

TESIS: USO DEL CONCRETO CELULAR EN UNIDADES DE ALBAÑILERIA NO ESTRUCTURAL

El texto que editamos, es una breve síntesis de las partes esenciales de la tesis:

USO DEL CONCRETO CELULAR EN UNIDADES DE ALBAÑILERIA NO ESTRUCTURAL; que ha sustentado el bachiller Yuri Néstor Ninaquispe Machego, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Ingeniería.

El asesor designado para esta tesis fue el Ing. Carlos Barzola Gastelú. La tesis se desarrolló en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la UNI.

El texto es un resumen efectuado por nuestros servicios.

Su publicación continúa una serie de resúmenes de tesis de investigación, presentadas en las diferentes Facultades de Ingeniería Civil del país.

Este trabajo presenta información de la investigación realizada en la fabricación de bloques de concreto celular con la utilización de materiales locales como: cemento andino, arena fina, cal y polvo de aluminio.

Utilizando en la fabricación de los bloques de concreto celular moldes de madera de buena densidad, para evitar deformaciones durante el uso que se tenga en la investigación. La investigación parte de un conocimiento que mezcla de cemento, cal, agua y arena que se expande si se agrega polvo de aluminio.

La mezcla que se realiza es un mortero, pero llamaremos concreto porque así se le conoce comercialmente. La reacción entre el aluminio y el cemento causa la formación de pequeñas burbujas de hidrógeno, lo que expande el concreto de su volumen original.

Resultando un material no orgánico, no tóxico, hermético, que se puede usar en paredes interiores o exteriores, pisos, y panales de techos, bloques y dinteles con o sin carga. Teniendo como ventajas el concreto celular, que puede cortarse con serrucho o sierra eléctrica, condición que lo hace comparable, en términos de trabajabilidad, sólo con la madera.

El concreto celular es liviano, fácil de maniobrar y transportar.

En la presente investigación, se obtuvieron bajas densidades en los bloques de concreto celular, 1500 kg/m^3 y en cuanto a resistencia a la compresión de los bloques se obtuvo un promedio de 8 Mpa de resistencia a los 28 días de ensayado.

En cuanto a costos se obtuvo que es ventajoso en comparación con los sistemas tradicionales de ladrillos de arcilla, teniendo un ahorro aproximado de 10%, ya que posee ventajas técnicas que lo hacen singular.

En último lugar se determinó que es un buen aislante térmico, siendo la conductividad hallada de los bloques de concreto celular de $0.39 \text{ w / m }^\circ\text{c}$ frente a bloques de concreto que llegan a $0.48 \text{ w / m }^\circ\text{c}$. De la Investigación realizada concluimos que este concreto celular usado como bloques presenta características que nos permiten obtener beneficios que con las del concreto convencional, las bajas densidades obtenidas reducen costos de obra.

INTRODUCCIÓN

El concreto celular se fabrica en varios países, como mezcla de cemento, cal, arena y agente formador de gas, que le da la característica de ligereza a la mezcla. Los bloques de concreto convencional son utilizados en diversas zonas del país de manera artesanal y frecuentemente sin el aporte técnico adecuado. Lo que propone este trabajo de investigación es realizar un estudio experimental que permita definir las dosificaciones óptimas para fabricar bloques de concreto celular que cumplan las especificaciones de las normas técnica peruana, desarrollando la prefabricación de bloques de concreto, con materiales locales utilizando moldes de madera, de una manera fácil y sencilla.

En la actualidad, el ladrillo cerámico se presenta como el material más utilizado para la autoconstrucción debido, en algunos casos, a su disponibilidad y a que el poblador que labora en la construcción está familiarizado con las tareas de albañilería de muros portantes; sin embargo en otros casos significa factores desfavorables, como por ejemplo cuando la obra se encuentra en sitios alejados de los centros de producción, el transporte del material encarece el costo de la construcción; en otras situaciones se presenta limitada disponibilidad de materiales y equipamientos (hornos) como para fabricar elementos de calidad;

así mismo puede considerarse con criterios de impacto ambiental la utilización ventajosa de recursos locales. Un material celular, no dañino para el medio ambiente, liviano que sirve como material constructivo y que también tiene aislamiento térmico, acústico y resistencia a fuego y termitas. Se puede compensar por el costo más alto del material por costos más bajos de mano de obra, acabado, mantenimiento y energía. La ausencia de agregado grueso y el efecto de rodamiento producido por los materiales proporcionan una buena consistencia al concreto celular. No es necesaria la vibración cuando se vacía, ya que el sistema de concreto celular se distribuye uniformemente y llena todos los espacios completamente con la misma densidad en el elemento.

Es una buena opción ecológica en términos de producción, construcción, reciclabilidad y asuntos de calidad. Por alterar las proporciones se puede fabricar manipulando los valores de aislamiento y fuerza compresiva, lo que hace al concreto celular más versátil. A causa de que es liviano y fácil de trabajar, ahorra tiempo de construcción y reduce los desperdicios y la energía usados.

En todas estas situaciones es que se plantea la utilización de bloques de concreto celular como alternativa de abaratamiento de una vivienda segura y de satisfactoria calidad.

SUMARIO

Se hará una breve descripción de lo que la presente investigación nos entrega.

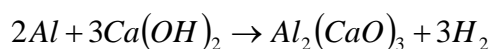
En primer lugar se va hacer hincapié, de lo que el concreto celular es realmente, es una mezcla de mortero con polvo de aluminio. Y se le conoce comercialmente como concreto celular.

En el Capítulo I, Concretos Ligeros, de una manera sencilla se describe lo que son los llamados concretos ligeros o de baja densidad, cómo se puede conseguir éstos con los métodos descritos. También veremos las reacciones químicas que dan lugar a la formación de gas que se incorporan al concreto. Composición del concreto celular

Aglomerante + agente químico o espumante + agua de mezclado + aditivo + agregado fino

Fabricación del concreto celular

El método del polvo de aluminio o zinc, es el más común, después que se ha obtenido la pasta.



Capítulo II, Características de los materiales, se describe en esta parte los materiales que se utilizan para preparar el concreto celular. Empezando por el cemento Pórtland, los agregados y el agente formador de gas, nos referimos al polvo de aluminio.

Características de cada material, normas, recomendaciones.

Capítulo III, Concreto normal y concreto celular.

En este capítulo se verá una descripción de las propiedades del concreto fresco citando la trabajabilidad, consistencia, etc. Para determinar el desempeño de la trabajabilidad del concreto en estado fresco, se han desarrollado múltiples aparatos, siendo el más común de ellos el cono de Abrams, también podemos usar la mesa de sacudidas NTP 339.085, la cual es muy sencilla; se determina el diámetro de la "torta" conformada por el concreto. La cantidad de agua de amasado, debe ser la que produzca una fluidez de $110 \pm 5\%$ luego de 15 golpes en 15 segundos en la mesa de flujo

El concreto endurecido con las siguientes propiedades tales como la impermeabilidad, durabilidad, resistencia térmica, resistencia a compresión, etc. En la parte de dosificación del concreto celular. Materiales que intervienen y recomendaciones. Descripción de los ensayos al concreto, como el de trabajabilidad una breve descripción de la realización y resultados. Se presentan cuadros, de las distintas tandas para la preparación de concreto celular, las variaciones en los volúmenes de los materiales y la repercusión en las propiedades en el concreto celular.

Finalmente observaremos la tanda definitiva (tanda A14) para el concreto celular elegido que cumple los requisitos de la norma técnica peruana.

Descripción de los ensayos realizados

- 1) Los materiales que se usaron para la fabricación de concreto celular son cemento, arena, cal, polvo de aluminio y agua.

- 2) Se elaboró concreto celular en moldes cúbicos de 5cm de lado obteniendo propiedades del concreto celular en estado fresco y endurecido, midiéndose su trabajabilidad en la mesa de flujo para hallar la cantidad de agua en cada tanda. También se midió la resistencia a la compresión a los 7 días y guiándonos de las tablas se estimó su resistencia a los 28 días.
- 3) Una vez que obteníamos la tanda de concreto celular que cumpla los requisitos de resistencia y trabajabilidad, elaboramos 90 bloques de concreto celular aproximadamente para verificar la calidad, a través de ensayos que señala la Norma Técnica Peruana con respecto a resistencia y trabajabilidad.

Capítulo IV, Fabricación de los bloques de concreto celular.

Se cita la Norma Técnica peruana 399.600, norma para bloques de concreto para uso no estructural. La Norma Técnica peruana 399.602 la cual da requisitos de resistencia a los bloques de concreto.

Norma Técnica Peruana 399.602

Unidades de albañilería

Resistencia a la compresión Mpa. Respecto al área bruta promedio	
Promedio de 3 unidades	Unidad individual
7	6

Procedimientos para la fabricación, se muestran requisitos. La fabricación de concreto celular, elaboración de concreto celular, desde la dosificación, mezclado, moldeado, curado, secado y almacenamiento.

Capítulo V, Estudio de los morteros para unidades de albañilería.

Se verá el efecto del mortero como adhesivo para unir las unidades de albañilería. Las funciones del mortero. Propiedades del mortero en estado fresco y estado endurecido. Cita la Norma Técnica Peruana 399.607, sobre especificaciones normalizadas de agregados para mortero de albañilería. Ensayo de compresión, describe el ensayo para someter a prueba de compresión cubos de 5cm de mortero. Se muestra cuadro resultado del mortero usado.

Capítulo VI, Unidades de albañilería de concreto celular.

Norma Técnica Peruana 399.604 indica los ensayos que se deben de realizar a las unidades de albañilería de concreto. Ensayo de compresión axial en bloques de concreto Norma Técnica Peruana 399.602, requisitos de resistencia. Resultados del ensayo. Ensayo de Absorción de las unidades de albañilería, Absorción máxima. NTP 399.602. Resultados del ensayo. Ensayo de succión. Ensayo de peso unitario. Y por ultimo el ensayo de conductividad térmica aplicado a las unidades de albañilería. Resultados de los ensayos.

Capítulo VII, Pilas y Muretes.

Este capítulo consta básicamente de los ensayos realizados a las pilas de concreto celular como resistencia en compresión citado por la NTP 399.605, ensayos de corte directo en unidades de albañilería. Resultados de los ensayos Ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería, NTP 399.621. Resultados de los ensayos.

Capítulo VIII, Análisis de costos y beneficios. Cuadros de costos de bloques de concreto celular. Costo por m² de muro de concreto celular y de ladrillo de arcilla. Costo de tarrajeo de muros y de pintura en muros.

CUADRO: COSTO DE FABRICACION DEL BLOQUE DE CONCRETO CELULAR

MATERIALES				
	cantidad		PU	Total
CEMENTO	0.13	bls/bloque	15.72	2.04
CAL	0.038	bls/bloque	6	0.23
ARENA FINA	0.00233	m3/bloque	28	0.07
ALUMINIO	0.04	kg/bloque	0.5	0.02
AGUA	0.00283	m3/bloque	5	0.01
MANO DE OBRA				
OPERARIO	0.025	hh/bloque	10.13	0.25
PEON	0.025	hh/bloque	8.25	0.21
HERRAMIENTAS 3%				
	0.03	%MO	0.46	0.01

COSTO/BLOQUE
S/. 2.84

Capitulo IX, Análisis Técnico. Define algunos aspectos técnicos del concreto celular. Cuadros de aporte de materiales, mano de obra del concreto celular y otros materiales.

Mencionaremos la dosificación seleccionada de concreto celular fabricado en laboratorio que se utilizó finalmente en mampuestos.

Esta selección se llevó a cabo mediante un proceso de ensayos ya mencionados en el capitulo III, que comenzó por evaluar varias características del concreto celular hallados en laboratorio y anotando sus características resultantes, según los cambios hechos debido a dosificaciones diversas con los materiales, como cemento, arena, cal, agua materiales locales y el polvo de aluminio conseguido de los desechos de la industria de la carpintería del aluminio. Resaltando las más importantes características en la fabricación de concreto celular las siguientes

CUADRO: ELABORACION DE BLOQUES DE CONCRETO CELULAR

TIPO A12 BLOQUE DE 40x20x7cm (0.0056 M3)

Vcemento + Vcal + Varena fina

cemento: 2	5.54	kg	FZA	
Arena : 0.5	1.14	kg	COMPRESION	ESF COMPRESION (7DIAS)
cal:1	1.78	kg	KG	KG/CM2
agua:	3.58	l	14400	51.43
aluminio:	0.0533	kg		

MATERIAL	DENSIDAD (kg/m ³)	CONDUCTIVIDAD (W / m °C)
mampostería ladrillos comunes/macizos	1800	0.78
mampostería ladrillos sílico calcáreos	1850	0.85

mampostería ladrillos huecos	1700	0.45
mampostería bloques de concreto	2100	0.42
mampostería con concreto celular	1550	0.39

Unidad de albañilería	Espesor de muro (m)	Rendimiento por día		Personal		Rendimientos	
		Unid	m ²	Peón	Albañil	Peón	Albañil
Ladrillo corriente 6x12x25	0.12	550	9.5	0.5	1	0.42	0.84
Ladrillo king kong 10x15x25	0.15	400	11	0.5	1	0.37	0.74
Bloques de concreto 10x20x40	0.1	150	12	0.5	1	0.34	0.67
Bloques de concreto celular 7x20x40	0.07	150	15	0.5	1	0.27	0.53

Designación	Bloques huecos de concreto 40x20x15cm	Ladrillos king kong 9x13x23cm	<u>Bloques de concreto celular</u> 40x20x7cm
Cantidad de elementos por m ² de muro	12.5	39	12.5
Peso por m ² de muro	150 a 250 kg según el agregado	152.1 kg	108.5 kg

Mezcla de mortero m² de muro	0.010 m ³	0.014 m ³	0.010 m ³
--	----------------------	----------------------	----------------------

	Masa kg	Densidad kg/m³	Volumen m³
Cemento	3.49	3130	0.0011
Arena	11.33	2533	0.0045
Agua	2.17	1000	0.0022
			0.0078

Tabla: cantidades de mortero que se utiliza para un m² de bloques de concreto celular

Conclusiones, muestra los argumentos para comprobar los beneficios de lo que representa la fabricación del concreto celular.

Las ventajas de tener materiales con baja densidad (1550 kg/m³); por ejemplo, reduce las cargas muertas, rapidez de construcción, menores costos de transportes y acarreo. En caso de siniestros, la remoción de escombros sería mucho más rápida, gracias a la reducción del peso del material, hasta un 25% más liviano que bloques de concreto normal.

La dosificación Cemento: 2 Arena Fina: 1 Cal: 0.5, es la óptima para la elaboración de concreto celular, debido a su buena resistencia a la compresión a los 28 días, la resistencia a la compresión es su propiedad más importante y define su calidad, también el nivel de su resistencia al intemperismo.

El rendimiento de la mano de obra es de 15m² por día, debido a la menor cantidad de movimientos necesario para levantar un metro cuadrado. Se logra aumentar el rendimiento por m² de muro construido, en 30% respecto a los ladrillos de arcilla, y en 20% respecto a los bloques de concreto convencional.

	Muro de bloques de concreto celular	Muro de ladrillos king kong 10x15x25
Precio unitario por m ² de	S/.44.87	S/.35.72

muro construido		
Precio unitario de la partida de tarrajeo por m2 de muro.	---	S/.12.30
Precio unitario de la partida pintura por m2 de muro.	S/.6.17	S/.6.17
	S/.51.04	S/.54.19
Porcentaje %	94.2%	100%

En resumen el concreto celular es un material con grandes proyecciones, como tabiquería de muros, para estructuras aporticadas. El refuerzo puede ser similar a sistemas de tabiquería convencional de bloques de concreto, que tiene refuerzo horizontal y vertical, buscando amarre con elementos estructurales como son las columnas, placas, vigas etc. Se puede realizar un estudio de investigación de tema de tesis, a nivel estructural, de los tabiques, en función de la estructura aporticada.

Recomendaciones, da pautas para conseguir una buena fabricación del concreto celular utilizando moldes de madera, también da algunas precauciones sobre el polvo de aluminio.

Bibliografía, selección de libros que se utilizaron para la realización de esta investigación.

Anexos, se presentan los ensayos, resultados de la fabricación de concreto celular de una manera sencilla y práctica usando moldes prefabricados, para ser utilizado en unidades de albañilería.

CONCLUSIONES

- 1) La dosificación en el concreto celular del polvo de aluminio óptima es de 3% en peso de cemento, consiguiendo disminuir los pesos de los cubos de ensayo en 10% en promedio, comparado con la utilización de aluminio al 1% en peso de cemento.
- 2) La utilización de polvo de aluminio al 3% en peso de cemento disminuye en 35% en promedio los esfuerzos a compresión, comparado con utilizar polvo al 1% en peso de cemento.
- 3) La granulometría del serrín de aluminio que pasa el 100% de la malla nº 30 se usará en la fabricación del concreto celular debido a su reacción eficaz y disminuye el peso del concreto celular.
- 4) Para la fabricación de concreto celular se debe usar arena fina, se consigue disminuir los pesos del bloque, y da mayor estabilidad en la estructura celular, dando lugar a la formación de celdas de aire más uniformes.
- 5) Con la adición de cal en el concreto celular, se obtuvo una mezcla más plástica y trabajable, una buena consistencia, y se logra disminuir el peso del concreto celular.
- 6) La dosificación Cemento: 2 Arena Fina: 1 Cal: 0.5, es la óptima para la elaboración de concreto celular, debido a su buena resistencia a la compresión a los 28 días, la resistencia a la compresión es su propiedad más importante y define su calidad, también el nivel de su resistencia al intemperismo.
- 7) El mortero de dosificación en volumen de C: 1 A: 4 es utilizado para unir bloques de concreto entre sí, dándonos un esfuerzo a la compresión a los 28 días de 27.5 Mpa y 114% de fluidez.
- 8) Los moldes fueron fabricados según las medidas de los bloques, 40x20x7 cm, de madera capirona, con pernos, arandelas, etc. Verificando su buen desempeño de la madera tratada con petróleo en la fabricación del concreto celular, dándonos buen acabado en los bloques.

- 9) La relación de los esfuerzos a compresión hallados en los cubos de 5 cm de lado, no eran iguales que los hallados para los bloques utilizando la misma dosificación en ambos. El factor de correlación aproximado, entre el cubo de ensayo y el bloque, es 0.82.
- 10) El mortero que se utiliza de asiento, para bloques de concreto celular, se utiliza en menor cantidad en comparación al método tradicional con ladrillos de arcilla, un 25 % menos, y en cantidad similar de mortero para asentado con bloques de concreto normal.
- 11) El rendimiento de la mano de obra es de 15m² por día, debido a la menor cantidad de movimientos necesario para levantar un metro cuadrado. Se logra aumentar el rendimiento por m² de muro construido, en 30% respecto a los ladrillos de arcilla, y en 20% respecto a los bloques de concreto convencional.
- 12) Las ventajas de tener materiales con baja densidad (1550 kg/m³); por ejemplo, reduce las cargas muertas, rapidez de construcción, menores costos de transportes y acarreos. En caso de siniestros, la remoción de escombros sería mucho más rápida, gracias a la reducción del peso del material, hasta un 25% más liviano que bloques de concreto normal.
- 13) En el ensayo de compresión en pilas de concreto celular, se obtiene un promedio más alto de esfuerzo a compresión comparado con pilas bloques de concreto convencional, 60% más alto es el valor del esfuerzo a compresión en las pilas de concreto celular, verificando la buena fricción y adherencia entre unidades de mampostería en el concreto celular.
- 14) El sistema de concreto celular es 6% más económico en comparación al sistema de ladrillo king kong convencional. En el muro de bloques de concreto celular no requiere tarrajeo, solo limpiar la superficie caravista y luego aplicar pintura.

	<i>Muro de bloques de concreto celular</i>	Muro de ladrillos king kong 10x15x25
--	---	---

Precio unitario por m2 de muro construido	S/.44.87	S/.35.72
Precio unitario de la partida de tarrajeo por m2 de muro.	---	S/.12.30
Precio unitario de la partida pintura por m2 de muro.	S/.6.17	S/.6.17
	S/.51.04	S/.54.19
Porcentaje %	94.2%	100%

- 15) En comparación con sistemas constructivos tradicionales, se logra conseguir una conductividad térmica más baja, con el concreto celular, lo que significa ser mejor aislante térmico. Así también vemos una comparación de densidades entre los distintos elementos de albañilería.

MATERIAL	DENSIDAD (kg/m3)	CONDUCTIVIDAD (W / m °C)	Porcentaje relativo %
mampostería ladrillos comunes/macizos	1800	0.78	92%
mampostería ladrillos sílico calcáreos	1850	0.85	100%
mampostería ladrillos huecos	1700	0.45	53%
mampostería bloques de concreto	2100	0.48	56%
<i>mampostería con concreto celular</i>	<i>1550</i>	<i>0.39</i>	<i>46%</i>

- 16) En resumen el concreto celular es un material con grandes proyecciones, como tabiquería de muros, para estructuras aporticadas. El refuerzo puede ser similar a sistemas de tabiquería convencional de bloques de concreto, que tiene refuerzo horizontal y vertical, buscando amarre con elementos estructurales como son las columnas, placas, vigas etc. Se puede realizar un estudio de investigación de tema de tesis, a nivel estructural, de los tabiques, en función de la estructura aporticada.

RECOMENDACIONES

Los agregados

Debe estar compuesto de partículas limpias y compactas libre de materia orgánica u otras sustancias dañinas.

Deben cumplir la especificación granulométrica.

Debe cumplir el límite para el material que pasa la malla N° 200, sino se indica deberá ser 3%.

Los materiales

Se recomienda seguir las normas de acuerdo para cada material, así como para los ensayos.

Con respecto al serrín de aluminio debe ser libre de impurezas.

Los moldes

Fabricar los moldes de madera capirona o una madera de buena densidad, cortar la madera, muy bien dimensionados, para evitar errores geométricos en la fabricación de los bloques. Así mismo buscar su impermeabilización con petróleo o algún aditivo desmoldante.

El concreto

Recomendamos cuidar la característica de trabajabilidad del concreto celular usando el método de control en la mesa de sacudidas o fluidez con la finalidad de dar conformidad al concreto.

Para el concreto celular no se recomienda la utilización de agregados gruesos porque no pueden ser suspendidos fácilmente por las burbujas de gas.

Al ser llenados los moldes con concreto celular se cuidara de no llenar al tope ya que en el proceso de reacción química, el concreto sufre una expansión, debido a la liberación de hidrogeno.

Los bloques

Se recomendará fabricar los bloques y almacenarlos, cerca del lugar donde se realizarán los ensayos correspondientes para evitar su manipuleo innecesario que provoque diversas alteraciones en los resultados.

Debido a la excelente terminación que presentan los bloques fabricados, es posible e inclusive recomendable, dejarlos a la vista, con el consiguiente ahorro en materiales y mano de obra correspondientes a las tareas de revoque y terminación.

Polvo de aluminio

Gente que está expuesta a altos niveles de aluminio en polvo en el aire puede sufrir trastornos respiratorios como tos y asma. (Fuente: "Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 1999. Reseña Toxicológica del Aluminio. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU., Servicio de Salud Pública.)

Como se dijo anteriormente, en la fabricación de los bloques de concreto celular, si es algo riesgoso, ya que el polvo de aluminio usado para cada bloque (representa el 3% en peso de cemento), si bien puede afectar las vías respiratorias, se recomienda utilizar mascarillas, y gafas de protección.

Los bloques de concreto celular, no representan ningún peligro, porque el polvo de aluminio ya reaccionó con el hidróxido de calcio, y se forma el aluminato tricálcico, que no representa ningún riesgo