

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

“DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO TRANSLÚCIDO  
APLICANDO AGREGADOS QUE PERMITEN EL PASO DE  
LUZ, LIMA – 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Diane Ethel Prado Ñaupá

Alex Brayan Velasquez Linares

Asesor:

Mg. Neicer Campos Vasquez

Lima - Perú

2022

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico con mucho amor a Dios por ser mi fortaleza y estar siempre a mi lado en los momentos que más necesito, por darme la vida, sabiduría, paciencia y por hacer de mí una persona del bien.

Dedico con cariño este trabajo a mi familia, en especial a mis padres; quienes son mi principal motivo de superación cada día, que con sus sabios consejos, comprensión y paciencia me han apoyado en todo momento a lo largo de este camino, motivándome siempre a salir adelante en mis metas con perseverancia y esfuerzo.

**Prado Ñaupá Diane Ethel**

A mi padre, por enseñarme de sus experiencias. A mi madre por tener esperanzas en mí. A mi tío Artico, por confiar en mí. A mis hermanos por apoyarme en todo. A mi grupo de amigos “Los Universe”, son las personas más fascinantes y graciosas que tuve la oportunidad de conocer, y aunque cada uno de nosotros nos dediquemos a cosas diferentes, el interés que ponemos cuando hablamos de lo que hacemos, es genuino y se aprecia. Los quiero chicos.

**Velasquez Linares Alex Brayán**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por ser nuestro guía, permitiéndonos culminar con esta investigación y alcanzar un propósito más en nuestra carrera.

A nuestras familias por la confianza depositada en nosotros, por su apoyo constante y por bríndanos el soporte que necesitábamos en los momentos de adversidad a lo largo de este proceso.

A los docentes de la Universidad Privada del Norte de Ingeniería Civil, en especial a nuestro asesor Ing. Neicer Campos Vasquez por su permanente orientación académica durante el desarrollo del presente Artículo.

A esta prestigiosa Universidad que me abrió las puertas para lograr la meta que me había propuesta de servir a la sociedad como profesional. A la vez hago extensivo a mi agradecimiento a los amigos por el incentivo para lograr mis objetivos. Agradezco a mi enamorado, por la infinita paciencia y amor.

**Prado Ñaupá Diane Ethel**

Agradezco a un gran amigo, Carlos Lázaro Nieto, ver tu desarrollo profesional y personal ha sido una toda una inspiración, gracias por los consejos y la paciencia puesta en mí, hubo momentos en los que creí que no llegaría a cumplir esta meta, si no fuera por ti, este punto de la historia sería diferente, gracias.

**Velasquez Linares Alex Brayán**

# Translucent concrete mix design applying aggregates that allow the passage of light, LIMA – 2021

Prado-Ñaupá Diane Ethel, Velasquez-Linares Alex Brayan, Campos-Vasquez Neicer, Maestro en Ciencia Económicas, Manturano-Chipana Rubén Kevin, Maestro en Educación  
Universidad Privada del Norte, Perú, n00126306@upn.pe, n00158329@upn.pe, neicer.campos@upn.edu.pe, ruben.manturano@upn.edu.pe

**Abstract**– The objective of this work is to carry out a mix design for translucent concrete using aggregates that allow the passage of light, therefore, an analysis related to the translucent concrete mix design was carried out, in a time interval of 10 years, to define what type of aggregates, additives and w/c ratio, are the ones that will provide the greatest benefit to the final product. For this, a mix design for translucent concrete was proposed, referring to ACI 211.1, since different aggregates such as tempered glass, quartz, white cement and also a plasticizing additive will be used to obtain an optimal design for translucent concrete. In addition, application cases with additive were carried out, in order to obtain different mix designs with the properties of translucency and resistance to compression, with these designs it was concluded that quartz and Ottawa sand are the aggregates that most favor the passage of light, however, using glass at 40% and quartz at 60% in the mix design gives moderate translucency to the mix, finally it was defined that the possible applications of this type of concrete are given for glass block type partitions and false ceiling, that is, for non-bearing aesthetic structures..

**Keywords:** Translucent concrete, quartz, tempered glass, mix design.

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).  
**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).  
**DO NOT REMOVE**

# Diseño de mezcla de concreto translúcido aplicando agregados que permiten el paso de luz, LIMA – 2021

Prado-Ñaupá Diane Ethel, Velasquez-Linares Alex Brayan, Campos-Vasquez Neicer, Maestro en Ciencia Económicas, Manturano-Chipana Rubén Kevin, Maestro en Educación  
Universidad Privada del Norte, Perú, n00126306@upn.pe, n00158329@upn.pe, neicer.campos@upn.edu.pe, ruben.manturano@upn.edu.pe

**Resumen**– El presente trabajo tiene como objetivo realizar un diseño de mezcla para concreto translúcido utilizando agregados que permiten el paso de luz, por ello, se realizó un análisis relacionado al diseño de mezcla de concreto translúcido, en un intervalo de tiempo de 10 años, para definir qué tipo de agregados, aditivos y relación a/c, son los que otorgaran un mayor beneficio al producto final. Para ello se propuso un diseño de mezcla para concreto translúcido referenciando al ACI 211.1, ya que se utilizará distintos agregados como vidrio templado, cuarzo, cemento blanco y también aditivo plastificante para obtener un diseño óptimo para concreto translúcido. Además, se realizó casos aplicativos con aditivo, con la finalidad de obtener distintos diseños de mezcla con las propiedades de translucidez y resistencia a la compresión, con estos diseños se concluyó que el cuarzo y la arena Ottawa son los agregados que más favorecen al paso de luz, no obstante, usar vidrio al 40% y cuarzo al 60% en el diseño de mezcla otorga translucidez moderada a la mezcla, finalmente se definió que las posibles aplicaciones de este tipo de concreto están dadas para tabiquería tipo block de vidrio y techo falso, es decir, para estructuras estéticas no portantes.

**Palabras clave:** concreto translúcido, cuarzo, vidrio templado, diseño de mezcla.

## I. INTRODUCCIÓN

En tiempos actuales se ha mantenido un avance tecnológico en muchas áreas de estudio, una de esas es la construcción, por lo cual ahora se puede crear edificios más altos, seguros y vistosos. Por eso, no es extraño pensar en nuevos métodos y tipos de concretos o materiales novedosos para este compuesto.

Como menciona Harmsen, E. “El concreto es una mezcla de cemento, agregado grueso o piedra, agregado fino o arena y agua. El cemento, el agua y la arena constituyen el mortero cuya función es unir las diversas partículas de agregado grueso llenando los vacíos entre ellas.” [1]. Pero existen diferentes materiales que se pueden usar como agregado grueso y/o fino, dado que cumplen con las mismas propiedades y a la vez agregan otras o en su defecto, se aproximan a ellas, una de esas propiedades es la translucidez que se puede encontrar en diferentes materiales o minerales.

“En el hormigón convencional de cemento Pórtland el ligante es una mezcla de cemento Pórtland y agua. Debido al color grisáceo y a la gran densidad que presenta, es casi imposible distinguir cuerpos, colores y formas a través de él, siendo totalmente opaco. Para que esto fuera posible y fuera translúcido tendría que ser una lámina de muy poco espesor, la cual tendría muy poca resistencia mecánica” [2], es por ello que nos hacemos la pregunta ¿Se puede realizar un diseño de mezcla

para concreto translúcido aplicando agregados que permiten el paso de luz?

Un ejemplo de este tipo de concreto que usa diferentes agregados para obtener la propiedad de translucidez se realizó en el año 2005 en México, los ingenieros Gutiérrez Sosa y Galván Cáceres crearon un concreto translúcido utilizando cemento blanco, agregado fino y grueso, fibra y aditivo “Illum”, este aditivo le da al concreto una mayor resistencia y permite el paso de luz hasta un 70% [3].

A nivel nacional (Perú), en el año 2018 en Trujillo se estudió la influencia del cuarzo en el concreto al reemplazar el agregado grueso, usando el método ACI 211, sometiendo a los agregados a los ensayos respectivos según las normas técnicas peruanas, pero utilizando cemento blanco en lugar del convencional, una vez realizado los ensayos, reemplazaron el agregado grueso en porcentajes de 25%, 50% y 100% según su peso para ser agregados a los probetas y someterlos a prueba, concluyendo que el cuarzo aumenta la translucidez del concreto hasta un 8.43% cuando se reemplaza totalmente el agregado grueso, pero al hacerlo, baja la resistencia a la compresión del concreto [4].

En el año 2019 en Chiclayo, se analizó la aplicación de vidrio triturado en reemplazo del agregado grueso, utilizando vidrio templado reciclado y sometiéndolo a los ensayos granulométricos para obtener trozos similares al agregado grueso, los cuales reemplazo en porcentajes de 10%, 12.5%, 15% y 20% en un diseño de mezcla de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, al realizar el ensayo de resistencia a la compresión obtuvo, que el diseño con mayor resistencia a los 28 días de edad fue el de 12.5% de vidrio templado triturado, obteniendo 282.3 kg/cm<sup>2</sup>, concluyendo que se obtiene una resistencia adecuada al usar vidrio en porcentajes no mayores al 15% del agregado grueso [5].

En el año 2020 en Cajamarca, se analizó la transmitancia de luz y la resistencia del concreto translúcido utilizando vidrio como sustituto del agregado grueso, para ello se utilizó probetas cúbicas y utilizando vidrio como reemplazo del 28% del agregado grueso, pero la colocación de este material se realizó de forma que los trozos de vidrio de 5cm x 1cm estén de extremo a extremo del molde, como se grafica en el a Figura 1, colocando capas de concreto, vidrio y concreto en ese orden para garantizar el paso de luz y evitar que se opaque con la

mezcla. A los 28 días de edad y realizado el ensayo a compresión, se concluye que el porcentaje óptimo de vidrio utilizado que otorga mayor resistencia es 14% en reemplazo del agregado grueso, con respecto a la translucidez concluyo que con el uso de 21% a más de vidrio se obtiene buena transmitancia de luz, pero esto afecta notoriamente a la resistencia del concreto, por lo que se entiende que la translucidez es inversamente proporcional a la resistencia del concreto [6].

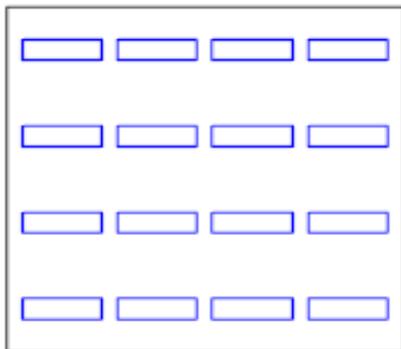


Fig. 1 Colocación de vidrio en probeta cubica [6].

Aunque esta forma de colocar el concreto no es dificultosa, dependiendo de la cantidad de vidrio en la capa, es posible que al realizar el desencofrado se desmorone la probeta, como se observa en la Figura 2, ya que el concreto no se adhiere de manera adecuada al vidrio.



Fig. 2 Probetas defectuosas al no mantenerse en una pieza [6].

En el año 2013 en Brasil, se experimentó con el uso de fibra óptica en el concreto, utilizando este material en diámetros de 0.3, 0.5 y 1 mm, al igual que el uso de las láminas de vidrio, el uso de fibra óptica puede provocar que el concreto se desmorone al realizar el desencofrado, por lo cual Cadavid opto por realizar paneles y añadir el concreto por capas, en la Figura 3 se observa la colocación de la fibra óptica y el desencofrado [7].



Fig. 3 Concreto con fibra óptica colocado por capas y desencofrado [7].

## II. METODOLOGIA

Para realizar esta investigación, la cual es del tipo teórica - descriptiva con enfoques aplicativos, se realizó la búsqueda de fuentes, se optó por repositorios universitarios como primera opción, empezando por el repositorio de la Universidad Privada del Norte, pero debido a la escasa cantidad de artículos relacionados al concreto translúcido, se tuvo que expandir el nivel de búsqueda, llegando a usar repositorios de diferentes universidades peruanas y de otros países.

En lo que respecta a buscadores académicos confiables, se usaron: Scielo, Scopues, Redalyc, Dialect, Researchgate, EBSCO y repositorios, en la Figura 6 se muestra el porcentaje de documentos encontrados por cada buscador. Obtenidos los resultados, se descartó los documentos que, si bien, se relacionan al concreto translúcido, estos se expandían a otras carreras no relacionadas a la ingeniería civil.

Se usó una estrategia de búsqueda más precisa que consiste en seleccionar documentos utilizando palabras claves, las cuales fueron “Diseño de concreto, concreto translúcido, hormigón translúcido, cuarzo, fibra óptica y concreto transparente”, utilizando un criterio de selección de antigüedad por publicación, 2010-2020, dado que, se considera un lapso de tiempo aceptable para considerar útil la información de estos documentos, obteniendo así una recopilación general de 40 documentos, entre artículos científicos, tesis y libros, ver la figura siguiente.

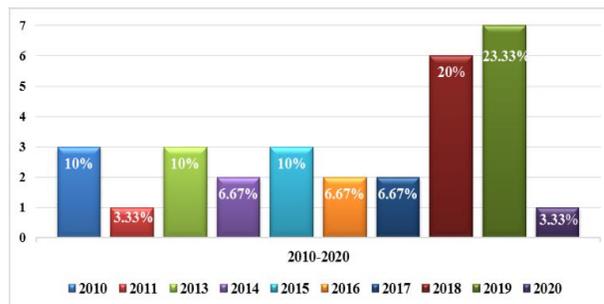


Fig. 4 Cantidad de Publicaciones por año entre 2010 – 2020.

La selección de documentos consideró el tema de concreto translúcido, ensayos y utilidad, como se muestra en la Figura 5. Estos documentos detallan el procedimiento para realizar concreto translúcido, al igual que el diseño de mezcla empleado y el uso de aditivos.

También se consideró documentos que, si bien no tratan de concreto translúcido, pero emplean materiales que poseen esta propiedad, como el cuarzo, vidrio templado o fibra óptica, para conocer más de sus propiedades, características y resultados al añadirse al concreto.

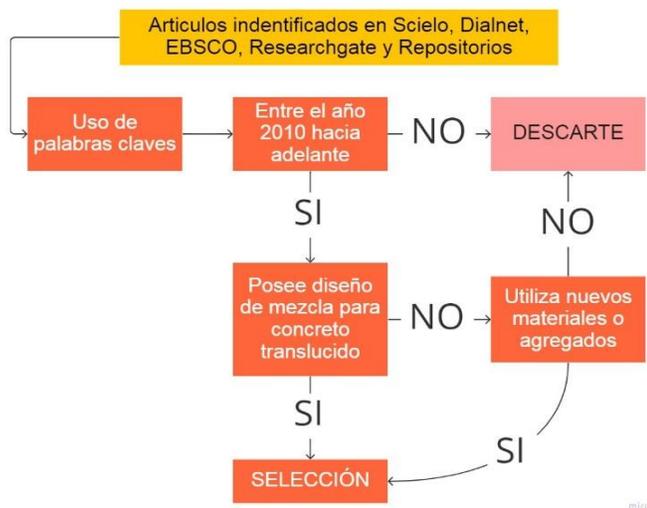


Fig.5 Diagrama de flujo de selección de documentos.

Por lo cual la recopilación se redujo a 20 documentos, entre artículos científicos y tesis, siendo estos considerados más importantes por su aporte a la investigación.

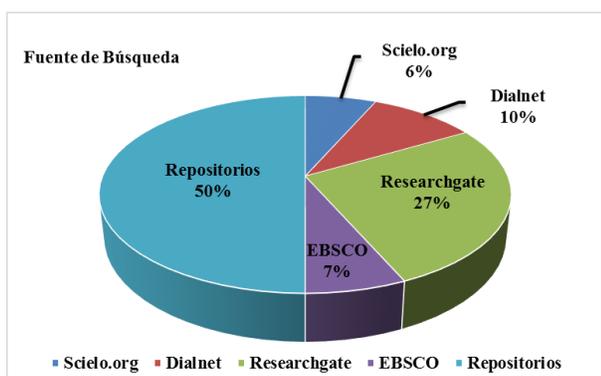


Fig. 6 Porcentaje de resultados según Buscadores Académicos

### III. RESULTADOS

Una vez obtenido los antecedentes de fuentes confiables, nos enfocamos en analizar los diseños de mezcla, la forma en la que fueron realizados y los materiales que usaron o en su defecto, reemplazaron, como se detalla en la Figura 7. Se revisó los agregados, los ensayos a los que fueron sometidos, cantidades, propiedades y de ser el caso, aditivos. También se tuvo en cuenta la resistencia deseada de los diseños realizados, al igual que el slump, los resultados de los ensayos a compresión, si estos fueron óptimos, se considerarán los porcentajes del agregado fino y el agregado translúcido para ser usados en el diseño final.



Fig. 7 Diagrama de flujo para el análisis de documentos.

De esta forma, encontramos 15 documentos que poseen resultados similares o aproximados entre ellos, considerando las propiedades físicas y mecánicas obtenidas por sus diseños de mezclas, los cuales agrupamos en la Tabla 1:

TABLA 1  
Hallazgo de las propiedades físicas y propiedades mecánicas.

Investigaciones	Propiedades Física	Propiedades Mecánicas
Hormigón translúcido [9].	Obtiene translucidez al usar fibra óptica, pero la investigación se enfoca en los ensayos de resistencia a la compresión.	Las probetas con fibra óptica tienen menor resistencia a compresión que las probetas de concreto convencional, se tienen resistencias mayores a 45 MPa, 60 MPa y 70 MPa a los 7, 28 y 56 días respectivamente, con empleo de fibra óptica.

Síntesis y validación de concreto traslucido empleando materiales del caribe colombiano [10].	La prueba de traslucidez con haz de luz dirigido en cilindros (7.5 cm de diámetro) se nota que la cantidad de luz transmitida depende de la posición en la cual incide el haz de luz (H y V).	La Prueba de resistencia a la compresión es de 414.74 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días, para un diseño de 245 kg/cm <sup>2</sup> y para un diseño a 210 kg/cm <sup>2</sup> su resistencia es 380.20 kg/cm <sup>2</sup> .
Variación de las propiedades elásticas del concreto traslucido elaborado a partir de un acrílico (poli epóxido) comparadas con el concreto convencional de 3000 psi [11].	El concreto traslúcido tiene módulos de Poisson muy altos, en conclusión, el material no es apto para un uso estructural, sino, material de tipo arquitectónico. Una nula capacidad translúcida.	Las pruebas de resistencias a la compresión son de 316.0 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días.
Aplicación de vidrio triturado reemplazando agregado grueso para diseño de mezcla de concreto f'c =210 kg/m <sup>2</sup> en el distrito la victoria –Chiclayo [12].	Una nula capacidad translúcida.	Prueba de resistencia a la compresión 282.30 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días, Resistencia de concreto patrón f'c =210 kg/cm <sup>2</sup> con 12.5 % de vidrio triturado.
Hormigón traslúcido con fibra de vidrio y cuarzo [13].	Para obtener el paso de la luz, se tiene que incorporar la fibra de nylon en el hormigón, mediante su mallado, actúa de forma similar a las fibras ópticas utilizada por otros investigadores.	La prueba de resistencia a la compresión es de 274.6 kg/m <sup>2</sup> a los 28 días, es la adecuada para un hormigón que será utilizado como mampostería.
Influencia del cuarzo reemplazante del agregado grueso en las propiedades mecánicas del concreto, Trujillo 2018 [14].	Propiedad de translucidez, se mide la intensidad luminosa (Lux), por cinco días con tres horas diarias para cada muestra (Patrón, cuarzo 25%, cuarzo 50% y cuarzo 100%).	La prueba de resistencia a la compresión es de 255.11 kg/cm <sup>2</sup> a los 56 días, en el caso de 25% de cuarzo del agregado grueso, se obtiene 242.82 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días resistencia.
Efecto De La fibra de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> en la ciudad de Puno [15].	Una nula capacidad translúcida.	Para concreto convencional obtuvieron 214.89 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días (0% de fibra de vidrio) y el concreto modificado con 0.025% de fibra de vidrio da resistencia promedio de 229.17 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días.
Uso de diferentes agregados finos y fibras en el concreto fabricado con cuarzo como agregado grueso [16].	Mejor comportamiento de transmitancia óptica con un mayor porcentaje de 74% del total de la muestra, sus proporciones son: cemento blanco al 6.60kg, arena de cuarzo al 18.9kg, cuarzo al 21.1 kg, agua al 3.6 kg y fibra ópticas 0.066 kg.	La Prueba de resistencia a la compresión es de 229.029 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días, para la cual fueron diseñados a 210 kg/cm <sup>2</sup> , podemos decir que la arena Ottawa es un buen componente para el concreto.

Diseño de mezcla de concreto f'cr 210 kg/cm <sup>2</sup> mediante la adición de vidrio molido reciclado en reemplazo parcial de cemento tipo i en lima –Perú [17].	Una nula capacidad translúcida.	Al sustituir el 20% de cemento Tipo I por vidrio molido se obtienen las mejores características del concreto, se obtiene una resistencia 223.26 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días.
Uso De Meta caolín, Vidrio Reciclado Y Fibra Óptica En El Elaboración De Un Concreto Translúcido [18].	Propiedad translucidez, evalúan a partir de los ensayos de transmitancia y espectrofotometría, para indicar la cantidad de luz que atraviesa a las muestras.	Las pruebas de resistencias a la compresión del concreto sin contenido de fibras óptica, a los 28 días, alcanzó 187.73 kg/cm <sup>2</sup> .
Spectral Light Transmission Measure and Radiance Model Validation of an innovative Transparent Concrete Panel for Façades [19].	Usa resina como material translúcido.	Los procedimientos evaluados en este artículo permiten estimar, con un método simplificado, la luz. Transmisión de una muestra a granel de dispersión compleja de hormigón transparente.
Proyecto final de grado: estudio exploratorio para la obtención de concreto traslúcido [20].	Propiedades ópticas, no se encontraron propiedades translúcidas significativas.	Las pruebas de resistencias a la compresión son de 173.34 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días. CT compuestos por vidrio templado al 70%.
Efecto de la sustitución de los agregados por vidrio reciclado en las propiedades del concreto [21].	Una nula capacidad translúcida.	Las Pruebas de resistencia a la compresión son de 171.04 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días. Concreto sustituido 50% con respecto a concreto patrón.
Uso De Distintos Agregados Finos, Gruesos, Fibras Y Celulosa En El Concreto Para El Prefabricado De Muros Translúcidos [22].	Propiedades de translucidez, prueba de translucidez con haz de luz dirigido en cilindros	Las pruebas de resistencias a la compresión son de 144.66 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días.
Concreto translúcida transmisión de luz visible a través de morteros con fluorita como agregado fino [23].	Pasó de luz, las mezclas con cemento blanco tienen mejor transmitancia que las mezclas con cemento gris.	La Prueba de resistencia a la compresión es de 140.50 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

Considerando lo expuesto en los antecedentes y las fuentes encontradas, los distintos autores aplican el método ACI 211, dado que, con el uso de tablas se puede determinar la cantidad de agua, agregado y cemento necesario para la fabricación de concreto.

Para realizar un diseño de mezcla por este método, primero se debe definir el slump que será usado, estos pueden ser entre 1 a 2", 3 a 4" y 6 a 7" con o sin aire agregado, dependiendo el caso, una vez definido esto se debe realizar los respectivos ensayos a los agregados para obtener el tamaño máximo nominal (TMN), a continuación determinamos la relación agua/cemento y con ello, se calculara la cantidad de cemento, ya que se tiene el TMN de los agregados, podemos determinar la cantidad de agregado grueso según el módulo de finura del agregado fino, en cambio, la cantidad de agregado fino se calculara usando el volumen absoluto, una vez recopilado estos datos, se realiza el ajuste de mezcla con el método ASTM C-192 o, siendo el caso, mezclas reales tomadas en campo.

Se realizó una recopilación de los materiales que fueron usados como agregados para obtener concreto translúcido en las distintas investigaciones, los cuales son mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2  
Materiales usados en las investigaciones.

Materiales Generales	
Agregado Grueso	Vidrio templado,
	Vidrio molido, triturado y reciclado
	Cuarzo
	Fluorita
Cemento tipo I	Cemento blanco
Agregado fino	Arena Ottawa (blanca)
	Arena gruesa (gris)
Agua	
Aditivo	Aditivo súper plastificante
Fibra	Fibra óptica
	Fibra de vidrio

Fuente: Elaboración propia.

Pero finalmente solo nos enfocaremos en el uso de cuarzo, vidrio templado y fibra óptica, ya que los resultados obtenidos con estos son los más favorables, además de ser los más accesibles y de mejor trabajabilidad, a excepción de la fibra de óptica que necesita ser colocado por capas. [22]

Según lo observado en las investigaciones, se necesita realizar un diseño de concreto convencional como base para realizar el diseño de concreto translúcido, por ello, se realizó el diseño patrón de concreto convencional de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , mostrado en la Tabla 3 y Tabla 4.

Tabla 3  
Datos obtenidos del proceso de granulometría/ caso aplicativo.

Agregados	Fino	Grueso
-----------	------	--------

P.e masa (kg/m <sup>3</sup> )	2.58	2.56
P.u.s (kg/m <sup>3</sup> )	1810	1520
P.u.c (kg/m <sup>3</sup> )	1870.00	1610
%w	1.03	0.88
%abs	0.9	0.700
TMN	-	1"
Modulo finura	2.80	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4  
Proporciones por peso y relación a/c del diseño patrón.

Cemento	Agua efectiva lt/bls	Agregado grueso húmedo	Agregado fino húmedo
1.00	23.39	3.15	1.97
Relación a/c diseño		0.56	
Relación a/c efectiva corregida		0.55	

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el diseño patrón, se plantea el diseño óptimo de concreto translúcido, como se muestra en la Tabla 5, basándonos en los antecedentes encontrados. Reemplazando el agregado grueso convencional por cuarzo y añadiendo vidrio templado al 40%, el cual posee una resistencia mayor a la del vidrio simple, proporciona a la mezcla la propiedad mecánica de la resistencia a la compresión y tensión.

El cuarzo es un cristal que tiene la propiedad de permitir el paso de luz, con el fin de que los agregados gruesos reemplazantes tengan buena trabajabilidad, se añadió aditivo plastificante al 0.8% con respecto al peso del cemento, por lo que se obtendrá una resistencia alta y flexibilidad [14].

Tabla 5  
Proporciones por peso y relación a/c del diseño óptimo.

Cemento	Agua efectiv a lt/bls	Vidrio templado 40%	Cuarzo 60%	Arena Ottawa	Aditivo 0.8%
<b>1.00</b>	<b>23.39</b>	<b>1.26</b>	<b>1.89</b>	<b>1.97</b>	<b>2.77</b>
Relación a/c diseño		0.56			
Relación a/c efectiva corregida		0.55			

Fuente: Elaboración propia.

También se propone diseños para casos aplicativos, como el siguiente, que es propuesto para ser usado en la provincia de Puno, que como se sabe, posee un clima helado lo que provoca que el concreto tarde en fraguar, por lo que se realiza un diseño de concreto translúcido de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  para ser usado en la provincia de Puno. Usando cemento blanco, vidrio templado al

100%, fibra de vidrio y aditivo acelerante, como se muestra en la Tabla 6 y Tabla 7.

TABLA 6

Datos obtenidos del proceso de granulometría/ caso aplicativo.

Agregados	Fino	Grueso
P.E MASA (kg/m3)	2.62	2.73
P.U.S (kg/m3)	1870	1796.00
P.U.C (kg/m3)	1920.00	1752.00
%W	1.03	1.02
%ABS	1.06	1.08
T.M.N	-	3/4"
M.F	2.80	-

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 7

Proporciones por peso y relación a/c /caso aplicativo

Cemento	Agua efectiva lt/bls	Vidrio templado 100%	Fibra de vidrio 1%	Agregado fino húmedo	Aditivo 0.2%
<b>1.00</b>	<b>23.85</b>	<b>3.28</b>	<b>3.67</b>	<b>2.57</b>	<b>0.734</b>
Relación a/c diseño		0.56			
Relación a/c efectiva corregida		0.56			

Fuente: Elaboración propia.

Se optó por usar vidrio templado al 100%, dado que, este material posee las mismas características que la piedra chancada, y además permite el paso de luz. El uso de fibra óptica otorga translucidez a la mezcla y es añadida con respecto al peso del cemento [18].

Al ser Puno el lugar donde se realizará la mezcla de concreto translúcido, se usó un acelerante debido a que la temperatura del lugar provocará que la mezcla tarde en fraguar, por ello se optó por usar aditivo acelerante, por lo que la mezcla podrá fraguar en un tiempo menor.

Otro caso aplicativo del concreto translúcido fue propuesto para ser usado en Iquitos, se propone un diseño de concreto translúcido de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y slump 3"-4". Usando cemento blanco, vidrio templado al 75%, fluorita 25% y aditivo retardante, como se muestra en la Tabla 8 y Tabla 9.

TABLA 8

Datos obtenidos del proceso de granulometría/ caso aplicativo.

Agregados	Fino	Grueso
P.E MASA (kg/m3)	2.66	2.61
P.U.S (kg/m3)	1658.78	1370.22
P.U.C (kg/m3)	1787.50	1552.13
%W	5.812	1.613
%ABS	1.958	1.177
T.M. N	-	1"
M.F	3.04	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9

Proporciones por peso y relación a/c /caso aplicativo.

Cemento	Agua efectiva lt/bls	Vidrio templado 75%	Fluorita 25%	Agregado fino húmedo	Aditivo 0.5%
<b>1.00</b>	<b>19.09</b>	<b>2.55</b>	<b>0.85</b>	<b>2.60</b>	<b>1.728</b>
Relación a/c diseño		0.56			
Relación a/c efectiva corregida		0.45			

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó el diseño del concreto translúcido usando vidrio templado al 75% y fluorita al 25%, estos 2 agregados otorgan a la mezcla la propiedad de la translucidez, específicamente, la fluorita, es transparente y otorga resistencia a la mezcla. Una característica importante de la fluorita es que es un material isotrópico, en el cual el movimiento de la luz en todas sus direcciones tiene la misma velocidad y, por lo tanto, tiene un solo índice de refracción [25].

Debido a que el lugar donde se realizara el diseño posee un ambiente cálido, esto provocara un fraguado incompleto de la mezcla, provocando la disminución de la resistencia, por ello, se optó por usar aditivo retardante, con el fin de darle un adecuado tiempo de fraguado a la mezcla.

#### IV. DISCUSIÓN

El diseño óptimo posee 40% de vidrio templado y 60% de cuarzo como agregado grueso, el uso de estos porcentajes de agregados se escogió con el fin de obtener una resistencia adecuada y translucidez.

Como se comprende en la Tabla 1, en diversas investigaciones, que si bien usan agregados similares, la resistencia y translucidez varia, a excepción de algunas investigaciones donde solo se buscó obtener resistencia.

El cuarzo es un material silicio, granulométrico y su función en el hormigón translúcido es de re-emplazar a los agregados gruesos. Posee una alta dureza aumenta la capacidad de resistencia del concreto translúcido y gracias a su color transparente ayuda a que el paso de la luz sea más accesible [13].

En la investigación de Bardales y Bagner, “si se plantea usar porcentajes mayores al 25 % de cuarzo, la resistencia a la compresión del concreto decae significativamente, debido a que el cuarzo por ser un mineral cristalino presenta una baja porosidad como se determinó en el ensayo de absorción” [14]

El uso el cuarzo aumenta la traslucidez del concreto hasta un 8.43 % cuando el agregado grueso es reemplazado en su totalidad, sin embargo, la traslucidez es inversamente proporcional a la resistencia a la compresión, es decir que mientras más agregado grueso sea reemplazado su resistencia a la compresión se verá reducida. [14]

Es por ello que se propuso usar el 100% de cuarzo como agregado grueso y reemplazar un 40% de este por vidrio, de esa forma complementaremos la reducción de resistencia que provoca el usar más de 25% de cuarzo con la adición de vidrio templado a la mezcla y además, obteniendo una mayor traslucidez.

Saravia, complementa que la dosificación optima de vidrio templado en un diseño de mezcla, es el 12.5% del total de agregado grueso [12], dado que su diseño de mezcla es de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y que a los 28 días de edad, obtuvo  $f'c=282.3$  kg/cm<sup>2</sup>

Sin embargo, su diseño usa piedra canchada como agregado grueso, si bien en los antecedentes se explica que el uso de vidrio en grandes cantidades aporta a la traslucidez, pero disminuye la resistencia, esto es debido a que el agregado grueso es piedra chancada, si se utiliza vidrio triturado de tamaños similares a la piedra, se puede usar como agregado grueso además de que permitir el paso de luz.

Esto se refuerza con lo expresado por Cabrera en su investigación: “El vidrio al tener una granulometría similar al agregado grueso, constituye un buen sustituto de éste”, esto es debido a que comparo adoquines con vidrio triturado en reemplazo del agregado grueso al 50% con adoquines convencionales, concluyendo en que los adoquines de vidrio presentaban mayor resistencia [26].

También es posible usar el vidrio en forma de láminas para una mejor traslucidez, pero para ello es necesario usar un molde cubico y realizar el vaciado del concreto por capaz, de caso contrario, el concreto opacará al vidrio y no permitirá el paso de luz.

## V. CONCLUSIONES

En cuanto a la pregunta ¿Se puede realizar un diseño de mezcla para concreto translúcido aplicando agregados que permiten el paso de luz? Se determinó que, si bien, se puede aplicar distintos agregados en el diseño de mezcla, logrando el paso de luz, este concreto aún no está listo para ser usado estructuralmente, optándose como alternativa útil, su uso en tragaluces y muros no portantes.

El cuarzo y vidrio templado como agregado grueso y la arena Ottawa como agregado fino son los agregados que más favorecen al paso de luz en el concreto translúcido. Por ello, el diseño óptimo posee 60% de cuarzo y 40% de vidrio templado como agregado grueso, y la arena Ottawa como agregado fino, siendo que estos agregados aportaran en la resistencia final de la mezcla y a su traslucidez,

El método de gravimetría es el más exacto para describir la densidad de una muestra, siendo una de las características físicas del vidrio templado y cuarzo, asimismo obtendrá una constante mejora continua en el reemplazo simultáneo del agregado grueso del diseño de mezcla de patrón  $f'c= 210$  Kg/cm<sup>2</sup>. Debemos considerar el método de ACI 211 y al mismo tiempo hacer las correcciones necesarias, este método es muy tradicional ya que trabaja no solo con resistencia a la compresión sino con resistencia promedio que incluye un factor de seguridad entonces el  $f'c$  de diseño es el  $F'c$  requerido, el cual sería una referencia para partir hacia un diseño óptimo.

Se concluye, que es necesario realizar un diseño de concreto convencional para reemplazar sus agregados por porcentajes y obtener un diseño de concreto translúcido. Que los casos aplicativos diseñados pueden realizarse en distintas partes del país, pero según la necesidad del lugar a aplicar, será necesario complementar el diseño con aditivos. Que al pasar la edad de 28 días mejora la resistencia de la mezcla, aunque la resistencia aumente, se propone que el uso del concreto translúcido sea estético y no estructural. Además, que si bien, la aplicación de cuarzo o vidrio en la mezcla puede disminuir la resistencia a compresión del producto final, esto puede remediarse usando aditivos.

## REFERENCIAS

- [1] T. Harmsen, Diseño de Estructuras de Concreto Armado, 3 ed., Lima: Universidad Católica del Perú, 2002.
- [2] J. Bataller Vicedo, «Estudio de las materias primas de carácter polimérico para su aplicación al hormigón translúcido,» Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2011.
- [3] Conacyt, «Concreto translúcido, invento 100% mexicano,» *Noticias de Arquitectura*, 2018.
- [4] F. L. & N. B. A. Bardales, «Influencia del cuarzo reemplazante del agregado grueso en las propiedades mecánicas del concreto,» Repositorio de la Universidad Privada del Norte, Trujillo, 2018.

- [5] S. Cueva, «Aplicación de vidrio triturado reemplazando agregado grueso para diseño de mezcla de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en el distrito La Victoria – Chiclayo.» Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, 2019.
- [6] R. A. García Villanueva, «Transmitancia de luz y resistencia a la compresión del concreto translúcido con vidrio como sustituto del agregado grueso para su uso como unidad de albañilería.» Repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, 2020.
- [7] L. M. Cadavid Restrepo, «Concreto translúcido : estudio experimental sobre a fabricação de painéis de concreto com fibra ótica e as suas aplicações na arquitetura.» Repositorio de la Universidad de Brasília, Brasil, 2013.
- [8] D. E. Prado Ñaupá, «Diseño de mezcla para concreto translúcido utilizando agregados que permiten el paso de luz: una revisión de la literatura científica.» Repositorio de la Universidad Privada del Norte, Lima, 2020.
- [9] A. Luisi Buchelli, «Hormigón translúcido.» Udelar, Montevideo, 2015.
- [10] J. A. Villanueva García, «Síntesis y validación de concreto traslucido empleando materiales del Caribe colombiano.» Repositorio de la Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias, 2013.
- [11] . A. F. Cetina Fajardo y O. D. Simbaqueva Vargas, «Variación de las propiedades elásticas del concreto traslucido elaborado a partir de un acrílico (poli epóxido) comparadas con el concreto convencional de 3000 psi.» Repositorio de la Universidad La Gran Colombia, Colombia, 2016.
- [12] Y. E. Saravia Cueva, «Aplicación de vidrio triturado reemplazando agregado grueso para diseño de mezcla de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en el distrito La Victoria – Chiclayo.» Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, 2019.
- [13] J. R. Aguas Barreno, «Hormigón translúcido con fibra de vidrio y cuarzo.» Repositorio de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, SANGOLQUÍ, 2015.
- [14] F. L. Bardales Zagarra y B. A. Neyra Aguilar, «Influencia del cuarzo reemplazante del agregado grueso en las propiedades mecánicas del concreto, Trujillo 2018.» Repositorio de la Universidad Privada del Norte, Trujillo, 2019.
- [15] B. F. Garcia Chambilla, «Efecto de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Puno.» Repositorio de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, 2017.
- [16] C. J. Moncaleano Acosta y J. G. Jaramillo Campuzano, «Uso de diferentes agregados finos y fibras en el concreto fabricado con cuarzo como agregado grueso.» Repositorio de la Universidad de La Salle, Bogota, 2016.
- [17] J. G. J. Enriquez Vivanco y K. A. Shimabukuro Giagun, «Diseño de mezcla de concreto  $f'cr$  210 kg/cm<sup>2</sup> mediante la adición de vidrio molido reciclado en reemplazo parcial de cemento tipo I en Lima-Perú.» Repositorio de La Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2019.
- [18] D. M. Franco Durán, E. Pérez Sánchez y R. A. Cruz Hernández, «Uso de metacaolín, vidrio reciclado y fibra óptica en la elaboración de un concreto translúcido.» Repositorio de la Universidad Industrial de Santander, Colombia, 2013.
- [19] A. Giovanni Mainini, M. Zinzi, P. Tiziana y S. Cangiano, «Spectral Light Transmission Measure and Radiance Model Validation of an innovative Transparent Concrete Panel for Façades.» *Energy Procedia*, vol. 30, pp. 1184-1194, 2012.
- [20] C. A. Herrán Pérez, «Estudio exploratorio para la obtención de concreto translúcido.» Repositorio de la Universidad de los Andes, Bogota, 2015.
- [21] L. A. Segura Terrones, D. Salazar Sanchez, S. Urrutia Vargas, A. Lopez Carranza y J. Romero Espinoza, «Efecto de la sustitución de los agregados por vidrio reciclado en las propiedades del concreto.» Repositorio de la Universidad San Pedro, Chimbote, 2017.
- [22] W. Y. Rojas Rincón, «Uso de distintos agregados finos, gruesos, fibras y celulosa en el concreto para el prefabricado de muros translúcidos.» Repositorio de la Universidad Católica de Colombia, Colombia, 2019.
- [23] A. A. Hoyos Montilla, «Transmisión de luz visible a través de morteros con fluorita como agregado fino.» *Revista Facultad de Ingeniería*, n° 77, pp. 41-47, 2015.
- [24] J. Linares-Durand, D. Linares-Fonseca, L. Melgarejo-Madueño, N. Campos-Vásquez y R. Manturano-Chipana, «Influence of adding polypropylene fibers to concrete.» *19th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education Caribbean Conference for Engineering and Technology*, 2021.
- [25] C. . S. Hurbult y otros, Manual de mineralogía de Dana, vol. 3, Reverté S.A., 1992, pp. 279-314.
- [26] L. K. Cabrera Barboza, «Comparación de la resistencia de adoquines de concreto y otros elaborados con vidrio reciclado, Cajamarca, 2014.» Repositorio de la Universidad Privada del Norte, Cajamarca, 2015.
- [27] S. L. Pagliolico, V. R. LoVerso y A. Torta, «A Preliminary Study on Light Transmittance Properties of Translucent Concrete Panels with Coarse Waste Glass Inclusions.» *Energy Procedia*, vol. 78, pp. 1811-1816, 2015.
- [28] Xiaosong Su, Ling Zhang, Zhongbing Liu, Yongqiang Luo y Jinbu Lian, «Daylighting performance simulation and analysis of translucent.» *Renewable Energy*, vol. 154, pp. 754-766, 2020.