura a los 7, 14 y 28 días. - Dosificación.	Aislamiento térmico y acústico	- Ensayos de conductividad térmica (W/m ² ·K) y ultrasonido (db).	
Dimensiones	Indicadores												
Resistencia del concreto celular	- Ensayos de Compresión, apilable y tracción diagonal (kg/cm ²).												
Durabilidad del concreto celular	- Ensayo de rotura a los 7, 14 y 28 días. - Dosificación.												
Aislamiento térmico y acústico	- Ensayos de conductividad térmica (W/m ² ·K) y ultrasonido (db).												
Problema específico	Objetivo específico	Hipótesis específica	Variable Dependiente: Propiedades mecánicas										
¿Cómo beneficia el comportamiento acústico – térmico de un bloque de albañilería para muros portantes fabricado con concreto celular en Lima 2020?	Determinar el comportamiento acústico – térmico de un bloque de albañilería para muros portantes fabricado con concreto celular en Lima 2020.	Los comportamientos acústico - térmico mejora de manera significativa de un bloque de albañilería para muros portantes fabricado con concreto celular en Lima 2020.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Dimensiones</th> <th>Indicadores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Comportamiento acústico - térmico</td> <td>- Análisis Aislamiento térmico, Acústico. - Evaluación del Porcentaje de humedad.</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Comportamiento mecánico con la adición del aditivo espumante y el humo de sílice</td> <td>- 6 % de espumante en relación al agua del diseño de mezcla.</td> </tr> <tr> <td>- 20% y 15% de humo de sílice en relación al cemento.</td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones	Indicadores	Comportamiento acústico - térmico	- Análisis Aislamiento térmico, Acústico. - Evaluación del Porcentaje de humedad.	Comportamiento mecánico con la adición del aditivo espumante y el humo de sílice	- 6 % de espumante en relación al agua del diseño de mezcla.	- 20% y 15% de humo de sílice en relación al cemento.			
Dimensiones	Indicadores												
Comportamiento acústico - térmico	- Análisis Aislamiento térmico, Acústico. - Evaluación del Porcentaje de humedad.												
Comportamiento mecánico con la adición del aditivo espumante y el humo de sílice	- 6 % de espumante en relación al agua del diseño de mezcla.												
	- 20% y 15% de humo de sílice en relación al cemento.												
¿Cómo beneficia la adición del aditivo espumante y el humo de sílice en la resistencia en un bloque de albañilería para muros portantes fabricado con concreto celular en Lima 2020?	Evaluar cómo favorece la adición del aditivo espumante y el humo de sílice en la resistencia de un bloque de albañilería para muros portantes fabricado con concreto celular en Lima 2020.	La adición del aditivo espumante y el humo de sílice le favorecerá de manera significativa en la resistencia de un bloque de albañilería para muros portantes fabricado con concreto celular en Lima 2020.											

Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Bloque de concreto celular	Un bloque espumoso y aireado es por el cual más se conoce el bloque de concreto celular del cual consiste en un mampuesto muy liviano a comparación del bloque convencional, normalmente el bloque celular oscila entre 10.5 a 12.5 kg y es utilizado con destino a paredes estructurales. (A. Sarango, 2017).	Los bloques son piezas prefabricadas, que han sido elaboradas con materiales como el agua, cemento y áridos ya sea finos o gruesos, además se puede incorporar aditivos en su composición, estos no deben superar los 60cm y con ausencia de armadura. (NTP 399.602, 2002, p.13).	Resistencia del concreto celular	Ensayos de Compresión, apilable y tracción diagonal (kg/cm ²).	Razón
			Durabilidad del concreto celular	Ensayo de rotura a los 7,14 y 28 días.	Razón
				Dosificación	
			Aislamiento térmico y acústico	Ensayos de conductividad térmica (W/m ² ·K) y ultrasonido (db).	

Anexo 3: Matriz de operacionalización de variable.

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Propiedades mecánicas	Tanto la resistencia como los aislamientos son mejorados en gran proporción debido a los agentes espumantes, la adición de súper plastificante y el humo de sílice lo cual estas generan poros en la creación del concreto celular considerando como un bloque ligero y resistente al agua por su baja densidad. (M. Cong y C. Bing, 2014).	El concreto ligero ofrece propiedades térmicas que promueven ahorro de energía para el usuario, adecuadas propiedades acústicas y de resistencia al fuego, así como la reducción de cargas muertas en las estructuras, mejora el acabado de los terminados aparentes y reduce los costos asociados a la colocación (CEMEX, 2012).	Comportamiento acústico - térmico	Análisis de aislamiento térmico, acústico.	Razón
				Evaluación del porcentaje de humedad.	
			Comportamiento mecánico con la adición del aditivo espumante y el humo de sílice	6 % de espumante en relación al agua del diseño de mezcla.	Razón
				20% y 15% de humo de sílice en relación al cemento.	



Figura 26: *Empresa de Concreto celular.*



Figura 27: *Empresa BHC (Bloque de Hormigón Celular).*



Figura 28: *Maquina mezcladora.*



Figura 29: *Interior de la maquina mezcladora.*



Figura 30: *Modelo de prueba de la empresa BHC.*



Figura 31: *vaciado de materiales.*



Figura 33: Control de la maquina mezcladora.

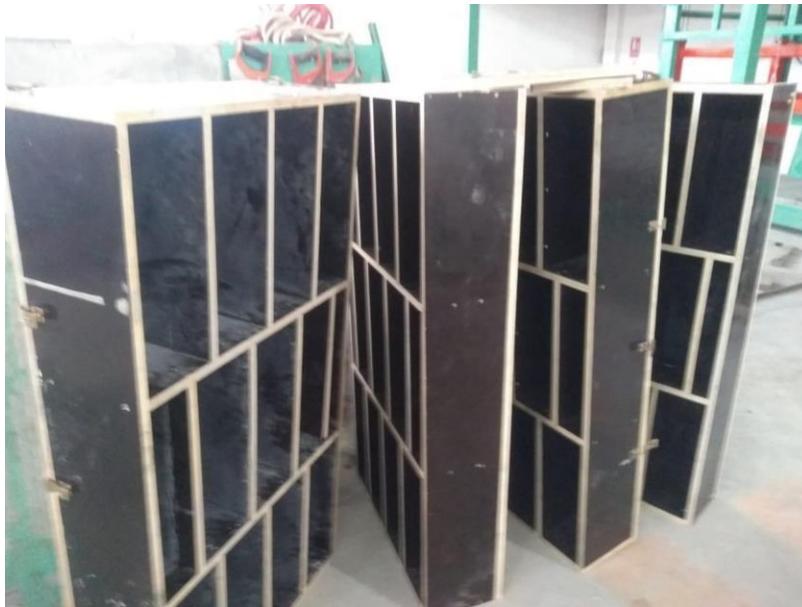


Figura 34: Moldes con madera fenólica para bloques.



Figura 35: *Colocación de desmoldante.*



Figura 36: *Medición de la densidad en concreto fresco.*



Figura 37: *Acarreo del concreto fresco.*



Figura 38: *Vaciado del concreto a los moldes.*

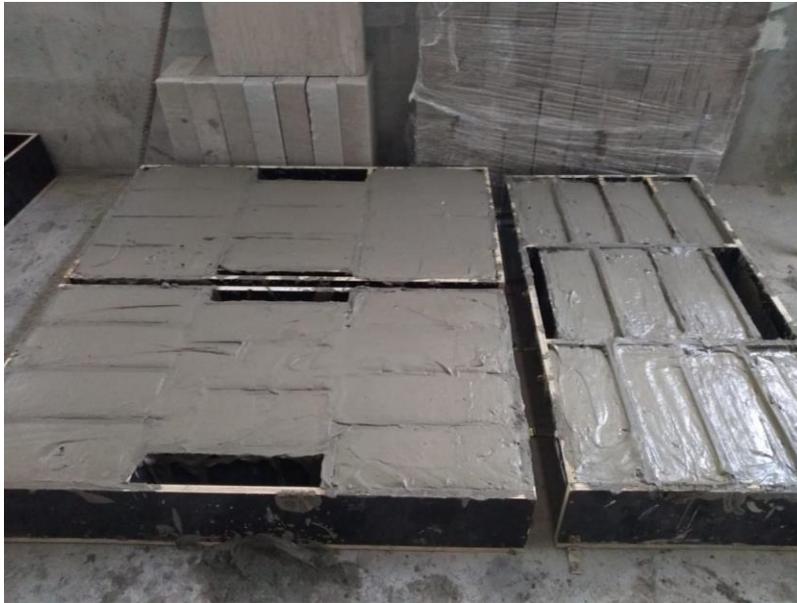


Figura 39: *Moldes de concreto macizo.*



Figura 40: *Curado de los bloques envueltos con stretch film.*



Figura 41: *Empresa MTL Geotecnia.*

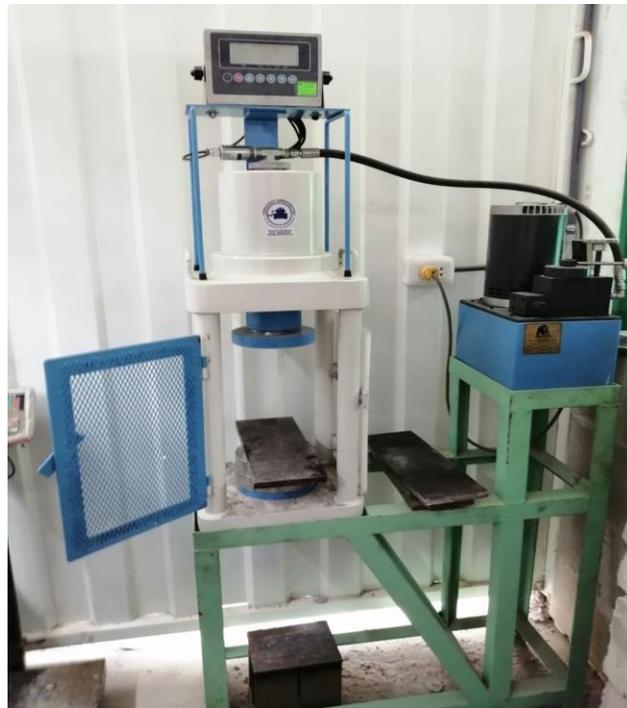


Figura 42: *Maquina para realizar ensayo a compresión.*



Figura 43: *Resultado del ensayo a compresión.*



Figura 44: *Estructura interna de los bloques macizos.*



Figura 45: *Elaboración de las pilas.*



Figura 46: *Corte de bloques macizos con sierra.*



Figura 47: *Material cortado para elaborar los muretes.*



Figura 48: *Murete de 60 x 60 cm.*

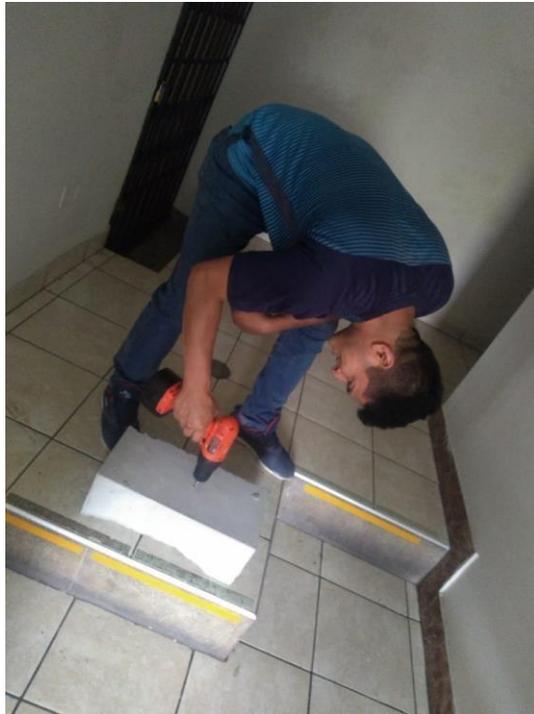


Figura 49: *Perforación de los bloques macizos.*



Figura 50: *Ensayo de resistencia térmica.*

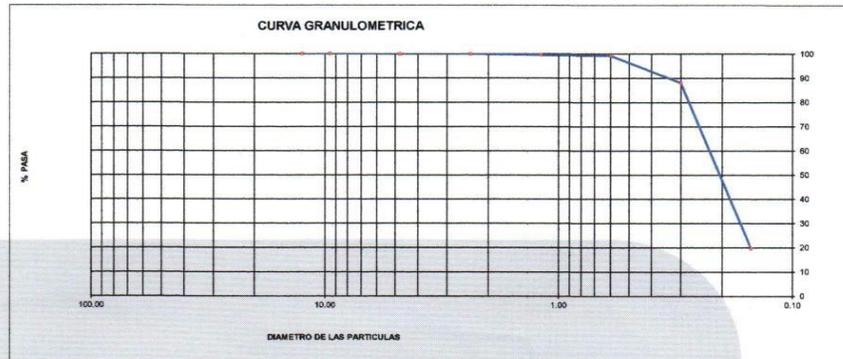
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO	Código	FOR-LTC-AG-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C136

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Huamán Quispe César Anthony / Villanueva Ore, Dany daniel
TESIS	: Análisis de las propiedades mecánicas de un bloque de albañilería para muros portantes con concreto celular en lima-2020

UBICACIÓN	: Lima	Fecha de ensayo:	17/09/2020
MATERIAL	: Arena fina	CANTERA:	SAN LAZARO
PESO INICIAL HUMEDO (g)	536.0	% W =	2.3
PESO INICIAL SECO (g)	524.0	MF =	0.93

MALLAS	ABERTURA	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES
	(mm)	(g)	(%)	Retenido	Pasa	
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº4	4.76	0.0	0.0	0.0	100.0	
Nº8	2.38	0.0	0.0	0.0	100.0	
Nº 16	1.19	2.1	0.4	0.4	99.6	
Nº 30	0.60	1.8	0.3	0.7	99.3	
Nº 50	0.30	58.6	11.2	11.9	88.1	
Nº 100	0.15	359.7	68.5	80.4	19.6	
FONDO		102.8	19.6	100.0	0.0	



OBSERVACIONES:
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Figura 51: Análisis de datos granulométricos.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN	Código	FOR-LAB-AG-013
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS
ASTM C128

REFERENCIA : Datos de laboratorio
SOLICITANTE : Huamán Quispe César Anthony / Villanueva Ore, Dany daniel
TESIS : Análisis de las propiedades mecánicas de un bloque de albañilería para muros portantes con concreto celular en lima-2020
LUBICACION : Lima Fecha de ensayo: 17/09/2020

MATERIAL : AGREGADO FINO CANTERA : SAN LAZARO

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	PROMEDIO	
1	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon + Peso de Agua	g	980	981.7	980.9
2	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon	g	670.2	669.8	670.0
3	Peso del Agua (W = 1 - 2)	g	309.8	311.9	310.9
4	Peso de la Arena Seca al Horno + Peso del Balon	g/cc	661.5	660.2	660.85
5	Peso del Balon N° 2	g/cc	170.2	169.8	170.00
6	Peso de la Arena Seca al Horno (A = 4 - 5)	g/cc	491.3	490.4	490.85
7	Volumen del Balon (V = 500)	cc	497.5	498.2	497.9

RESULTADOS

PESO ESPECIFICO DE LA MASA (P.E.M. = A/(V-W))	g/cc	2.82	2.83	2.82
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = 500/(V-W))	g/cc	2.66	2.68	2.67
PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A. = A/[(V-W)-(500-A)])	g/cc	2.74	2.78	2.76
PORCENTAJE DE ABSORCION (%) [(500-A)/A*100]	%	1.8	2.0	1.9

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

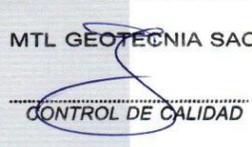
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Figura 52: Humedad natural: ASTM D-2216.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO	Código	FOR-LAB-AG-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS
ASTM C29

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Huamán Quispe César Anthony / Villanueva Ore, Dany daniel
TESIS	: Análisis de las propiedades mecánicas de un bloque de albañilería para muros portantes con concreto celular en lima-2020
UBICACIÓN	: Lima
	Fecha de ensayo: 17/09/2020

MATERIAL : Arena fina **CANTERA** : SAN LAZARO

MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3
------------	-------	-------	-------

1	Peso de la Muestra + Molde	g	6425	6408	6439
2	Peso del Molde	g	2383	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4082	4045	4076
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.472	1.466	1.477

PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	g/cc	1.471
--------------------------------------	------	-------

MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3
------------	-------	-------	-------

1	Peso de la Muestra + Molde	g	7308	7301	7286
2	Peso del Molde	g	2383	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4945	4938	4923
4	Volumen del Molde	cc	2780	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.792	1.789	1.764

PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	g/cc	1.788
--	------	-------

OBSERVACIONES:
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

 Jefe de Laboratorio	 Elmer Moreno Huamán INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210506 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	---	---

Figura 53: Resultados preliminares.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA : Datos de laboratorio
SOLICITANTE : Huamán Quispe César Anthony / Villanueva Ore, Dany Daniel
TESIS : Análisis de las propiedades mecánicas de un bloque de albañilería para muros portantes con concreto celular en lima-2020
UBICACION : Lima

Fecha de ensayo: 17/09/2020

MATERIAL	f'c 50 kg/cm²					
	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m³	P. UNITARIO C. Kg/m³
CEMENTO INKA ICO	3.12					
ARENA FINA	2.62	0.93	2.3	1.9	1471.0	1788.0
HUMO DE SILICE	0.65	6.80	0.2	1.2	1492.0	1622.0
SUPERPLASTIFICANTE SIKAMENT 290N	1.20					
AGENTE ESPUMANTE	1.16					

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA SAN LAZARO

A) VALORES DE DISEÑO					
1	ASENTAMIENTO		FLUIDO		
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL		N4		
3	RELACION AGUA CEMENTO		0.566		
4	AGUA		172		
B) ANALISIS DE DISEÑO					
FACTOR CEMENTO					
	Volumen absoluto del cemento	304.000	Kg/m³	7.2	Bls/m³
	Volumen absoluto del Agua		0.0974	m³/m³	
	Volumen absoluto del Aire (espuma)		0.1720	m³/m³	
			0.5430	m³/m³	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS					0.812
	Volumen absoluto del Arena fina				
	Volumen absoluto del humo de silice		0.0710	m³/m³	
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS		0.1169	m³/m³	0.188
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO					1.000
	CEMENTO				
	AGUA		304	Kg/m³	
	ARENA FINA		172	Lt/m³	
	HUMO DE SILICE		186	Kg/m³	
	ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE SIKAMENT 290N (dosis 1.25% del peso de cemento)		76.0	Kg/m³	
			3.800	Kg/m³	
D) PESO DE MEZCLA			742	Kg/m³	
CORRECCION POR HUMEDAD					
	ARENA FINA		190.3	Kg/m³	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS					
	ARENA FINA		%	Lts/m³	
			-0.40	-0.7	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					
					-0.7
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO					171.3
	CEMENTO				
	AGUA		304	Kg/m³	
	ARENA FINA		171	Lts/m³	
	HUMO DE SILICE		190	Kg/m³	
	ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE SIKAMENT 290N (dosis 1.25% del peso de cemento)		76	Kg/m³	
			3.800	Kg/m³	
G) PESO DE MEZCLA			745	Kg/m³	
CANTIDAD DE MATERIALES (53 lt.)					
	CEMENTO		16.11	Kg	
	AGUA		9.08	Lts	
	ARENA FINA		10.09	Kg	
	HUMO DE SILICE		4.03	Kg	
	ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE SIKAMENT 290N (dosis 1.25% del peso de cemento)		201.4	g	
PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)					
C	1.0				PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)
A.F	0.63				C
SILICE	0.25				A.F
H2o	23.94				SILICE
					H2o
					23.9

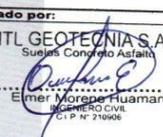
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Figura 54: Diseño de mezcla norma ACI 523.3r – 14.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
NTP 399.613

REFERENCIA : Detos de laboratorio
SOLICITANTE : Huamán Quispe César Anthony / Villanueva Ore, Dany Daniel
TESIS : Análisis de las propiedades mecánicas de un bloque de albañilería para muros portantes con concreto celular en lima-2020
UBICACIÓN : Lima Fecha de ensayo: 8/10/2020

TIPO: BLOQUE DE CONCRETO

IDENTIFICACIÓN	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	A (cm ²)	W (kg)	C (kg/cm ²)
BM-05	39.00	14.00	546.0	21633.7	39.6
BM-06	39.00	14.00	546.0	22154.4	40.6
Promedio:					40.1

IDENTIFICACIÓN	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	A (cm ²)	W (kg)	C (kg/cm ²)
70% BH	39.00	14.00	546.0	15900.0	29.1
70% BH	39.00	14.00	546.0	15450.5	28.3
Promedio:					28.7

FORMULA: $C = \frac{W}{A}$

DONDE:
C = Resistencia compresión del espécimen, kg/cm².
W = Máxima carga en kg-f, indicada por la máquina de ensayo.
A = Promedio del área bruta en cm².

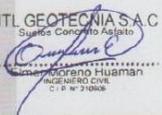
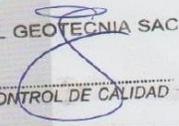
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Figura 55: Ensayo de compresión.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 923 3R-14

REFERENCIA : Datos de laboratorio
SOLICITANTE : Humberto Quispe César Anthony / Villanueva Ore, Dany Daniel
TESIS : Análisis de las propiedades mecánicas de un bloque de albañilería para muros portantes con concreto celular en lima-2020

UBICACION : Lima Fecha de ensayo: 06/10/2020

MATERIAL	f'c 50 kg/cm ²					
	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO INKA ICO	3.12					
ARENA FINA	2.62	0.93	2.3	1.9	1471.0	1788.0
HUMO DE SILICE	0.65	6.80	0.2	1.2	1492.0	1822.0
SUPERPLASTIFICANTE SIKAMENT 290N	1.20					
AGENTE ESPUMANTE	1.16					

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA SAN LAZARO						
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			FLUIDO		
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			Nº		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.405		
4	AGUA			172		
B) ANALISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO			425.000		Kg/m ³	10.0
Volumen absoluto del cemento					0.1362	m ³ /m ³
Volumen absoluto del Agua					0.1720	m ³ /m ³
Volumen absoluto del Aire (espuma)					0.5430	m ³ /m ³
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						0.851
Volumen absoluto del Arena fina					0.0610	m ³ /m ³
Volumen absoluto del humo de silice					0.0580	m ³ /m ³
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						1.000
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO				425		Kg/m ³
AGUA				172		L/m ³
ARENA FINA				134		Kg/m ³
HUMO DE SILICE				63.7		Kg/m ³
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE SIKAMENT 290N (dosis 1.25% del peso de cemento)				5.313		Kg/m ³
D) PESO DE MEZCLA						
CORRECCION POR HUMEDAD				800		Kg/m ³
ARENA FINA				136.7		Kg/m ³
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
ARENA FINA				%		Lta/m ³
				-0.40		-0.5
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA						-0.5
						171.6
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO				425		Kg/m ³
AGUA				171		L/m ³
ARENA FINA				137		Kg/m ³
HUMO DE SILICE				64		Kg/m ³
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE SIKAMENT 290N (dosis 1.25% del peso de cemento)				5.313		Kg/m ³
G) PESO DE MEZCLA						
CANTIDAD DE MATERIALES (53 lt.)				602		Kg/m ³
CEMENTO				22.63		Kg
AGUA				9.09		Lit
ARENA FINA				7.24		Kg
HUMO DE SILICE				3.38		Kg
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE SIKAMENT 290N (dosis 1.25% del peso de cemento)				281.6		g
PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)				PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)		
C	1.0			C	1.0	
A/F	0.32			A/F	0.33	
SILICE	0.15			SILICE	0.15	
H2o	17.15			H2o	17.1	

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Figura 56: Propuesta de diseño de mezcla.

ANALISIS DE CONDUCTIVIDAD / RESISTIVIDAD TERMICA

TITULO DE TESIS:
 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN BLOQUE DE ALBAÑILERIA PARA MUROS
 PORTANTES CON CONCRETO CELULAR - LIMA
 INTEGRANTES:
 • VILLANUEVA ORE, DANY DANIEL DNI: 70768483
 • HUAMAN QUISPE, CESAR ANTHONY DNI: 46715627
 TELÉFONO : +51 1 653 6637

DATOS DE EQUIPO
 EQUIPO : THERMTEST TL-100
 SENSOR : PORT – Suelos Finos
 MEDIDOR : Controlador Portátil
 Fecha Calib. : 11-12-2019

DATOS DE LA MUESTRA
 TIPO : BLOQUE CONCRETO
 PESO : 5 Kilos
 TEMP. : 17.2 - 17.7 °C
 COD. Ensayo : CT-EC-LF20-132

DATOS IN-SITU DE LAS MUESTRAS

BLOQUE CD. 04				
Tipo	Unidad	Posición Central	Lado izquierdo	Lado Derecho
Temperatura	°C	21.00	20.70	20.90
Conductividad Térmica	W/mK	0.192	0.266	0.268
Resistividad Térmica	mKW	5.180	3.757	3.726

BLOQUE CD. 05				
Tipo	Unidad	Posición Central	Lado izquierdo	Lado Derecho
Temperatura	°C	20.90	20.00	19.50
Conductividad Térmica	W/mK	0.233	0.260	0.275
Resistividad Térmica	mKW	4.249	3.833	3.634

BLOQUE CD. 08				
Tipo	Unidad	Posición Central	Lado izquierdo	Lado Derecho
Temperatura	°C	20.70	19.60	19.60
Conductividad Térmica	W/mK	0.259	0.246	0.254
Resistividad Térmica	mKW	3.855	4.067	3.932



El valor medio de Resistividad Térmica de los Bloques es de 0.250 Km/W +/- 1.27%

Técnico de Laboratorio
 F&A Geoingeniería S.A.C.

Ing. Angelica Cahuan Begazo
 F&A Geoingeniería S.A.C.

30 de Octubre del 2020.



Este certificado se expide de acuerdo a las condiciones de la muestra entregado y el cual se ha comprobado las capacidades de medida y peso requeridos por el laboratorio y su trazabilidad a patrones de medida de muestras de resistividad térmica / conductividad térmica. Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren solo a la muestra, momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

Figura 57: Certificado de conductividad y resistencia térmica.

CERTIFICADO DE ENSAYO
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES ACÚSTICAS

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM E2611-19

REFERENCIA : Datos de laboratorio

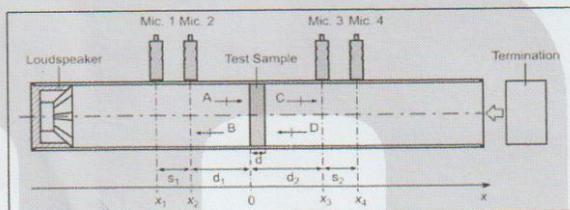
SOLICITANTE : Huamán Quispe César Anthony / Villanueva Ore, Dany Daniel

TESIS : Análisis de las propiedades mecánicas de un bloque de albañilería para muros portantes con concreto celular en lima-2020

UBICACIÓN : Lima.

Fecha de emisión: 03/11/2020

MUESTRAS	M-01 al 15% de H. S densidad: 1100 kg/m ³		
NIVEL DE FRECUENCIA (Hz)	NIVEL DE RUIDO DE INGRESO (db)	NIVEL DE RUIDO DE SALIDA (db)	DIFERENCIA DEL RUIDO (db)
50 Hz	72.3 db	54.7 db	17.6 db
75 Hz	85.7 db	62.1 db	23.6 db
100 Hz	94.8 db	72.4 db	22.4 db
150 Hz	99.4 db	73.6 db	25.8 db
200 Hz	109.2 db	87.9 db	21.3 db
Promedio de la diferencia en decibelios			22.1 db



"Esquema del equipo para la determinación de las propiedades acústicas del concreto"

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Figura 58: Certificado de ensayo acústico.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

NTP 399.613

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Huamán Quispe César Anthony / Villanueva Ore, Dany Daniel
TESIS	: Análisis de las propiedades mecánicas de un bloque de albañilería para muros portantes con concreto celular en Lima-2020
UBICACIÓN	: Lima
	Fecha de ensayo: 27/10/2020

TIPO: BLOQUE DE CONCRETO

IDENTIFICACIÓN	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	A (cm ²)	W (kg)	C (kg/cm ²)
D.7 BM-01 (07 DIAS)	39.00	14.00	546.0	17346.6	31.8
D.7 BM-02 (07 DIAS)	39.00	14.00	546.0	19613.6	35.9
D.7 BM-03 (07 DIAS)	39.00	14.00	546.0	18197.4	33.3
				Promedio:	33.7

FORMULA: $C = \frac{W'}{A}$

DONDE:

C = Resistencia compresión del espécimen, kg/cm²

W = Máxima carga en kg-f., indicada por la máquina de ensayo.

A = Promedio del área bruta en cm².

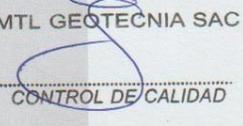
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Figura 59: Certificado de ensayo a compresión simple a los 7 días.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA
-------------------------------------	---

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
NTP 399.613

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Huamán Quispe César Anthony / Villanueva Ore, Dany Daniel
TESIS	: Análisis de las propiedades mecánicas de un bloque de albañilería para muros portantes con concreto celular en Lima-2020
UBICACIÓN	: Lima
	Fecha de ensayo: 3/11/2020

TIPO: BLOQUE DE CONCRETO

IDENTIFICACIÓN	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	A (cm ²)	W (kg)	C (kg/cm ²)
D.14 B.M-07	39.00	14.00	546.0	23445.0	42.9
D.14 B.M-08	39.00	14.00	546.0	25188.5	46.1
D.14 B.M-09	39.00	14.00	546.0	24678.0	45.2
				Promedio:	44.8

FORMULA: $C = \frac{W}{A}$

DONDE:

C = Resistencia compresión del espécimen, kg/cm².
 W = Máxima carga en kg-f, indicada por la máquina de ensayo.
 A = Promedio del área bruta en cm².

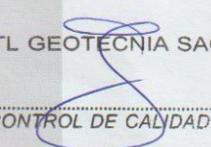
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C. P. N° 219966	 CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Figura 60: Certificado de ensayo a compresión simple a los 14 días.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
NTP 399.613

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Huamán Quispe César Anthony / Villanueva Ore, Dany Daniel
TESIS	: Análisis de las propiedades mecánicas de un bloque de albañilería para muros portantes con concreto celular en Lima-2020
UBICACIÓN	: Lima
	Fecha de ensayo: 17/11/2020

TIPO: BLOQUE DE CONCRETO

IDENTIFICACIÓN	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	A (cm ²)	W (kg)	C (kg/cm ²)
D.28 B.M-10	39.00	14.00	546.0	27256.3	49.9
D.28 B.M-11	39.00	14.00	546.0	28152.5	51.6
D.28 B.M-12	39.00	14.00	546.0	30179.3	55.3
				Promedio:	52.3

FORMULA : $C = \frac{W}{A}$

DONDE:

C = Resistencia compresión del espécimen, kg/cm².

W = Máxima carga en kg-f, indicada por la máquina de ensayo.

A = Promedio del área bruta en cm².

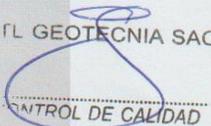
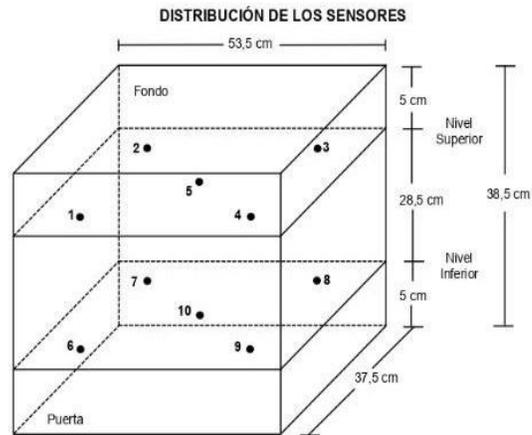
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos Concreto Asfalto Eimar Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N.º 21996	 MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Figura 61: Certificado de ensayo a compresión simple a los 28 días.



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 6,5 cm por encima de la parrilla superior.
Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior.
Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 5 cm de las paredes laterales y a 6 cm del frente y fondo del equipo.

FOTOGRAFÍA DEL MEDIO ISOTERMO



Figura 62: Certificado de calibración del horno.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
TC-1597-2020

PROFORMA : 2543A Fecha de emisión : 2020 - 07 - 30 Página : 1 de 2

SOLICITANTE : **MTL GEOTECNIA S.A.C.**
Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima - Lima - San Martín De Porres

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **PRENSA DE CONCRETO**
 Marca : FORNEY
 Marca del indicador : ELE Internacional
 Modelo del indicador : ADR TOUCH
 N° Serie del indicador : 1887-1-00074
 Intervalo de indicación : 120000 kgf
 Resolución : 0,1 kgf
 Procedencia : United States
 Código de Identificación : No Indica
 Ubicación : Laboratorio
 Fecha de Calibración : 2020 - 07 - 28

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

METODO DE CALIBRACIÓN
La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 "Procedimiento para la Calibración de Prensas, celdas y anillos de carga".

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	19,5°C	20,5°C
HUMEDAD RELATIVA	62,0%	65,0%

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
C.F.P. N° 0316



Figura 63: Certificado de calibración de la prensa.

CERTIFICADO DE CALIBRACION

TC - 4370 - 2020

PROFORMA : 1696A Fecha de emisión : 2020-05-25

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : CAL LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS LIMA-LIMA-SAN MARTÍN DE PORRES

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA
Tipo : ELECTRÓNICA
Marca : SARTORIUS
Modelo : LC2201S
N° de Serie : 50310007
Capacidad Máxima : 2200 g
Resolución : 0,01 g
División de Verificación : 0,1 g
Clase de Exactitud : II
Capacidad Mínima : 5 g
Procedencia : ALEMANIA
N° de Parte : No Indica
Identificación : No Indica
Ubicación : LABORATORIO
Variación de ΔT Local : 5 °C
Fecha de Calibración : 2020-05-25

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



Figura 64: Certificado de calibración de la balanza.



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
 SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
 RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF -042 - 2020

Área de Metrología
 Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo	Indicación de Fuerza (Ascenso)				
	Patrón de Referencia				
%	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	F_4 (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	2000	2007	2010	2011	2009
20	4000	4019	4016	4018	4018
30	6000	6030	6026	6027	6028
40	8000	8040	8036	8037	8038
50	10000	10046	10038	10041	10042
60	12000	12050	12046	12051	12049
70	14000	14057	14047	14052	14052
80	16000	16061	16054	16058	16058
90	18000	18073	18065	18068	18069
100	20000	20085	20078	20081	20081
Retorno a Cero	0.0	0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
2000	-0.46	0.20	-0.05	0.05	0.72
4000	-0.44	0.07	-0.02	0.03	0.71
6000	-0.46	0.07	-0.03	0.02	0.71
8000	-0.47	0.05	-0.01	0.01	0.71
10000	-0.41	0.08	-0.04	0.01	0.71
12000	-0.41	0.04	-0.03	0.01	0.71
14000	-0.37	0.07	-0.01	0.01	0.71
16000	-0.36	0.04	0.02	0.01	0.71
18000	-0.38	0.04	0.02	0.01	0.71
20000	-0.41	0.03	-0.01	0.01	0.71

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0.00 %
---	--------



12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
 Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
 Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224
 E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe

Figura 65: Certificado de calibración de los materiales utilizados en laboratorio.



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF -042 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Fuerza de PERUTEST S.A.C.
Calle Sinchi Roca Nro 1320 Urb. La Victoria - Chiclayo - Lambayeque

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.3 °C	21.3 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-001 Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE 002-20
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-002 Capacidad: 10,000 kg.f	INF-LE 092-19
METROIL	Thermohigrometro digital	T-1131- 2020

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe

Figura 66: Certificado de calibración de equipo para ensayos axiales.

Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

TEST & CONTROL S.A.C.

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Calle Condesa de Lemos N° 117, Urb. San Miguelito, distrito de San Miguel, provincia de Lima y departamento de Lima

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-05P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 24 de marzo de 2019

Fecha de Vencimiento: 23 de marzo de 2023

ESTELA CONTRERAS JUGO
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 230-2019-INACAL/DA

Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación N°004-16/INACAL-DA

Registro N° : LC-016

Fecha de emisión: 05 de junio de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mútuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver. 02

Figura 67: Certificado de calidad del laboratorio.



CERTIFICATE OF QUALITY ASSURENCE

Date: December 2nd, 2019

This is to certify that the following equipment:

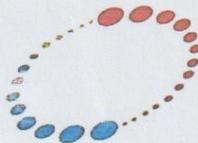
Model: THERMTEST TLS-100

Serial Number: 27001-203

Has been checked in our premises in Melissa Street, Unit 1 Fredericton, Canada, before departure and has given the following results:

▪ Needle ID	642	OK
▪ Sample ID	27003 – 666	OK
▪ Sample Temperature	21.8 C°	OK
▪ Test 1	0.352	OK
▪ Test 2	0.352	OK
▪ Test 3	0.351	OK
▪ AVG (W/mK)	0.351	OK
▪ % RSD	0.33%	OK

Made at Thermtest Inc., Canada, on December 2nd, 2019.



**PUBLIC RELATIONS
MANAGER**



Figura.68 : Equipo portátil para la prueba de conducción térmica. tIs-100



CERTIFICATR OF QUALITY ASSURENCE

Date: December 2nd, 2019

This is to certify that the following equipment:

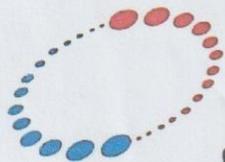
Model: THERTMTEST TLS-50

Serial Number: 27001-203

Has been checked in our premises in Melissa Street, Unit 1 Fredericton, Canada, before departure and has given the following results:

▪ Needle ID	181	OK
▪ Sample ID	27003 – 166	OK
▪ Sample Temperature	22.1 C°	OK
▪ Test 1	0.459	OK
▪ Test 2	0.457	OK
▪ Test 3	0.455	OK
▪ AVG (W/mK)	0.457	OK
▪ % RSD	0443%	OK

Made at Thermtest Inc., Canada, on December 2nd, 2019.



**PUBLIC RELATIONS
MANAGER**



Escaneado con CamScanner

Figura 69 : Equipo portátil para la prueba de conducción térmica. t1s-50