



EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE CONCRETO ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO POR ARENA Y POLVO DE SÍLICE

EVALUATION OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE BLOCKS PREPARED WITH PARTIAL REPLACEMENT OF THE AGGREGATE BY SAND AND SILICA POWDER

Alejandro, Giménez¹; Luimar Diaz²

Recibido 08/04/2024; Aprobado: 15/06/2024

DOI: <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica252.3>

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la influencia del polvo y arena de sílice en la mezcla de concreto para la elaboración de bloques. Se fabricaron 14 bloques con 20% de arena de sílice en sustitución del agregado natural y adición de 15% de polvo de sílice, además de 14 bloques con mezcla Patrón; a cada muestra se le realizaron ensayos preestablecidos en la Norma COVENIN 42-82 a los 28 y 90 días para evaluar sus propiedades físicas y mecánicas. Una de las propiedades físicas evaluadas fue la estabilidad dimensional, los resultados fueron similares para ambas muestras, ya que se elaboraron en las mismas condiciones y la sílice no afectó sus dimensiones. La otra propiedad física es la capacidad de absorción de los bloques, lo que dio resultados similares a los 28 días entre las dos muestras y a los 90 días registrando aumento en la muestra Patrón con un promedio de 8,54% y disminución en la de sílice con promedio de 7,05%, todas cumpliendo con en el rango establecido por la Norma Venezolana COVENIN 42-82. La propiedad mecánica evaluada fue resistencia a compresión, a los 28 días la muestra Patrón no alcanzó la resistencia mínima aceptada mientras la muestra con sílice sí alcanzó dicho estándar, y a los 90 días la muestra Patrón mantuvo la resistencia registrada mientras que la muestra con sílice aumentó sus valores.

Palabras clave: *concreto; hormigón armado; bloques de concreto; bloques de hormigón; arena de sílice; polvo de sílice*

¹ Alejandro, Giménez. Ingeniero civil, Maestría en Gerencia de Construcción. Docente e Investigador en el Área de Materiales de Construcción y Gerencia de obras. Departamento de Ingeniería de Construcción. Decanato de Ingeniería Civil. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto. Venezuela. Correo: agimenez@ucla.edu.ve. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6951-2296>

² Luimar, Diaz. Estudiante de ingeniería civil de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto. Venezuela. Correo: luimardp@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2496-9911>

ABSTRACT

The aim of this research is to evaluate the influence of silica dust and sand in the concrete mixture for the production of blocks. 14 blocks were manufactured with 20% silica sand replacing the natural aggregate and adding 15% silica powder, in addition to 14 blocks with a master mix; Pre-established tests in the COVENIN 42-82 standard were carried out on each sample at 28 and 90 days to evaluate its physical and mechanical properties. One of the physical properties evaluated was dimensional stability; the results were similar for both samples, since they were made under the same conditions and the silica did not affect their dimensions. The other physical property is the absorption capacity of the blocks, which gave similar results at 28 days between the two samples and at 90 days, registering an increase in the standard sample with an average of 8,54% and a decrease in silica. with an average of 7.05%, all complying with the range established by the Venezuelan standard COVENIN 42-82. The mechanical property evaluated was compressive strength, after 28 days the standard sample did not reach the minimum accepted resistance while the sample with silica did reach said standard, and after 90 days the standard sample maintained the registered resistance while the sample with silica increased. your values.

Keywords: *concrete; reinforced concrete; concrete blocks; silica sand; silica powder*

1. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción ha ido incorporando diversos tipos de productos buscando mejorar las propiedades de los elementos constructivos, en su mayoría provienen de la naturaleza con la premisa del aprovechamiento de recursos disponibles y lograr un equilibrio de utilizar lo ya preestablecido con lo nuevo, de esa manera se busca innovar con nuevos productos sin dejar de lado el concepto de diseño sostenible. La arena de sílice es un subproducto de industrias, por lo tanto, se consigue a bajo costo y mezclado con el cemento aporta mayores resistencias a la mezcla. La misma si bien cumple con los requerimientos, queda por parte de los investigadores evaluar su dosificación en la mezcla, así como, sus ventajas y desventajas en las propiedades mecánicas y físicas. A tal efecto, en esta investigación se buscó determinar la influencia en las propiedades mecánicas y físicas de los bloques de concreto, introduciendo en la mezcla arena y polvo de sílice, realizándose una serie de ensayos preestablecidos en la norma COVENIN 42-82[1], como lo son estabilidad dimensional, resistencia a compresión y absorción.

2. DESARROLLO

Es indispensable la consideración del aprovechamiento eficiente de recursos disponibles como uno de los principios significantes, ante la elaboración de materiales empleados en la construcción. Esto plantea la necesidad de indagar sobre las verdaderas posibilidades tanto tecnológicas como expresivas de los sistemas constructivos, con la finalidad de permitir su adecuado manejo tanto desde el punto de vista del comportamiento resistente, como las condiciones de confort y mantenimiento. De igual forma, es importante considerar las

variables de índole cultural para la aceptación de las tecnologías empleadas, ya que la resistencia al cambio ha representado uno de los factores principales del fracaso de la aplicación de propuestas que aún no son muy eficientes, no lográndose incluir en la técnica constructiva popular [2].

2.1. Bloques Huecos de Concreto Según Norma COVENIN 42-82

Un bloque hueco es un elemento simple en forma de paralelepípedo ortogonal, con perforaciones paralelas a unas de las aristas que se obtiene por moldeo del concreto, para ser usados en la construcción como mamposterías. Por otro lado, el diseño debe basarse en la sostenibilidad, observando que esto significa la creación de objetos físicos desde lo micro a lo macro, a partir de la idea de sostenibilidad económica, social y ecológica [3]. Los bloques se clasifican según norma COVENIN 42-82 [1] según las especificaciones de la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de bloques de concreto según norma COVENIN 42-82. Fuente: [1]

De acuerdo a	Tipos	Identificación
Agregados	Pesados	Fabricados con agregados normales. El peso unitario del concreto seco es mayor a 2000 kg/m ³
	Semipesados	Fabricados con agregados livianos y normales. El peso unitario del concreto seco es entre 1400 kg/m ³ y 2000 kg/m ³
	Livianos	Fabricados con agregados livianos. El peso unitario del concreto seco es menor a 1400 kg/m ³
Uso	Tipo A	Bloques de concreto para paredes de carga expuestas o no a la humedad Clase A1: Para paredes exteriores, bajo o sobre el nivel del suelo y expuestas a la humedad Clase A2: Para paredes exteriores, bajo o sobre el nivel del suelo y no expuestas a la humedad
	Tipo B	Bloques para paredes que no soportan carga o para paredes divisoras Clase B1: Para paredes expuestas a la humedad Clase B2: Para paredes no expuestas a la humedad

Requisitos para los Bloques según Norma COVENIN 42-82 [1].

Según su apariencia y acabado deben ser sólidos y libres de grietas excepto las nombradas a continuación:

Para bloques tipo A: No deben presentar grietas paralelas a la carga, de aparecer

imperfecciones estas no deben ser mayor al 5% del pedido, siempre y cuando las grietas perpendiculares a la carga que aparezcan no tengan una longitud mayor de 2,5 cm.

Para bloques tipo B: se pueden presentar grietas menores producidas en la fabricación o fragmentos producidos en el manejo.

Según sus dimensiones, se especifica en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de bloques de concreto según sus dimensiones. Fuente: [1]

Denominación Ordinaria (cm)	Dimensiones Normales (cm ³)	Dimensiones Modulares (cm ³)
10	39x19x9	40x20x10
15	39x19x14	40x20x15
20	39x19x19	40x20x20
25	39x19x24	40x20x25
30	39x19x29	40x20x30

De acuerdo al mínimo espesor que deben tener los bloques se especifican de acuerdo a lo observado en la Tabla 3. Donde la máxima tolerancia en cualquier dimensión es de 0,3 cm.

Tabla 3. Clasificación de bloques de concreto según su espesor. Fuente: [1]

Tipo	Denominación (cm)	Espesor de pared (cm)	Espesor de nervios (cm)
A	10	1,9	1,9
	15	2,2	2,2
	20	2,5	2,5
	25	2,8	2,8
	30	3,2	2,8
B	10	1,3	1,3
	15	1,5	1,5
	20	1,7	1,7
	25	1,9	1,9
	30	2,2	1,9

Ahora bien, en función de la máxima absorción de agua determinada de acuerdo al ensayo para cada tipo de bloque, son las especificadas en la Tabla 4.

Tabla 4. Clasificación de bloques de concreto según la absorción de agua. Fuente: [1]

Tipo de bloque	Pesado %	Semipesado %	Liviano %
A1 – A2 y B1	14	16	12
B2	No tiene ensayo de absorción		20

De acuerdo con la resistencia a compresión mínima a los 28 días de fabricados, es lo indicado en la Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de bloques de concreto según la resistencia a compresión. Fuente: [1]

Tipo de Bloque	Promedio 3 Bloques (kg/ cm ²)	Mínimo 1 Bloque (kg/cm ²)
A1	70	55
A2	50	40
B1 – B2	30	25

Los bloques después de ser curados por métodos aprobados, y tener una resistencia a la compresión igual o mayor al 80% de lo indicado en la tabla.

3. METODOLOGÍA

La finalidad de esta investigación era determinar la influencia de introducir en la mezcla para la preparación de bloques de concreto, arena y polvo de sílice a fin de analizar las propiedades mecánicas y físicas de los bloques de concreto, realizándose ensayos preestablecidos en la norma COVENIN 42-82 [1], como lo son estabilidad dimensional, resistencia a compresión y absorción. La muestra está representada por 28 bloques huecos de concreto con espesor (e) de 15 cm; 14 ejemplares con mezcla Patrón y 14 más con la incorporación del sílice.

3.1. Proceso de Fabricación de los Bloques

Para la realización de los bloques de concreto de espesor $e=15$ cm se utilizó: cemento *Portland tipo I*, arena lavada, arena de sílice en un 20%, polvo de sílice e incorporación de polvo de sílice como adición en un 15%, y agua. Para la fabricación de los bloques, inicialmente se procede a preparar la mezcla de concreto con las dosificaciones respectivas y luego con una maquina vibro compactadora, también conocida como ponedora de bloques, se vierte la mezcla en el molde, y posteriormente mediante el uso de una palanca se desmolda y se obtienen los bloques; dicho proceso lleva un tiempo de aproximadamente 25s por desmolde, la maquina realiza alrededor de 6 puestas para una mezcla de $0,45m^3$ que serían alrededor de 48 bloques, en un día de trabajo de 8 horas se realizan aproximadamente 6500 bloques.

La máquina posee dos motores eléctrico de 2HP para mover el proceso vibratorio, 1 motor de 7HP que acciona la bomba hidráulica para movilizar los gatos hidráulicos del molde y 1 motor de 7HP para movilización de la maquina, utiliza corriente de 220 trifásica.



Figura 1. Proceso de elaboración de los bloques de concreto. Fuente: los autores

3.2. Métodos de Ensayo

Para el ensayo de la estabilidad dimensional se procedió con un vernier a la medición de todas las dimensiones del bloque establecidas en la Norma COVENIN 42-82 [1]. Dichas longitudes son largo, alto, ancho, espesor. El método para determinar la resistencia a compresión fue el establecido en la misma Norma, la misma indica que la máquina de ensayo debe tener la capacidad suficiente de aplicación de carga para provocar la rotura de las probetas. Debe tener dos platos de acero con superficie lisa con diámetro de 15 cm. “Placas adicionales de acero con una dureza no inferior a 60rc, un espesor de 1/3 de la distancia existente entre el borde del plato de carga a la esquina más distante del bloque de ensayo” [1]. Los bloques se colocan de manera que las cargas sean aplicadas en la misma dirección a las cargas o peso propio que estarán sometidos en la construcción.

Igualmente fueron sometidos al ensayo de absorción según los parámetros que establece la Norma, requiriendo equipos tales como: horno, balanza, recipientes, soportes; así como los materiales necesarios para llevarse a cabo el ensayo de acuerdo a los procedimientos rutinarios. Las muestras se sumergieron en agua durante 24 horas, a una temperatura que varía de 15°C a 27°C. Luego, se procedió a extraer las muestras, se secaron y se pesaron de inmediatamente, posteriormente se colocaron en el horno donde duraron un tiempo mínimo de 24 horas a una temperatura de 100°C a 115°C, para luego proceder a hacer un pesado hasta que dos pesadas sucesivas en intervalos de 2 horas no presentaran pérdida de peso mayor a 0,2% del peso anterior.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Dosificación de los Bloques

La elaboración de los bloques se llevó a cabo siguiendo los procedimientos expuestos en la Norma COVENIN 42-82 [1]. Se fabricaron 28 bloques, 14 a base de mezcla Patrón, y el restante con incorporación de arena de sílice en sustitución de la arena natural en un 20% y adición de 15% de polvo de sílice, tomando en cuenta que se parte de la dosificación original de la fábrica de bloques *La Bloquera* ubicada en la ciudad de Barquisimeto, proporcionada por ellos, en la Tabla 6 se muestra las dosificaciones de cada uno de los materiales de la mezcla

Tabla 6. Dosificación de los bloques. Fuente: [1]

Muestra	Arena natural (kg)	Cemento (kg)	Polvo de sílice (kg)	Arena de sílice (kg)	Agua (lt)
Muestra Patrón (Sin Sílice)	320	20	0	0	12
Muestra con adición de 15% de polvo de sílice y sustitución de 20% de arena natural por arena de sílice	256	20	3	64	12

4.2. Determinación de Estabilidad Dimensional

En el grafico representado en la Figura 2, se muestra que la diferencia es mínima entre ambas muestras respecto a sus dimensiones. Y comparadas con la tolerancia de la norma de 0,3cm, las dimensiones largo y alto, cumplen con la norma, excluyendo el ancho que no cumple. Por lo tanto, se puede decir que la sílice no incide en el cambio volumétrico y en consecuencia en su estabilidad dimensional.

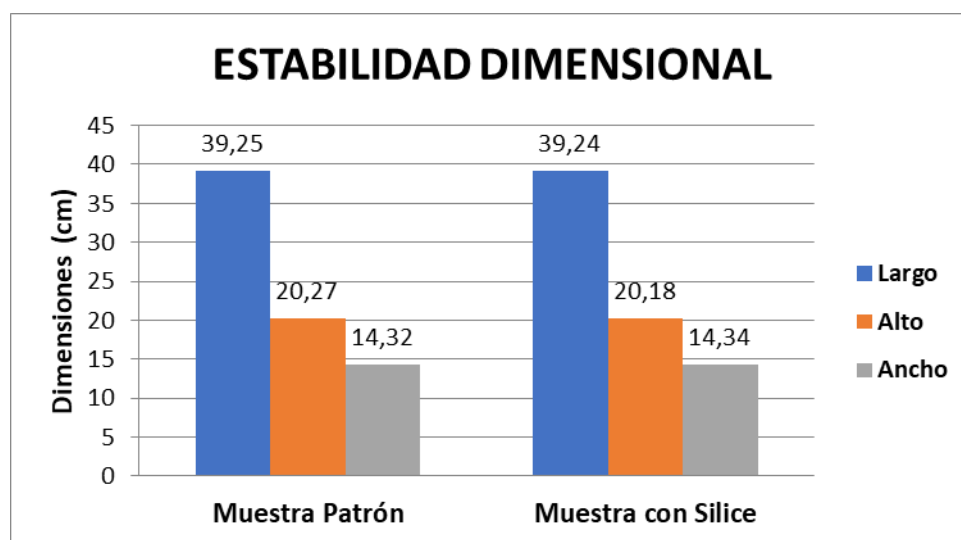


Figura 2. Comparación de la estabilidad dimensional de las muestras de bloque. Fuente: los autores

4.3. Evaluación de la Resistencia a Compresión en los Bloques

El ensayo de resistencia a compresión se realizó en el Laboratorio del Decanato de Ingeniería Civil de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, utilizando el equipo prensa hidráulica para determinar la carga ultima a compresión soportada. El ensayo se le realizo a 7 bloques de cada una de las muestras a los 28 días, ya que al ser de concreto se espera que en ese lapso desarrolle el 100% de su resistencia, y 90 días porque la sílice es más lenta al reaccionar en la búsqueda de mejorar la resistencia en ese lapso. La resistencia a compresión se determina de acuerdo a la expresión (1) tal como lo establece la norma COVENIN 42-82 [5].

$$RC = \frac{\text{Carga Ultima (kg)}}{\text{Seccion Bruta (cm}^2\text{)}} \quad (1)$$

La comparación de los resultados obtenidos es reflejada en el gráfico representado en la Figura 3. Se observa que el valor máximo obtenido fue de 20,78 kg/cm² y el mínimo de 10,64 kg/cm², obteniendo un promedio de 15,20 kg/cm², por lo que, que sólo una de las Muestras cumple con el rango aceptado por la Norma COVENIN 42-82 [1].

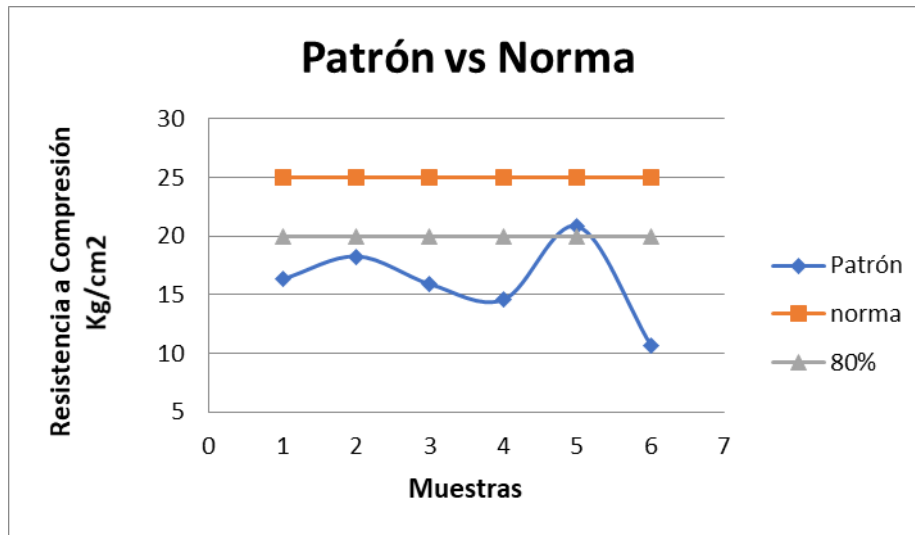


Figura 3. Comparación de la resistencia a compresión a los 28 días de las muestras Patrón vs Norma. Fuente: los autores

En la gráfica mostrada en la Figura 4 se puede apreciar que, para resistencia a compresión a los 28 días para muestra con incorporación de sílice, se obtuvo un pico de 31,63 kg/cm² y un mínimo de 19,47 kg/cm² obteniéndose un promedio de 21,63 kg/cm².

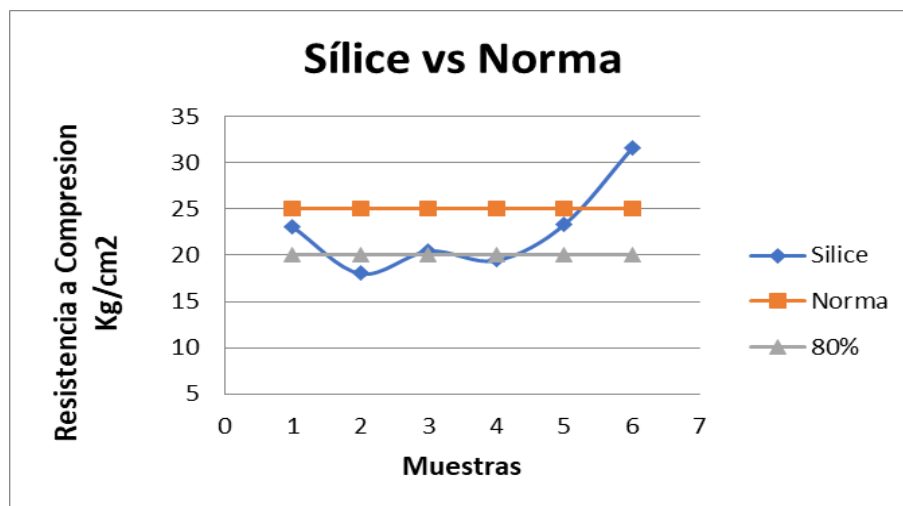


Figura 4. Comparación de la resistencia a compresión a los 28 días de las muestras con sílice vs Norma. Fuente: los autores

A diferencia de la muestra Patrón, en la muestra con incorporación de sílice, 4 valores

cumplieron con el rango establecido por la Norma COVENIN 42-82 [1], y 3 muestras no, aunque el promedio de todas si haya cumplido. Esto debido a que la arena de sílice es más dura y el polvo más absorbente, por lo que hace la mezcla más compacta, llenando los espacios vacíos, ocasionando bloques más resistentes.

4.4. Comparativa Promedio de Resistencias a Compresión a los 28 y 90 Días

En la gráfica de la Figura 5, se realiza la comparación de la resistencia a compresión de las Muestras a los 28 días, pudiéndose observar que la muestra Patrón estuvo bastante alejada del valor aceptado por la Norma, a diferencia de la Muestra de sílice que superó el valor mínimo. Los altos valores de la resistencia con la incorporación de la arena y polvo de sílice son debido a que son granos más finos y duros que el cemento, llenando los espacios vacíos de la mezcla logrando compactarse más, así como el aporte del polvo de sílice con sus propiedades puzolánicas.

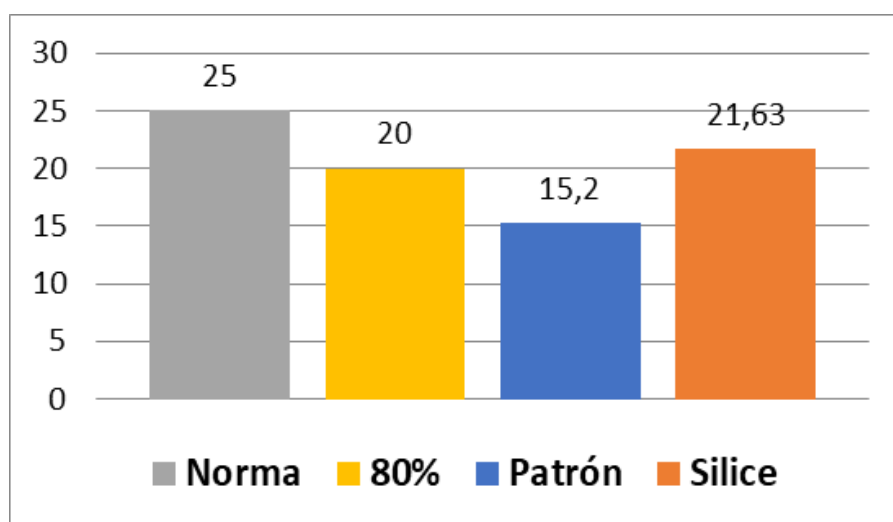


Figura 5. Comparación de la resistencia a compresión de las muestras a los 28 días. Fuente: los autores

A continuación, se muestran los resultados de resistencia a compresión a los 90 días (ver Figura 6 y 7). Los valores reflejados indican que la resistencia a compresión en la muestra Patrón mantuvo los valores por debajo de 20 kg/cm², sin poder cumplir con lo establecido en la Norma COVENIN 42-82 [1]. Mientras que los bloques con incorporación de sílice presentaron un aumento considerable en la resistencia a compresión debido a que es más lento en sus reacciones registrando un promedio de 22,46 kg/cm², todos los valores excepto dos, cumplen el valor mínimo aceptado por la Norma COVENIN 42-82 [1].

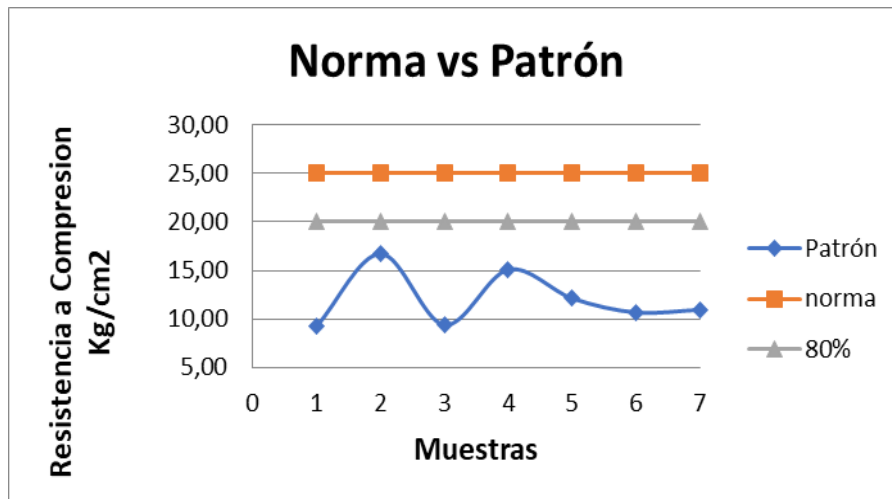


Figura 6. Comparación de la resistencia a compresión a los 90 días de las muestras Patrón vs Norma. Fuente: los autores

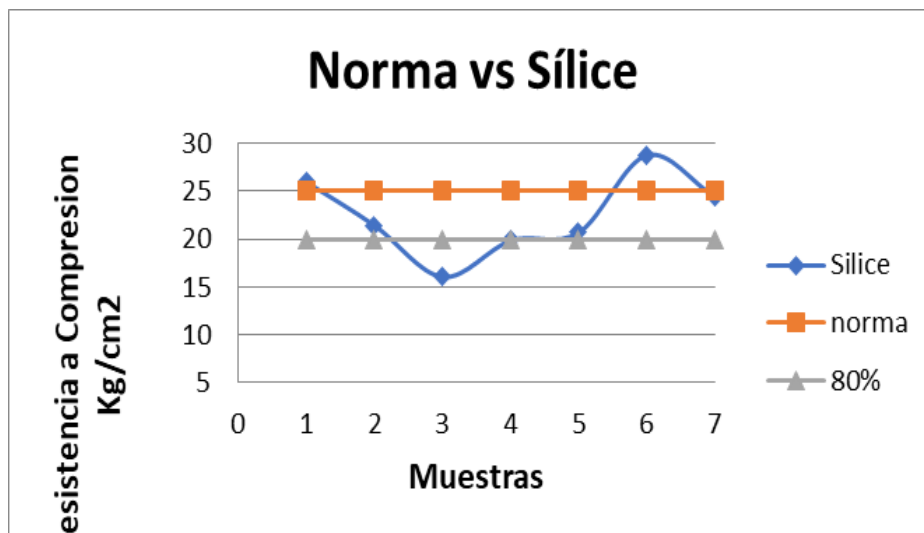


Figura 7. Comparación de la resistencia a compresión a los 90 días de las muestras con sílice vs Norma. Fuente: los autores

Las comparativas a los 90 días mostradas en la Figura 8, registran que los valores de resistencia a compresión de la muestra Patrón se mantuvieron por debajo del rango establecido por la Norma COVENIN 42-82 [5]. A diferencia de la muestra con incorporación de sílice la cual evidencia un aumento en la propiedad superando los valores establecidos en la Norma, cumpliendo con la misma. Esto sucede debido a que la sílice es lenta su reactividad, el grano de arena de sílice tiene una forma irregular, más duro y el polvo de sílice absorbe más agua retardando el proceso de fraguado, por lo tanto, tarda más en alcanzar su resistencia máxima, es por ello, que a los 90 días aumenta la resistencia.

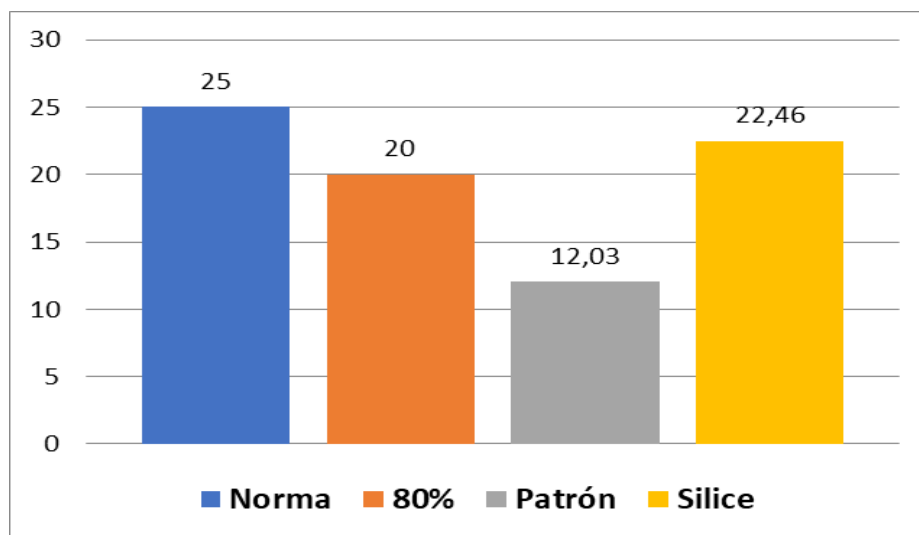


Figura 8. Comparación de la resistencia a compresión a los 90 días de las muestras. Fuente: los autores

4.5. Evaluación de la Capacidad de Absorción de los Bloques

Los bloques sometidos al ensayo de capacidad de absorción son pesados según indicaciones del apartado 5.1 de la Norma COVENIN 42-82 [1]. Las pruebas se realizaron en el laboratorio de Ingeniería Civil de la UCLA utilizando el horno y la piscina. Se sumergieron 3 pedazos de bloques de cada muestra en la piscina durante 24 horas a una temperatura de 20°C aproximadamente, luego de cumplirse el lapso se sacaron y secaron, tomando el peso para luego llevarlos al horno a una temperatura aproximada de 100°C por 24 horas, para posteriormente tomar el peso en seco, tal como lo establece la Norma COVENIN 42-82 [1]. A continuación, se muestran los valores obtenidos para las muestras a los 28 días (ver Figura 9), observándose poca diferencia entre las absorciones de ambas muestras, dejando en evidencia que la incorporación de sílice no afecta de manera notoria esta propiedad, pues mantiene casi las mismas características de absorción.

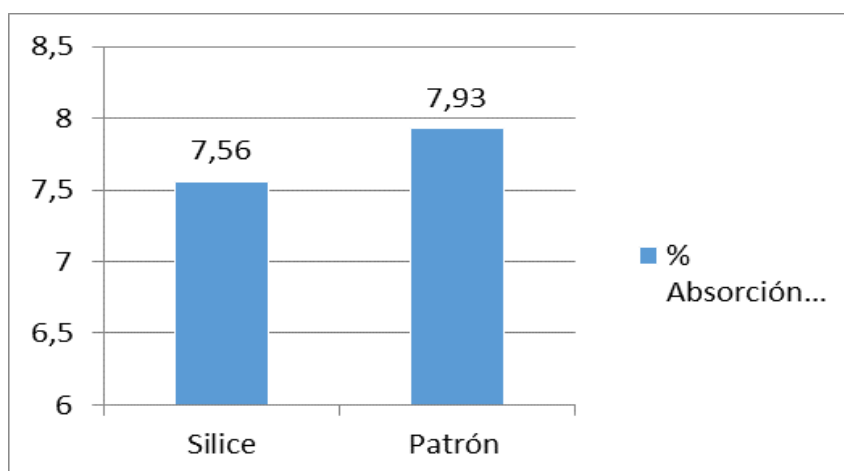


Figura 9. Comparación de la capacidad de absorción de las muestras a los 28 días. Fuente: los autores

Mientras que, a los 90 días se observa la poca diferencia entre las absorciones de ambas

muestras, dejando en evidencia que la incorporación de sílice no afecta de manera notoria esta propiedad, pues mantiene casi las mismas características de absorción (ver Figura 10). En la comparativa mostrada se puede notar la poca diferencia que hay entre ambas muestras, representándose una diferencia de 1,49% de absorción.

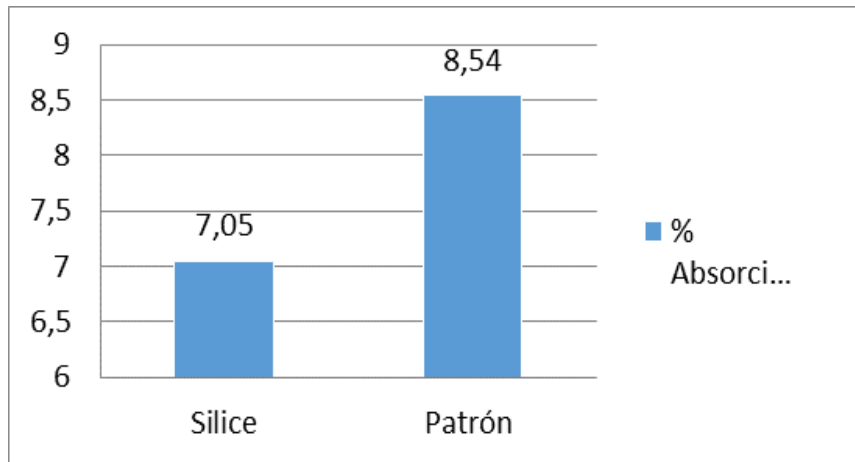


Figura 10. Comparación de la capacidad de absorción de las muestras a los 90 días. Fuente: los autores

Se puede decir que la sílice no tuvo mayor incidencia en la propiedad de capacidad de absorción, debido a que ella se comporta como un hidrofugante funcionando como impermeable, ya que el grano de arena de sílice es más duro.

5. CONCLUSIONES

Para el ensayo de estabilidad dimensional, los resultados registrados fueron bastantes similares entre la muestra Patrón y la muestra con sílice. Respecto a la otra propiedad física, capacidad de absorción, se realizaron ensayos a los 28 días los cuales evidenciaron resultados promedios para la muestra Patrón de 7,93% y para la de sílice de 7,56% notando entre ellas una diferencia de 0,37% bastante pequeña sin demostrar afectación alguna por parte de la sílice, además ambas cumplen con el rango aceptado por la Norma COVENIN 42-82 [1], la cual establece una máxima absorción de 14% para bloques pesados tipo B1. Luego de los 90 días se registraron resultados similares, mostrando un aumento en la muestra Patrón 0,61% con respecto a los 28 días y en la muestra con sílice una disminución de 0,51%, aun manteniéndose ambas dentro del rango establecido por la norma.

Con respecto a la propiedad mecánica, resistencia a compresión, la muestra Patrón a los 28 días registro un promedio de 15,2 kg/cm² estando por debajo del rango establecido, sin cumplir con la Norma COVENIN 42-82 [1], la misma establece una resistencia a la compresión igual o mayor al 80% de la especificada en la tabla, la cual para bloques tipo B es de 25 kg/cm², por lo tanto, el mínimo será de 20 kg/cm². La muestra con incorporación de

polvo de sílice en un 15% y sustitución de 20% del agregado natural por arena de sílice registro un promedio de 21,63 kg/cm² cumpliendo con el rango aceptado por la norma. Para los 90 días la muestra Patrón siguió manteniendo la tendencia incluso bajando el promedio de resistencia a compresión a 12,03 kg/cm² sin cumplir con la Norma. La muestra con sílice a diferencia del Patrón, aumento su promedio de resistencia a compresión a 22,46 kg/cm² confirmándose en el rango aceptable por la Norma.

6. FINANCIAMIENTO

La investigación fue financiada por los autores, y el uso del laboratorio de materiales y suelos del Decanato de Ingeniería Civil de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto- Venezuela.

7. CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

8. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Durante la investigación las principales actividades de análisis, conceptualización y conclusiones fue realizada por A.G., ensayos y basamentos teóricos fue realizada por L.D.

9. REFERENCIAS

- [1] L. Villanueva y M., Morales, “*NORMA VENEZOLANA COVENIN 42-82: REQUERIMIENTOS DE CALIDAD PARA EL BLOQUE HUECO DE CONCRETO*”, Semana Internacional de Investigación, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela, Disponible en: <https://trienal.fau.ucv.ve/2008/documentos/tc/TC-4.pdf>, 2008
- [2] M. Marrero, “*Mampostería estructural de bloques de concreto. Un aporte para su aplicación en viviendas de bajo costo en Venezuela. Producción, proyecto y construcción*” Tesis Doctoral, FAU/UCV, Venezuela, 2006
- [3] L. Villanueva, y K. Ordoñez, “*Elaboración de bloques de mortero tipo estructural mediante secado natural empleando la calamina procedente de TENARIS TUBOCARIBE S.A. como aditivo*” Trabajo de grado, Universidad San Buenaventura, Colombia. 2012