



ELABORACIÓN DE CONCRETO TRANSLÚCIDO CON DISTINTAS DOSIFICACIONES DE CUARZO COMO REEMPLAZO DEL AGREGADO GRUESO PARA EL AUMENTO DE SU TRANSMITANCIA LUMINOSA

PRODUCTION OF TRANSLUCENT CONCRETE WITH DIFFERENT DOSES OF QUARTZ AS A REPLACEMENT FOR COARSE AGGREGATE TO INCREASE ITS LUMINOUS TRANSMITTANCE

Autores:

**Wladimir Ramírez-Cabrera¹ ; Pamela Jácome-Jácome² ; Celia Mayacela-Rojas³ ;
Francisco Ramírez-Cabrera⁴ ; Jonatan Chacón-Espín⁵**

¹ Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato – Ecuador; wjramirez@uta.edu.ec

² Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato – Ecuador; pjacome4464@uta.edu.ec

³ Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica/Dirección de investigación y desarrollo, Ambato – Ecuador; cm.mayacela@uta.edu.ec

⁴ Municipio de Rumiñahui, Rumiñahui – Ecuador; francisco.ramirez@ruminahui.gob.ec

⁵ Constructora y Consultora Chacón y Chacón CCJACE Cia. Ltda, Latacunga – Ecuador; ajonatan89@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.31243/id.v19.2024.2553>

RESUMEN

La opacidad del concreto limita su uso en aplicaciones que requieren transparencia, como fachadas y elementos decorativos. En proyectos de edificaciones actuales, especialmente en edificios multifamiliares, surge la necesidad de soluciones innovadoras para mejorar la iluminación, ya que la luz natural solo entra por los frentes libres. Como alternativa a este problema, ha surgido el concreto translúcido, un material del que hay muy poca información disponible, incluso con patentes para su proceso de fabricación. En la presente investigación, se elaboró concreto simple utilizando una mezcla de arena de cuarzo y arena silícica como agregado fino. Además, se sustituyó el agregado grueso por cuarzo triturado en proporciones del 10%, 20% y 40%. Se fabricaron muestras cilíndricas y prismáticas para evaluar su influencia en propiedades físicas y mecánicas como la resistencia a la compresión y la transmitancia luminosa. Los resultados mostraron que la capacidad de absorción del cuarzo es menor a los agregados comunes y que el aumentar la proporción de agregado grueso de cuarzo reduce la resistencia mecánica a la compresión, pero al mismo tiempo incrementa la transmitancia luminosa.

PALABRAS CLAVE: Concreto translúcido, cuarzo, resistencia a compresión, espectrofotometría, SEM.

ABSTRACT

The opacity of concrete limits its use in applications that require transparency, such as facades and decorative elements. In current building projects, especially in multi-family buildings, there is a need for innovative solutions to improve lighting, as natural light only enters through the free-facing fronts. As an alternative to this problem, translucent concrete has emerged—a material about which very little information is available, even including patents for its manufacturing process. This research prepared plain concrete using a mix of quartz sand and silica sand as fine aggregates. Additionally, the coarse aggregate was replaced with crushed quartz in proportions of 10%, 20%, and 40%. Cylindrical and prismatic samples were produced to assess their influence on physical and mechanical properties such as compressive strength and

light transmittance. The results showed that the absorption capacity of quartz is lower than that of common aggregates and that increasing the proportion of coarse quartz aggregate reduces compressive strength while simultaneously increasing light transmittance.

KEYWORDS: Translucent concrete, quartz, compressive strength, spectrophotometry, SEM.

1. INTRODUCCIÓN

El concreto translúcido fue desarrollado principalmente para aplicaciones arquitectónicas y de diseño de interiores. Este material permite iluminar los edificios con luz natural o artificial, promoviendo el ahorro energético, facilitando la entrada de luz y creando efectos visuales interesantes, sin sacrificar la solidez del concreto convencional (Said, 2020). La idea del concreto translúcido fue concebida por el arquitecto húngaro Aron Losonczi durante sus estudios de posgrado en la Universidad de Estocolmo (LitraCon, 2017; Sreevani et al., 2023). Sin embargo, no logró avances significativos hasta el año 2001, cuando combinó cemento tradicional con fibra óptica para crear el primer concreto translúcido, denominado LiTraCon (Light Transmitting Concrete). Este producto utiliza entre un 4% y un 5% de fibra óptica, logrando así un equilibrio óptimo entre resistencia mecánica y transmitancia luminosa, dado que estos dos factores tienen una relación inversa.

La transmitancia luminosa corresponde a la medida de la cantidad de luz que pasa a través de un material. Es una propiedad comúnmente evaluada en vidrios y plásticos que deben cumplir con especificaciones de normativas. La cantidad total de luz transmitida a través de un material equivale a la luz total incidente menos la luz que es absorbida. (Licari & Swanson, 2011)

El avance hacia la creación de concreto translúcido ha sido objeto de investigaciones en distintas regiones. En México, a principios del año 2005, Gutiérrez Sosa y Galván Cáceres desarrollaron el aditivo "Ilum", el cual, al combinarse con cemento blanco, agregado fino, agregado grueso, fibras de polipropileno y agua, es capaz de lograr una transmitancia luminosa del 70% y una resistencia mecánica 15 veces mayor a la del concreto normal. (Construye, 2018)

En 2023, un grupo de investigadores llevó a cabo un estudio comparativo modelando una oficina idéntica en seis ciudades diferentes, utilizando concreto translúcido en una de las paredes de cada oficina. Los resultados revelaron que el uso de concreto translúcido permitió un ahorro en el consumo energético de hasta un 45,7% y un aumento del 39% en el índice de iluminancia útil de luz diurna. El estudio concluyó que las aplicaciones más adecuadas para este material son oficinas, galerías y museos (Navabi et al., 2023).

Con el objetivo de lograr transmitancia luminosa se han incorporado diferentes materiales en el concreto entre los que resaltan vidrio en forma de placas (Aguas, 2015), resinas en forma tubular (Aranxa et al., 2019; Juan & Zhi, 2019), placas de vidrio y POF (Plastic Optical Fiber) (Navabi et al., 2023; Tahwia et al., 2022), los cuales han demostrado aumentar la transmitancia luminosa en cantidades considerables. La característica principal es que atraviesan al concreto de extremo a extremo. Es decir, estos materiales no son incluidos en la mezcla, si no que se colocan de manera controlada por medio de orificios que se incluyen en los moldes, los cuales permiten que se mantengan firmes y atraviesen el mismo, durante el vertido de la mezcla de concreto.

El cuarzo se ha convertido en una opción especialmente atractiva para arquitectos e ingenieros que buscan crear estructuras innovadoras y estéticamente agradables (Aguas, 2015; Leyva et al., 2010). Un aspecto fundamental en la utilización de cuarzo radica en la trabajabilidad de la mezcla. De acuerdo con estudios locales realizados en placas de mortero con arena de cuarzo, la trabajabilidad se ve afectada debido al módulo de finura de la arena de cuarzo, dejando superficies rugosas y filos visibles.

Estudios realizados en Perú en 2018 analizaron la influencia del cuarzo lechoso como reemplazo del agregado grueso en el concreto. El reemplazo del 100% del agregado grueso resultó en un aumento en la transmitancia luminosa de 8,43%. No obstante, se observó que a partir del 25% de reemplazo la resistencia mecánica decae (Zegarra & Neyra, 2018).

Para la medición de transmitancia luminosa los investigadores han optado por la utilización de luxómetros (Pauta, 2023), simulaciones de espectrofotómetros (Luisi, 2020), circuitos LDR (Light Dependent Resistor) (Paul & Dutta, 2013; Tuam et al., 2018). En general, cada investigación difiere en su método debido a que no existe una norma específica para este tipo de hormigones.

A pesar de que diversos materiales han sido utilizados en investigaciones anteriores para permitir la transmitancia luminosa, es importante destacar que hay una escasez de estudios en los que el material forme parte integral de la mezcla y su posición sea aleatoria debido al proceso de fabricación del concreto. Esta investigación tuvo como objetivo principal desarrollar concreto translúcido, utilizando concreto simple elaborado con una mezcla de arena de cuarzo y arena silícica como agregado fino. Además, se sustituyó el agregado grueso por cuarzo triturado en proporciones del 10%, 20% y 40%. Se fabricaron muestras cilíndricas y prismáticas para evaluar su influencia en diversas propiedades físicas, incluyendo la resistencia a la compresión y la transmitancia luminosa.

2. METODOLOGÍA

Para cumplir con el objetivo principal, la investigación se desarrolló en tres fases. En la fase 1, se determinaron las propiedades físicas de los materiales para realizar la dosificación de la mezcla. Posteriormente, en la fase 2, se evaluó la resistencia a compresión mediante el uso de probetas cilíndricas elaboradas con concreto translúcido, y para finalizar, en la Fase 3 se llevó a cabo la medición de la transmitancia luminosa en probetas prismáticas.

2.1. Dosificación

Los materiales utilizados incluyeron cemento blanco Argos de uso general, arena y grava de mina de montaña, arena de cuarzo, y cuarzo cristal de roca. Las propiedades físicas de los agregados, necesarias para el diseño de la mezcla fueron determinadas mediante los ensayos de granulometría (NTE INEN 696:2011), peso volumétrico (NTE INEN 858:2010), densidad relativa y capacidad de absorción del agregado fino y grueso ((NTE INEN 856:2010; NTE INEN 857:2010), y densidad real del cemento (NTE INEN 156:2009).

Dado que el objetivo de la investigación fue lograr una mayor transmitancia lumínica en el concreto, se optó por utilizar arena de cuarzo como agregado fino. Para cumplir con los requisitos de granulometría recomendados por la norma (NTE INEN 872:2011. Áridos para hormigón. Requisitos, 2011) se empleó arena de cuarzo Tipo I (módulo de finura de 0,85), arena de cuarzo Tipo II (módulo de finura 2,64) y arena de mina (módulo de finura de 2,92), las proporciones usadas fueron 20%, 60% y 20% respectivamente, con respecto al peso total de agregado fino usado. Como agregado grueso se usó piedra triturada de mina con remplazos parciales de cuarzo en 0 %, 10%, 20% y 40%, ambos con tamaño máximo nominal de 25 mm. Mediante el método de la Densidad optima se realizó la dosificación para una mezcla cuya resistencia cilíndrica a la compresión sea 21 MPa como se muestra en la Tabla 1, se fabricaron 36 cilindros de 200x100 mm siguiendo la normativa (NTE INEN 1 573:2010) y cuatro placas de 400x100x100 mm por cada porcentaje de reemplazo, que fueron posteriormente usadas para el ensayo de transmitancia luminosa.

Tabla 1*Dosificación al peso para resistencia de 21 MPa*

Material	Cantidad en kg por cada m ³ de concreto (0% reemplazo)	Cantidad en kg por cada m ³ de concreto (10% reemplazo)	Cantidad en kg por cada m ³ de concreto (20% reemplazo)	Cantidad en kg por cada m ³ de concreto (40% reemplazo)
Agua	171,861	171,861	171,861	171,861
Cemento	296,313	296,313	296,313	296,313
Arena	887,478	887,478	887,478	887,478
Ripio	1028,916	926,024	823,133	617,350
Cuarzo	0,000	102,892	205,783	411,566
Total	2384,568	2384,568	2384,568	2384,568

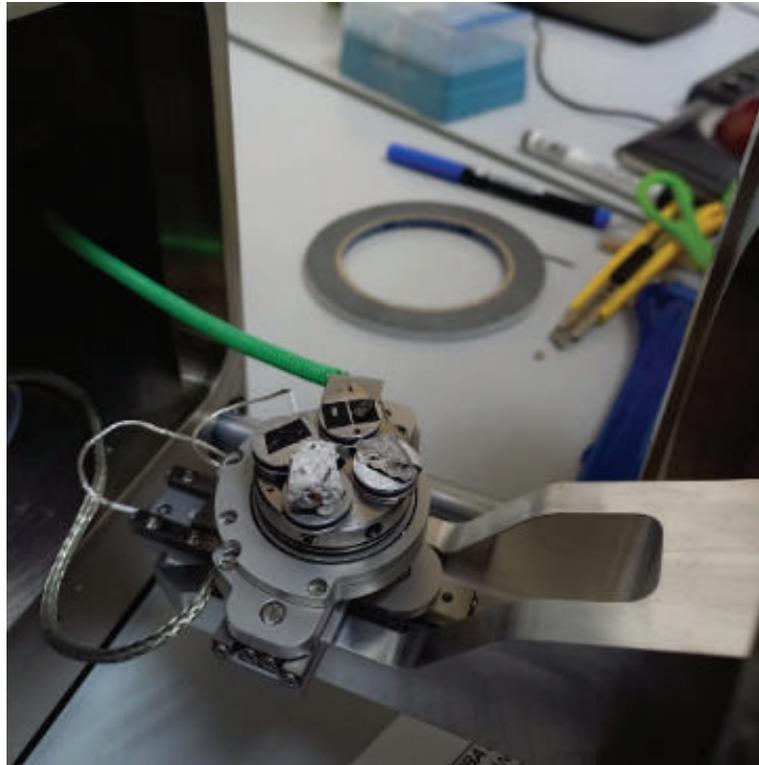
2.2. Resistencia a la Compresión

Las 36 probetas cilíndricas con 0 %, 10%, 20% y 40% de cuarzo como agregado grueso, permanecieron en la cámara de humedad a una temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ por 28 días, posteriormente, fueron ensayadas a compresión usando una máquina universal modelo Concreto 2000X con una capacidad de 2000 kN a velocidad de carga constante de $0,25 \pm 0,05$ MPa/seg como se puede observar en la Figura 1. Además, se realizó un análisis mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) de restos de cuarzo para evaluar la adherencia, superficie, y tipos de fallas que presentó el material como indica la Figura 2.

Figura 1*Ensayo de compresión*

Figura 2

Ensayo de microscopía de barrido (SEM)



2.3 Transmitancia Luminosa

Al no existir una normativa para medir la transmitancia luminosa en concreto, el ensayo se realizó en base a la normativa establecida para medir transmitancia luminosa en vidrio (NTE INEN 1727:2011). Se realizaron 4 placas de 400x100x100 mm para cada porcentaje de reemplazo de cuarzo y adicionalmente 4 para el reemplazo de 100%, las cuales se analizaron mediante un espectrofotómetro (Aoptek SGT-3) y se determinó el índice de transmisión de la luz visible como se observa en la Figura 3.

El proceso implicó determinar el índice de transmisión de la luz visible a través de la placa, utilizando un fotómetro fotoeléctrico o un espectrofotómetro ultravioleta-visible. Estos dispositivos miden la intensidad de la luz que atraviesa una muestra (I) y la comparan con la intensidad de la luz antes de pasar por la muestra (I_o). La relación I/I_o se denomina transmitancia (transmisión luminosa) y suele expresarse en porcentaje (T%).

$$T\% = \frac{I}{I_o} * 100 \quad (1)$$

Figura 3

Ensayo de transmitancia luminosa



3. RESULTADOS

3.1. Dosificación

El análisis de las propiedades físicas reveló que la densidad de la arena de mina y de la arena combinada utilizadas en la elaboración del concreto son similares 2,65 y 2,66 gr/cm³, de la misma manera la capacidad de absorción de la arena de mina y de la arena combinada fueron de 2,46 y 0,36 %. Para el caso del agregado grueso, el agregado de mina obtuvo una densidad de 2.62 gr/cm³, mientras que el agregado de cuarzo 2,65 gr/cm³, el porcentaje de absorción para ambos materiales fue de 2,01 y 0,9 % respectivamente, como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2

Densidad real y capacidad de absorción de los agregados

Tipo de agregado	Agregado	Densidad real (gr/cm ³)	Capacidad de absorción (%)
Fino	Grava	2,65	2,46
	Cuarzo	2,66	0,36
Grueso	Grava	2,62	2,01
	Cuarzo	2,65	0,19

3.2. Ensayo a Compresión

En la Tabla 3 se muestran los resultados promedios del ensayo de resistencia a compresión los 28 días, las resistencias fueron de 42,07, 40,16, 39,86 y 35,88 MPa para los remplazos de 0%, 10%, 20% y 40% de cuarzo como agregado grueso. Además, es importante mencionar que todos los especímenes presentaron una falla frágil, explosiva.

Tabla 3

Resistencia a compresión a los 28 días con 0, 10, 20 y 40% de reemplazo de cuarzo como agregado grueso

Remplazo de cuarzo como agregado grueso (%)	Resistencia promedio a los 28 días (MPa)
0	42,07
10	40,16
20	39,86
40	35,88

3.3. Ensayo Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

Las figuras 3 y 4 muestran el análisis SEM de una muestra de cuarzo en forma de grava y arena, donde se pueden identificar varios tipos de fallas y características en la superficie. Dado que el ensayo requiere una partícula de menor tamaño para un análisis detallado, se seleccionó una del resto del concreto ensayado. Esto proporciona una visión precisa del comportamiento del cuarzo bajo condiciones similares a su uso en mezclas reales, permitiendo evaluar su adherencia y resistencia en la matriz del concreto.

En la Figura 3 se puede observar fracturas concoideas (CF) y cóncavas (UC) típicas del cuarzo, mismas que se presentan como superficies curvas y lisas, indicando rupturas naturales o inducidas por la carga. También se pueden observar fallas lisas escalonadas (SF) y líneas estiradas (SL) en menor cantidad. Además, existen micro fisuras que se extienden a lo largo de la superficie del cuarzo.

La Figura 4 corresponde a un grano de arena de cuarzo donde se observan características similares a las del cuarzo cristal de roca, pero con algunas diferencias notables. Existen fracturas concoideas en menor cantidad con relación al cuarzo en forma de grava. En el área marcada en la figura, se identifica una pared lisa cuya adherencia a la mezcla se dificulta, mientras que en la zona donde existe la falla escalonada, a pesar de ser lisa, la mezcla ha permanecido adherida.

Figura 3
Superficie de cuarzo reemplazante del agregado grueso

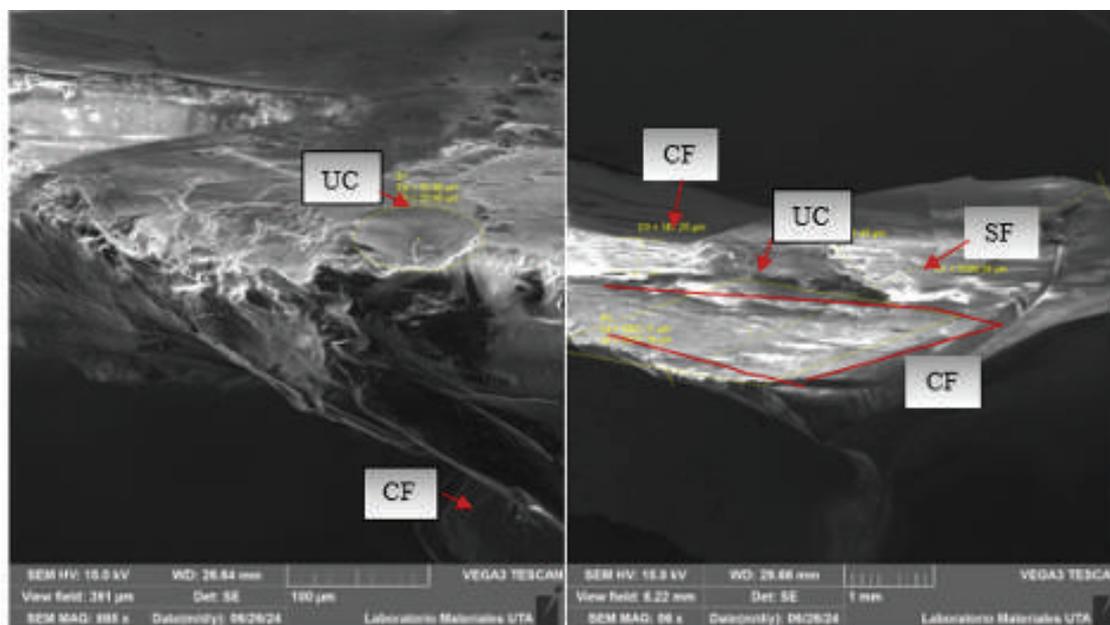
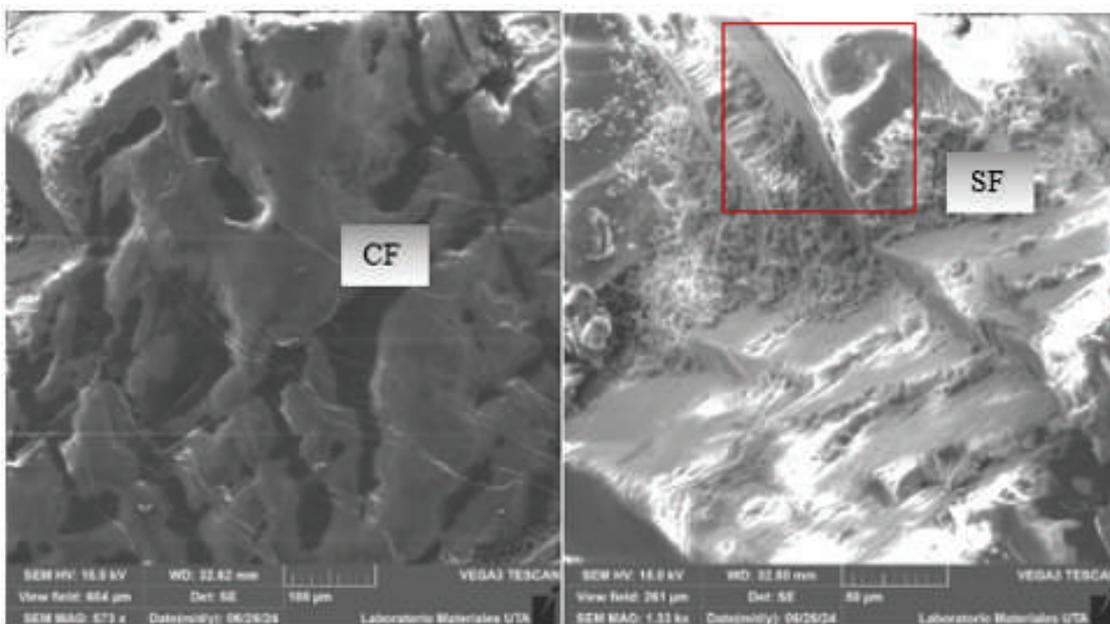


Figura 4
Superficie de arena de cuarzo



3.4. Ensayo de transmitancia luminosa

Mediante el ensayo realizado en el espectrofotómetro se registró la transmitancia luminosa obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 4 para valores de 0, 10, 20, 40 y 100 % de remplazo de cuarzo como agregado grueso.

Tabla 4

Ensayo de transmitancia luminosa

Remplazo de cuarzo (%)	Transmitancia luminosa (%)
0	0,31
10	0,44
20	0,49
40	0,79
100	1,21

4. COMPARACIÓN Y DISCUSIÓN

En la fase de dosificación los resultados obtenidos para el cuarzo reemplazante del agregado grueso denotaron que el material posee baja capacidad de absorción, alrededor de un 0,19 % y una densidad de 2,65 gr/cm³. La arena combinada usada en la presente investigación posee 80% de cuarzo y presentó una densidad de 2,66 gr/cm³ y una absorción 0,36% valores similares a los obtenidos por Zegarra y Neyra (2018) y Pauta (2023).

La densidad de la arena combinada de cuarzo y la arena de mina son similares con una diferencia de alrededor del 1%. Sin embargo, se observa una diferencia significativa en la capacidad de absorción: la arena combinada presenta una reducción del 85,35% en comparación con la arena de mina. En el agregado grueso el fenómeno es similar, la variación en la densidad entre la grava de mina y el cuarzo es menor al 1%. Sin embargo, la capacidad de absorción disminuyó el 90,50% en el cuarzo en comparación con la grava de mina.

Mediante los ensayos de resistencia a compresión se identificó que a medida que aumenta la proporción de cuarzo, los valores de resistencia a compresión a los 28 días decaen. Es así que, la pérdida de resistencia promedio en porcentaje fue de 4,54%, 5,27% y 14,73% para los reemplazos de 10%, 20% y 40% de cuarzo como agregado grueso, es decir a partir del 10% de remplazo la resistencia disminuye con respecto a la muestra patrón, resultados opuestos a los encontrados en la investigación de Zegarra y Neyra (2018), quienes afirman que la resistencia a compresión aumenta en un 3,57% cuando el porcentaje de remplazo de cuarzo como agregado grueso es menor o igual 25%.

A pesar de que la resistencia a compresión disminuye, todos los resultados obtenidos superan en su totalidad los 21 MPa, resultado que se atribuye a la arena combinada. Investigadores describen a la arena de cuarzo como un silicato duro, resistente al desgaste y químicamente estable, que posee alta resistencia mecánica (T. Wang et al., 2023). En investigaciones como la de Ordóñez y Egüez (2009) cuyos materiales de interés fueron arena de cuarzo, y cuarzo triturado, se obtienen resistencias de hasta 104,98 MPa para el ensayo de compresión a los 28 días de edad.

El ensayo SEM del agregado grueso dejó en evidencia micro fisuras que se extienden a lo largo de la superficie, las cuales pueden ser el resultado de tensiones internas o impactos externos, afectando la integridad estructural del material. Las micro fisuras pueden afectar negativamente la resistencia global del material cuando se usa en concreto, ya que dificultan la adhesión con otros componentes de la mezcla. (Y. Wang et al., 2015).

En algunos lugares de la muestra se observan superficies lisas y planas, lo que es característico de la rotura frágil del material. Estas áreas indican que el cuarzo se ha roto de manera abrupta sin mucha deformación plástica. La presencia de estas superficies lisas y planas sugiere que el cuarzo tiene una baja capacidad de deformación antes de romperse, destacando su fragilidad bajo ciertas condiciones.

En el ensayo SEM de la arena de cuarzo se identifican micro fisuras que se extienden a lo largo de la superficie del grano de arena, indicando la presencia de tensiones internas o impactos externos. En ciertas áreas, la superficie del grano de arena muestra superficies muy lisas y planas, características de una rotura frágil del material. Las fracturas concoides también están presentes, aunque en menor cantidad con relación a la grava, lo que sugiere una menor homogeneidad en la estructura del grano de arena.

En la presente investigación el uso del cuarzo como agregado grueso aumentó la translucidez del concreto desde un 0,31% hasta el 1,21 %, cabe mencionar que el concreto convencional cuyo árido fino proviene de montaña, posee una transmitancia de 0% (Huacani et al., 2019). Los resultados obtenidos son mayores a los observados por Huacani et al. (2019) donde el cuarzo aumentó la translucidez del concreto hasta un 1,17% al reemplazar el agregado grueso en su totalidad. En la presente investigación las cantidades de transmitancia luminosa se ven limitadas debido a que la arena de cuarzo, en conjunto con el agua y cemento blanco, forman una pasta blanca, la cual genera opacidad en el concreto.

5. CONCLUSIONES

Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión, microscopía electrónica de barrido y transmitancia luminosa en probetas de concreto que fueron fabricadas con distintas proporciones de cuarzo en forma de agregado grueso y fino. Esto permitió analizar el comportamiento del concreto en función de estos factores.

Del análisis de propiedades físicas y mecánicas de materiales se destaca que el cuarzo posee un 90,50% menos de capacidad de absorción que la grava, y del mismo modo, la arena combinada presenta una absorción 85,65% menor a la arena de mina. Propiedad que influyó significativamente en la trabajabilidad de la mezcla.

El ensayo de resistencia a compresión demostró que el aumento de cuarzo como reemplazo de agregado grueso disminuye la resistencia a compresión del concreto hasta en un 15% para reemplazos de hasta el 40%.

El ensayo SEM realizado a los especímenes de cuarzo permitió visualizar fracturas concoides, micro fisuras y áreas con superficies lisas y planas, típicas de la rotura frágil del material. Estas características indican que el cuarzo puede afectar negativamente la resistencia global del concreto, al dificultarse la adherencia con otros componentes de la mezcla debido a su superficie lisa.

Finalmente, el ensayo de transmitancia luminosa realizado en el espectrofotómetro permitió concluir que, a mayor porcentaje de reemplazo de cuarzo tipo cristal de roca como agregado grueso, la transmitancia luminosa es mayor. Los especímenes con mayor porcentaje de reemplazo de cuarzo como agregado grueso arrojaron valores de transmitancia luminosa hasta 4 veces mayores a los especímenes sin reemplazo.

Los estudios realizados en esta investigación corresponden a un tipo específico de cuarzo. Para futuras investigaciones, se recomienda analizar mezclas con diferentes tipos de cuarzo e inclusión de materiales translucidos como vidrio o polímeros plásticos

6. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por la Universidad Técnica de Ambato, Dirección de Investigación y Desarrollo, Proyecto de Investigación aprobado con resolución Resolución Nro. UTA-CONIN-2024-0213-R “Aplicación de vibración ambiental para el estudio de la frecuencia natural de estructuras de edificación de hormigón armado existentes en el campus Huachi de la Universidad Técnica de Ambato”.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguas, J. (2015). Hormigón translúcido con fibra de vidrio y cuarzo.
- Aranxa, G., Alfaro, M., Alonso, Y., Espinola, S., Rubén, I. A., & Díaz, V. (2019). Ventajas y desventajas de las propiedades mecánicas del concreto con diferentes materiales translúcidos en edificaciones urbanas: Una revisión sistemática entre el 2009 y 2019.
- Construye, R. (2018). Concreto traslúcido made in México.
<https://revistaconstruye.com.mx/concreto-traslucido-made-in-mexico/>
- Huacani, A., Villegas, J., & Torres, G. (2019). Influencia del cuarzo en las propiedades mecánicas del concreto reemplazando al agregado grueso.
<https://drive.google.com/file/d/1t7CuUCGQYT0XXHqUT3sueB0fwLQRLovW/view?pli=1>
- Juan, S., & Zhi, Z. (2019). Preparation and Study of Resin Translucent Concrete Products. *Advances in Civil Engineering*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/8196967>
- Leyva, A., Leyva, E., Leyva, C., & Almenares, R. (2010). *Ciencias Holguín*. Ciencias Holguín.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181517919014>
- Licari, J. J., & Swanson, D. W. (2011). Test and Inspection Methods. En *Adhesives Technology for Electronic Applications* (pp. 345-377). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-1-4377-7889-2.10007-5>
- LitraCon . (2017). <https://www.litracon.hu/en/about-us>
- Luisi, A. (2020). Hormigón translúcido con fibra óptica.
- Navabi, D., Amini, Z., Rahmati, A., Tahbaz, M., Butt, T. E., Sharifi, S., & Mosavi, A. (2023, julio 1). Developing light transmitting concrete for energy saving in buildings. *Case Studies in Construction Materials*, 18.
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e01969>
- NTE INEN 1 573:2010. Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico (2010).
- NTE INEN 156:2009 Cemento hidráulico. Determinación de la densidad (2009).
- NTE INEN 696:2011. Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso. (2011).
- NTE INEN 856:2010. Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (Gravedad específica) y absorción del árido fino (2010).
- NTE INEN 857:2010. Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (Gravedad específica) y absorción del árido grueso (2010).
- NTE INEN 858:2010. Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos. (2010).

- NTE INEN 872:2011. Áridos para hormigón. Requisitos (2011).
- NTE INEN 1727:2011. Vidrios de seguridad. Determinación de la transmitancia luminosa (2011).
- Ordóñez, A., & Egüez, H. (2009). Comportamiento de Hormigón Simple Mezclado con Polvo Reactivo.
- Paul, S., & Dutta, A. (2013). Translucent concrete. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(10).
www.ijsrp.org
- Pauta, E. (2023). Análisis de las propiedades físico-mecánicas de placas de hormi3n translúcido con retículas de vidrio y diferentes porcentajes de fibra de polipropileno.
- Said, S. H. (2020). State-of-the-art developments in light transmitting concrete. *Materials Today: Proceedings*, 33, 1967-1973. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2020.06.128>
- Sreevani, J., Roshni, T., Saipriya, E., & Krishna, P. V. V. S. S. R. (2023, junio 5). Litracon: An alternative source for conventional concrete. *E3S Web of Conferences*, 391. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339101206>
- Tahwia, A. M., Abdelaziz, N., Samy, M., & Amin, M. (2022, diciembre 1). Mechanical and light transmittance properties of high-performance translucent concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 17.
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01260>
- Tuaum, A., Shitote, S. M., & Oyawa, W. O. (2018). Experimental Evaluation on Light Transmittance Performance of Translucent Concrete. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(2), 1209-1218.
<http://www.ripublication.com>
- Wang, T., Cao, W., Wang, Y., Qu, C., Xu, Y., & Li, H. (2023). Surface modification of quartz sand: A review of its progress and its effect on heavy metal adsorption. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 262, 115179.
<https://doi.org/10.1016/J.ECOENV.2023.115179>
- Wang, Y., Cheng, Q., & Zhu, Q. (2015). Surface microscopic examination of quartz grains from rock avalanche basal facies. *Canadian Geotechnical Journal*, 52(2), 167-181. <https://doi.org/10.1139/cgj-2013-0284>
- Zegarra, F., & Neyra, B. (2018). Influencia del cuarzo reemplazante del agregado grueso en las propiedades mecánicas del concreto.