

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS

**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**

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Presentada por:

Bachiller: ROGER ALBERTO GARCÍA VILLANUEVA

Asesor:

M. en TC. HUGO MIRANDA TEJADA

Cajamarca – Perú

2020

COPYRIGHT © 2020 by
ROGER ALBERTO GARCÍA VILLANUEVA
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS APROBADA:

**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**

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Presentado por:

Bachiller: ROGER ALBERTO GARCÍA VILLANUEVA

JURADO EVALUADOR

M. en TC. Hugo Miranda Tejada
Asesor

M.Cs. Marco Antonio Silva Silva
Jurado Evaluador

Dra. Katherine Fernández León
Jurado Evaluador

M.Cs. Jaime Amorós Delgado
Jurado Evaluador

Cajamarca – Perú

2020



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

Siendo las 9.00 horas del día 09 de diciembre de dos mil veinte, reunidos a través de Gmeet meet.google.com/aro-cgck-qov, creado por la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **M.Cs. MARCO ANTONIO SILVA SILVA, Dra. YVONNE KATHERINE FERNÁNDEZ LEÓN, M.Cs. JAIME OCTAVIO AMORÓS DELGADO**, y en calidad de Asesor el **M. en TC. HÉCTOR HUGO MIRANDA TEJADA**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y la Directiva para la Sustentación de Proyectos de Tesis, Seminarios de Tesis, Sustentación de Tesis y Actualización de Marco Teórico de los Programas de Maestría y Doctorado, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada: **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**; presentada por el **Bach. en Arquitectura ROGER ALBERTO GARCÍA VILLANUEVA**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó **APROBARLA** con la calificación de **DIECISEIS (16) BUENO** la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bach. en Arquitectura ROGER ALBERTO GARCÍA VILLANUEVA**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, con Mención en **INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Siendo las 10.00 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....
M. en TC. Héctor Hugo Miranda Tejada
Asesor

.....
M.Cs. Marco Antonio Silva Silva
Jurado Evaluador

.....
Dra. Yvonne Katherine Fernández León
Jurado Evaluador

.....
M.Cs. Jaime Octavio Amorós Delgado
Jurado Evaluador

A:

Mis padres Abel y María por su amor y apoyo desde antes de cualquier comienzo, confiando en mi para ser orgulloso portador de sus apellidos. A mis hermanos, David, Johnny, Luis, Fernando y Jonatán por ser mis acompañantes diarios, compartiendo vivencias y apoyo mutuo en los distintos caminos trazados para volver al mismo amor enseñado por nuestros padres.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por estar en mi vida y en cada paso que di para llegar a este momento especial.

A mi padre por animarme a estudiar un posgrado en su alma mater y así prepararme para un buen desarrollo profesional. A mi madre por su gran fe y devoción a Dios, que sin sus oraciones mi vida sería muy distinta.

Mi gratitud sincera a mi hermano José Luis por ser un asesor externo para el desarrollo de esta tesis; de igual manera a mi asesor M. en TC. Hugo Miranda Tejada por ser el docente que despertó mi curiosidad de este nuevo material de concreto translúcido en mis estudios de pregrado y también por su apoyo en el desarrollo de esta tesis de posgrado.

A mis docentes de pregrado, Arq. Marco Zulueta, Arq. Judith Padilla y el Ing. Edwin Rodríguez, que confiaron en la idea y creación de este material fabricado por mi persona.

De la misma manera agradezco a la Universidad Privada del Norte con sede en Cajamarca y a los directores Mg. Arq. Doris Sullca Porta de la Facultad de Arquitectura y Diseño, y al Dr. Orlando Aguilar Aliaga de la Facultad de Ingeniería, quienes me facilitaron el Laboratorio de Concreto de la misma Universidad para el desarrollo final de la tesis con el apoyo del M. Ing. Gabriel Cachi y el Ing. Kevin Tello a quienes también estoy muy agradecido.

A la Universidad Nacional de Cajamarca y a su Escuela de Posgrado por la aceptación y formación de mi persona, así como también a los docentes de la maestría con mención en Ingeniería y Gerencia de la Construcción.

Tarde o temprano la vida nos muestra el verdadero valor de las cosas, y a fin de cuentas lo único que resiste a los efectos del tiempo, son los recuerdos y los momentos que nos llevamos. Porque el destino es una adivinanza, de aquello que todavía no hicimos, y no hay nada escrito para nosotros, sino que somos lo que escribimos, de eso se trata esa aventura loca de andar nuestro camino, esta colección de maravillas y sueños para nosotros se llama destino.

-Chano Charpentier

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE CUADROS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xvii
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS	xviii
GLOSARIO DE TÉRMINOS	xix
RESUMEN	xx
ABSTRACT	xxi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.1. Contextualización	1
1.1.2. Descripción del problema.	2
1.1.3. Formulación del problema.	3
1.2. Justificación e importancia	3
1.2.1. Justificación.	3
1.2.2. Importancia.....	4
1.3. Delimitación de la investigación	4
1.3.1. Delimitación espacial.....	4
1.3.2. Delimitación temporal.	5
1.3.3. Delimitación del universo.	5
1.3.4. Delimitación del contenido.	5
1.4. Limitaciones	5
1.5. Objetivos	6
1.5.1. Objetivo general.	6
1.5.2. Objetivos específicos.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de la investigación o marco referencial	7

2.2. Bases Teóricas	11
2.2.1. Unidad de albañilería.....	11
2.2.2. Concreto.....	12
2.2.3. Concreto translúcido.....	12
2.2.4. Mortero.....	13
2.2.5. Concreto de mortero y vidrio como agregado grueso.....	13
2.3. Marco conceptual	14
2.3.1. Vidrio.....	14
2.3.2. Cemento.....	14
2.3.3. Arena.....	14
2.3.4. Agua.....	15
2.3.5. Resistencia a la compresión.....	15
2.3.6. Transmitancia de luz.....	16
2.4. Definición de términos básicos	16
<i>CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES</i>	18
3.1. Hipótesis	18
3.1.1. Hipótesis general.....	18
3.1.2. Hipótesis específicas.....	18
3.2. Variables.....	18
3.2.1. Variable independiente.....	18
3.2.2. Variables dependientes.....	18
3.3. Operacionalización de los componentes de la hipótesis	19
<i>CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO</i>	20
4.1. Ubicación geográfica	20
4.2. Diseño de la investigación	21
4.2.1. Materiales utilizados en el concreto translúcido.....	21
4.2.1.1. <i>Agregados</i>	21
4.2.1.2. <i>Cemento</i>	22
4.2.1.3. <i>Agua</i>	22
4.2.2. Elaboración de los especímenes de concreto translúcido para los ensayos.....	22
4.2.2.1. <i>Diseño de Mortero</i>	22
4.2.2.2. <i>Colocación de vidrio en mortero (dosificación)</i>	29
4.2.3. Ensayo de los especímenes.....	30
4.2.3.1. <i>Resistencia a la compresión</i>	30
4.2.3.2. <i>Transmitancia de luz</i>	31
4.3. Métodos de la investigación	32

4.4.	Población, muestra, unidad de análisis y unidad de observación	33
4.5.	Técnicas e instrumentos de recopilación de información.....	34
4.6.	Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	35
4.7.	Equipos, materiales, insumos, etc.	35
4.8.	Matriz de consistencia metodológica.....	37
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		38
5.1.	Presentación de resultados	38
5.1.1.	Diseño de mortero.....	38
5.1.2.	Dosificación de vidrio.....	46
5.1.3.	Pruebas de resistencia a la compresión de los especímenes de concreto translúcido.....	47
5.1.5.	Pruebas de transmitancia de luz de los especímenes.....	54
5.2.	Análisis, interpretación y discusión de resultados	56
5.2.1.	Análisis de resistencia promedio a la compresión	56
5.2.2.	Análisis de transmitancia de luz.....	58
5.3.	Contrastación de hipótesis	59
CONCLUSIONES		62
RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS.....		63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		64
APÉNDICES		67
Apéndice I: Diseño de mezcla para un mortero de 210 kg/cm ²		67
Apéndice II: Ficha de observación de la transmitancia de luz propuesta por el autor.....		70
Apéndice III: Panel fotográfico.....		71
ANEXOS		84
Anexo I: Autorización para realizar experimentación en laboratorios externos		853
Anexo II: Ficha de módulo de finura		85
Anexo III: Ficha de contenido de humedad		86
Anexo IV: Ficha de gravedad específica y absorción		87
Anexo V: Ficha de peso específico del cemento hidráulico.....		88
Anexo VI: Ficha de compresión de especímenes grandes con 14.4% de vidrio a 7 días..		89
Anexo VII: Ficha de compresión de especímenes grandes con 18% de vidrio a 7 días....		90

Anexo VIII: Ficha de compresión de especímenes grandes con 21.6% de vidrio a 7 días	91
Anexo IX: Ficha de compresión de especímenes con 14.4% de vidrio a 7 días.....	92
Anexo X: Ficha de compresión de especímenes con 14.4% de vidrio a 14 días.....	93
Anexo XI: Ficha de compresión de especímenes con 14.4% de vidrio a 28 días.....	94
Anexo XII: Ficha de compresión de especímenes con 18% de vidrio a 7 días.....	95
Anexo XIII: Ficha de compresión de especímenes con 18% de vidrio a 14 días.....	96
Anexo XIV: Ficha de compresión de especímenes con 18% de vidrio a 28 días	97
Anexo XV: Ficha de compresión de especímenes con 21.6% de vidrio a 7 días	98
Anexo XVI: Ficha de compresión de especímenes con 21.6% de vidrio a 14 días	99
Anexo XVII: Ficha de compresión de especímenes con 21.6% de vidrio a 28 días	100
Anexo XVIII: Ficha de transmitancia de luz desde 59.4 lux hasta 626.8 lux recibidos	101
Anexo XIX: Ficha de transmitancia de luz desde 718.4 lux hasta 1060 lux recibidos	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Número de probetas por ensayo para especímenes de 23 cm x 12 cm x 9 cm....	33
Tabla 2:	Número de probetas por ensayo para especímenes de 5 cm en sus lados.....	34
Tabla 3:	Análisis granulométrico del agregado fino.....	38
Tabla 4:	Peso específico del Cemento Portland Tipo I.....	42
Tabla 5:	Peso específico aparente seco de la arena.....	43
Tabla 6:	Materiales por m ³ en proporción 1:2.53.....	44
Tabla 7:	Contenido de humedad del agregado fino.....	44
Tabla 8:	Absorción del agregado fino.....	45
Tabla 9:	Materiales para mezcla en 0.134136 m ³	46
Tabla 10:	Materiales para mezcla en 0.0075 m ³	46
Tabla 11:	Especímenes de 23 cm x 12 cm x 9 cm con 14.4% de vidrio sometidos a compresión a los 7 días.....	48
Tabla 12:	Especímenes de 23 cm x 12 cm x 9 cm con 18% de vidrio sometidos a compresión a los 7 días.....	48
Tabla 13:	Especímenes de 23 cm x 12 cm x 9 cm con 21.6% de vidrio sometidos a compresión a los 7 días.....	49
Tabla 14:	Especímenes de cinco centímetros en sus tres lados con 14.4% de vidrio sometidos a compresión a los 7 días.....	49
Tabla 15:	Especímenes de cinco centímetros en sus tres lados con 14.4% de vidrio sometidos a compresión a los 14 días.....	49
Tabla 16:	Especímenes de cinco centímetros en sus tres lados con 14.4% de vidrio sometidos a compresión a los 28 días.....	50
Tabla 17:	Especímenes de cinco centímetros en sus tres lados con 18% de vidrio sometidos a compresión a los 7 días.....	50
Tabla 18:	Especímenes de cinco centímetros en sus tres lados con 18% de vidrio sometidos a compresión a los 14 días.....	50
Tabla 19:	Especímenes de cinco centímetros en sus tres lados con 18% de vidrio sometidos a compresión a los 28 días.....	51
Tabla 20:	Especímenes de cinco centímetros en sus tres lados con 21.6% de vidrio sometidos a compresión a los 7 días.....	51
Tabla 21:	Especímenes de cinco centímetros en sus tres lados con 21.6% de vidrio sometidos a compresión a los 14 días.....	51

<i>Tabla 22:</i>	<i>Especímenes de cinco centímetros en sus tres lados con 21.6% de vidrio sometidos a compresión a los 28 días.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 23:</i>	<i>Proyección de resistencias a la compresión para especímenes de 23 cm x 12 cm x 9 cm a los 14 y 28 días.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 24:</i>	<i>Luz transmitida por especímenes con 59.4 lux recibidos.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 25:</i>	<i>Luz transmitida por especímenes con 147.9 lux recibidos.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 26:</i>	<i>Luz transmitida por especímenes con 267.3 lux recibidos.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 27:</i>	<i>Luz transmitida por especímenes con 353.8 lux recibidos.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 28:</i>	<i>Luz transmitida por especímenes con 422.6 lux recibidos.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 29:</i>	<i>Luz transmitida por especímenes con 528.8 lux recibidos.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 30:</i>	<i>Luz transmitida por especímenes con 626.8 lux recibidos.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 31:</i>	<i>Luz transmitida por especímenes con 718.4 lux recibidos.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 32:</i>	<i>Luz transmitida por especímenes con 846.7 lux recibidos.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 33:</i>	<i>Luz transmitida por especímenes con 987 lux recibidos.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 34:</i>	<i>Luz transmitida por especímenes con 1060 lux recibidos.....</i>	<i>56</i>

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1:	<i>Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.....</i>	11
Cuadro 2:	<i>Operacionalización de los componentes de la hipótesis.....</i>	19
Cuadro 3:	<i>Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructuras y condiciones de colocación.....</i>	24
Cuadro 4:	<i>Valores de b para distintas consistencias y módulos de finura de la arena.....</i>	26
Cuadro 5:	<i>Matriz de consistencia metodológica.....</i>	37
Cuadro 6:	<i>Selección del valor de b para 110% de consistencia y módulos de finura de la arena de 2.85.....</i>	40

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i>	<i>Imagen satelital de la ubicación del proyecto en estudio.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2:</i>	<i>Correspondencia entre los valores de relación agua-cemento y resistencia a la compresión para morteros hechos con cemento Portland tipo I y arena de forma redondeada y textura lisa.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 3:</i>	<i>Correspondencia entre los valores de relación agua-cemento y resistencia a la compresión para morteros hechos con cemento Portland tipo I y arena de forma angular y textura rugosa.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 4:</i>	<i>Porcentaje de flujo vs relación agua-cemento.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 5:</i>	<i>Ubicación del vidrio en relación a las caras del concreto.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 6:</i>	<i>Recta de regresión en un sistema cartesiano de valores A y B.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 7:</i>	<i>Propuesta de toma de datos de transmitancia de luz.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 8:</i>	<i>Correspondencia entre los valores de relación agua-cemento y resistencia a la compresión para morteros hechos con cemento Portland tipo I y arena de forma angular y textura rugosa con un módulo de finura de 2.85.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 9:</i>	<i>Ábaco para mortero con cemento Pacasmayo Tipo I.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 10:</i>	<i>Distribución de vidrios en columnas de 4.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 11:</i>	<i>Distribución de vidrios en columnas de 3.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 12:</i>	<i>Gavera metálica para la elaboración de ladrillos de 23 cm x 12 cm x 9 cm.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 13:</i>	<i>Curado de los especímenes por inmersión de los concreto con medidas de 23 cm x 12 cm x 9 cm.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 14:</i>	<i>Espécimen con medidas de 23 cm x 12 cm x 9 cm sometido a compresión a los 7 días.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 15:</i>	<i>Resistencia de espécimen a los 7 días (la maquina universal no resiste más de 100,000 kg).....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 16:</i>	<i>Especímenes de concreto translúcido con medidas de 23 cm x 12 cm x 9 cm sometidos a compresión a los 7 días.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 17:</i>	<i>Especímenes de concreto translúcido con medidas de 23 cm x 12 cm x 9 cm descartados para su estudio.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 18:</i>	<i>Transmitancia de luz en un espécimen de concreto translucido.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 19:</i>	<i>Tesista realizando la prueba para hallar el peso específico del cemento usando un Le Chantelier.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 20:</i>	<i>Uso de tres fiolas para determinar las características de la arena fina como son densidad, contenido de humedad y absorción.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 21:</i>	<i>Arena fina previamente pesadas y registradas colocadas en taras para secarlas en un horno.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 22:</i>	<i>Arena fina secada después de 24 horas en el horno para ser pesadas y tomar registro.....</i>	<i>76</i>

<i>Figura 23:</i>	<i>Tamices utilizados para determinar el módulo de finura de la arena.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 24:</i>	<i>Gaveras de madera para especímenes de concreto de 5 cm x 5 cm x 5 cm.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 25:</i>	<i>Tiras de vidrio de 3 mm de espesor cortadas en 5 cm x 1 cm.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 26:</i>	<i>Tesista fabricando los especímenes de concreto translúcido.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 27:</i>	<i>Especímenes con 4 tiras de vidrio por fila descartados por no mantenerse en un solo conjunto al momento de desencofrarlos.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 28:</i>	<i>Curado de los especímenes por inmersión.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 29:</i>	<i>Especímenes aptos y no aptos para someterlos ante una maquina universal.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 30:</i>	<i>Sometimiento de espécimen ante la maquina universal.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 31:</i>	<i>Vista del vidrio en el interior de un espécimen sometido a compresión.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 32:</i>	<i>Espécimen recibiendo una intensidad de luz siendo medido por un luxómetro... </i>	<i>81</i>
<i>Figura 33:</i>	<i>Espécimen transmitiendo la luz que atraviesa al bloque mismo</i>	<i>81</i>
<i>Figura 34:</i>	<i>Luxómetro MT-912.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 35:</i>	<i>528.8 lux recibidos en un espécimen.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 36:</i>	<i>33 lux transmitidos en un espécimen.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 37:</i>	<i>Diferentes concretos translúcidos expuestos a la luz en su cara posterior</i>	<i>83</i>

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1:	<i>Recta de regresión de la resistencia a la compresión de especímenes con 14.4% de vidrio.....</i>	53
Gráfico 2:	<i>Recta de regresión de la resistencia a la compresión de especímenes con 18% de vidrio.....</i>	53
Gráfico 3:	<i>Recta de regresión de la resistencia a la compresión de especímenes con 21.6% de vidrio.....</i>	54
Gráfico 4:	<i>Resistencia a la compresión de los especímenes de 5 cm en tres lados.....</i>	57
Gráfico 5:	<i>Resistencia a la compresión de los especímenes de 23 cm x 12 cm x 9 cm.....</i>	57
Gráfico 6:	<i>Porcentajes de transmitancia de luz por cada espécimen en distintas intensidades de luz recibidas.....</i>	58
Gráfico 7:	<i>Porcentajes de transmitancia de luz por cada espécimen en distintas intensidades de luz recibidas.....</i>	59
Gráfico 8:	<i>Comparación de resistencia a la compresión y transmitancia de luz promedio de especímenes de cinco centímetros en sus tres lados.....</i>	60
Gráfico 9:	<i>Resistencia a la compresión de los especímenes a los 28 días.....</i>	60

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS

RNE:	Reglamento Nacional de Edificaciones.
EM:	Iluminancia mantenida de la Norma Técnica.
MVCS:	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
ACI:	American Concrete Institute.
MTC:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
ACTM:	American Society for Testing Materials.
NTP:	Norma técnica peruana.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Cemento Portland Tipo I. Es un cemento diseñado para todo tipo construcción. Al ser hidráulico, se puede mezclar con áridos, agua y acero, obteniendo una masa duradera y muy resistente denominada concreto u hormigón.

Translúcido. Es la característica de algún objeto por el cual pasa la luz a través de su cuerpo pero que no permite ver claramente lo que hay al otro extremo más que siluetas o imágenes difusas.

Transmitancia. En términos ópticos, se define como la fracción de luz que pasa a través de un objeto.

Embebido. Hace referencia a aquello que está inmerso, sumido, contenido o dentro de algún objeto.

Lux. Es una unidad de medida para la luminancia o nivel de iluminación.

Retentividad. Término usado en concretos o morteros que significa la capacidad de retener el agua.

Tira. Pieza larga y estrecha dispuesta en forma lineal.

Espécimen. Es toda muestra, ejemplar con características representativas de la especie a la que pertenece o es estudiada, también se utiliza el término de probeta.

RESUMEN

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del vidrio como sustituto del agregado grueso en la resistencia a la compresión y la transmitancia de luz del concreto translúcido. Se empleó como método de investigación científica el procedimiento deductivo ya que se obtuvieron conclusiones lógicas y válidas a través del tipo de investigación experimental al haber realizado pruebas de resistencia a la compresión y transmitancia de luz en los especímenes después de haber manipulado los elementos que componen su fabricación. Se decidió elaborar morteros de 210 kg/cm² o 20.594 MPa con cemento Portland Tipo I Pacasmayo, agua del Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte y arena fina recogida de El Gavilán; a esto se le incluyó tiras de vidrio recicladas desde 14.4% a 28.8% en la mezcla. El diseño de la mezcla se realizó bajo las normas NTP 334.005, NTP 339.127, NTP 400.012 y NTP 400.022. En total se elaboraron 114 especímenes divididos en dos grupos, para ser sometidos a compresión bajo la norma NTP 399.613 y para realizar pruebas de transmitancia de luz mediante un luxómetro. La dosificación con mayor translucidez y con resistencia a la compresión aceptable de este tipo de concreto translúcido para su uso como unidad de albañilería son 21.6% en tiras de vidrio y 78.4% de mortero, con una proporción de agua/cemento de 0.66 y cemento:arena de 1:2.63 demostrando que el vidrio como sustituto del agregado grueso en el concreto permite obtener un bloque con características translúcidas, y que a mayor cantidad de vidrio hay mayor porcentaje de transmitancia de luz, siempre y cuando los extremos del vidrio estén ubicados en caras paralelas del bloque.

Palabras clave: Concreto translúcido, transmitancia de luz, resistencia a la compresión, luxómetro.

ABSTRACT

This investigation work aimed to determine the influence of glass as a substitute for coarse aggregate on the compressive strength and light transmittance of translucent concrete. The deductive procedure was used as a scientific research method since logical and valid conclusions were obtained through the type of experimental research by having carried out tests of resistance to compression and light transmittance in the specimens after having manipulated the elements that make up their manufacturing. It was decided to make mortars of 210 kg/cm² or 20,594 MPa with Portland cement Type I Pacasmayo, water from the Concrete Laboratory of the Universidad Privada del Norte and fine sand collected from El Gavilán; recycled glass strips from 14.4% to 28.8% were included in the mix. The design of the mixture was carried out under the standards NTP 334,005, NTP 339,127, NTP 400,012 and NTP 400,022. In total 114 specimens were made divided into two groups, to be subjected to compression under the NTP 399.613 standard and to carry out light transmittance tests using a lux meter. The dosage with the highest translucency and with acceptable compressive strength of this type of translucent concrete for use as masonry unit is 21.6% in glass strips and 78.4% in mortar, with a water/cement ratio of 0.66 and cement:sand of 1: 2.63 demonstrating that glass as a substitute for coarse aggregate in concrete makes it possible to obtain a block with translucent characteristics, and the greater the amount of glass there is a higher percentage of light transmittance, as long as the ends of the glass are located on parallel faces of the block.

Keywords: Translucent concrete, light transmittance, compressive strength, luxmeter.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Contextualización.

El concreto es un material que se remonta a la antigua Roma, época en la que ya se fabricaba y construía con este material, conociéndose sus propiedades de compresión y resistencia que adquiría la ceniza volcánica con la mezcla de cal y agua. A lo largo del tiempo se ha conocido al concreto como un material compuesto por cemento, arena y agua, algunas veces con aditivos u otras adiciones para mejorar sus propiedades y características como fibras para obtener un concreto translúcido (Cruz, 2011).

El concreto translúcido es un nuevo material en la construcción, comenzando como idea en 1999. Su cualidad principal es permitir el paso de luz a través del mismo permitiendo obtener iluminación natural de un ambiente expuesto a esta luz a un ambiente no expuesto, ambos ambientes deben estar separados por un muro compuesto por este material de construcción. A nivel mundial se puede encontrar diferentes tipos siendo el más conocido el concreto translúcido con fibra óptica de vidrio, siendo así un elemento de elevado costo de producción, desfavoreciendo su implementación en la construcción y haciendo que su uso se limite por motivos económicos. Al tener un valor monetario alto, su uso y difusión se ve limitada al mercado local, pues mayormente se produce y emplea en Europa y América del Norte (ETSALS, 2004).

En España se elaboró un concreto u hormigón translúcido logrando el paso de luz a través del concreto con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm², utilizando fibras ópticas de vidrio y polímeros orgánicos (Cruz, 2011). En México se fabricó un concreto translúcido con cemento blanco, agregado fino y grueso, fibra de vidrio y de polopropileno obteniendo una resistencia a la compresión de 450 kg/cm² (44.1299 Mpa) y un peso del 30% más ligero y con un 70% de paso de luz (Barbarán, 2013). En Colombia se fabricaron morteros con fluoruro de calcio como agregado determinando el tamaño del agregado para mejorar la transmitancia de un haz de luz en el rango visible,

la mezcla de los especímenes estuvo fundamentalmente compuesta por fluorita y cemento Portland tipo III gris y blanco, midiendo resultados mediante la utilización de un espectrofotómetro y dos fuentes de luz. Los resultados fueron que los morteros con cemento blanco y mayor tamaño de agregado presentan mejor transmitancia de luz (Hoyos, 2012).

En Perú, Bardales y Neyra (2018) en la ciudad de Trujillo realizaron una investigación de un concreto de 210 kg/cm² que utiliza el cuarzo como reemplazante del agregado grueso aumentando la translucidez hasta un 8.43% cuando el cuarzo reemplaza en su totalidad al agregado grueso, sin embargo, su resistencia a la compresión se ve reducida.

1.1.2. Descripción del problema.

La población mundial está en constante crecimiento, lo que genera el desarrollo de tecnología en nuevos materiales como el concreto por la mayor necesidad de vivienda, saneamiento y transporte, es así que las edificaciones multifamiliares son de gran ayuda ante el crecimiento urbano, que, sin la necesidad de emplear amplias áreas, pueden albergar gran cantidad de ciudadanos. A pesar que es una buena solución ante el crecimiento poblacional, la construcción de edificios multifamiliares está limitada por la ubicación lotes aledaños de terceros, es difícil poder obtener una buena iluminación natural por el lado de las construcciones vecinas, es así que mundialmente se investiga maneras y formas de lograr la translucidez en el concreto (Bardales y Neyra, 2018).

Las unidades de albañilería permiten dividir el espacio arquitectónico en relación a la funcionalidad que se diseñe para cualquier proyecto en la construcción, obteniendo diferentes ambientes que requieren diferentes características para su óptimo uso; una de estas características es la cantidad de luz (lux) que se necesita y que en Perú, según el Reglamento Nacional de Edificaciones, está normado por la EM 010 (Instalaciones Eléctricas Interiores). Los proyectistas deben calcular la iluminación natural o artificial en los ambientes para cumplir con lo que dicta el RNE. La luz natural en un ambiente se ve reducida por las paredes que cierran el espacio arquitectónico, optando a usarse luz artificial para obtener la cantidad necesaria de lúmenes en el ambiente. La unidad de albañilería tradicional, por su naturaleza de material de cerramiento del espacio, tiende a no permitir el paso de luz entre sus caras, sin embargo, existen materiales como el vidrio, policarbonato, etc, que son usados en vanos para

permitir este paso de luz, teniendo la desventaja de no cumplir con características de un ladrillo convencional como la resistencia para ser usada en paredes (MVCS, 2015).

Ante esta problemática de obtener un material que se use como unidad de albañilería y que permita el paso de luz existen ladrillos con esta función; como el Pixel Panels, Litracon y Hormigón Translúcido, estos elementos de construcción cumplen el rol de un ladrillo translúcido. Estos ladrillos translúcidos usan materiales de elevado costo como la fibra óptica de vidrio y/o aditivos, haciendo que su costo de producción también sea elevado y por ende se vea limitado económicamente para ser usado en la construcción. Es tal vez por esa razón que en el mercado local no se produce ni emplea como en Europa y América del Norte (Cruz, 2011).

A nivel nacional no existe un concreto translúcido con características que sea usada en la construcción, ni investigación en la localidad de Cajamarca sobre este material, sin embargo, existe en Perú un ladrillo de vidrio o block glass como elemento de mampostería translúcida; obteniendo una única opción de material que permite el paso de luz y a su vez ser usado de unidad de albañilería. Por lo cual se establece la necesidad de estudiar la influencia y por ende la viabilidad del uso de vidrio como agregado grueso en la fabricación de concreto translúcido para permitir la transmitancia de luz y su uso en la ciudad de Cajamarca con la finalidad de aportar un material nuevo de construcción ante la carencia de otros materiales no translucidos ni resistentes.

1.1.3. Formulación del problema.

¿Cuál es la influencia del uso de vidrio como sustituto del agregado grueso del concreto translúcido en la resistencia a la compresión y la transmitancia de luz para su uso como unidad de albañilería?

1.2. Justificación e importancia

1.2.1. Justificación.

La investigación se justifica porque se buscó conocer y desarrollar un material que sea usado como unidad de albañilería y permita el paso de luz a través del mismo aprovechando la iluminación natural, siendo una propuesta adicional a un escaso mercado de concretos translúcidos necesaria para beneficiar a las empresas y personas dedicadas al rubro de la construcción.

Esta investigación pretendió obtener un material de construcción que permita el paso de luz natural a través del mismo debido a que en su composición, el vidrio pasa de una cara a la otra del ladrillo transportando luz en ambos lados, simulando lo que se logra con la fibra óptica usada en los concretos translúcidos estudiados hasta el momento, y así evitar grandes costos de producción como por ejemplo en el Litracon y Pixel Panel.

La escases de terrenos y el incremento de la población ocasiona que se lleven proyectos grandes en áreas reducidas, disminuyendo muchas veces los ductos de iluminación natural; por eso esta investigación permite ampliar conocimientos de nuevos materiales que brinden luz natural a los ambientes arquitectónicos por medio de transparencias o materiales translúcidos.

De esta manera, el concreto translúcido a base de vidrio como sustituto de agregado grueso llega a ser útil en la construcción, logrando obtener mayor grado de luminosidad en los ambientes donde se logre utilizar muros del ladrillo propuesto, reduciendo el uso de luz artificial y abaratando costos del uso de luz artificial.

1.2.2. Importancia.

Debido a que en Cajamarca no existen estudios enfocados al uso de concretos translúcidos, esta investigación es importante porque sirve de guía para el uso de nuevas tecnologías solucionando problemas frecuentes en la construcción, enfocado para los diferentes profesionales que trabajan y estudian los materiales de construcción, tanto en la ciudad como en el país y así mejorar la calidad de vida de la población.

1.3. Delimitación de la investigación

1.3.1. Delimitación espacial.

Los estudios, la elaboración de especímenes y los ensayos de compresión y transmitancia de luz del concreto translúcido con vidrio fueron ejecutados en el Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte con sede Cajamarca.

1.3.2. Delimitación temporal.

Esta tesis duró 12 meses empezando en marzo del 2019 con información y normativa obtenida hasta el 2020. En octubre del 2019 se empezaron con las pruebas de laboratorio, obteniendo resultados finales entre diciembre y febrero del año 2020.

1.3.3. Delimitación del universo.

En la presente investigación se usó vidrio incoloro reciclado y cortado en tiras de cinco centímetros de largo por un centímetro de ancho y por tres milímetros de espesor como sustitutos del agregado grueso en la mezcla del concreto, cemento Portland Tipo I Pacasmayo, arena fina de cerro de la cantera El Gavilán y agua obtenida del laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte.

En la elaboración de los concretos translucidos los vidrios estuvieron colocados de manera en que pudieran atravesar todo el espécimen para poder transportar la luz de un lado a otro.

1.3.4. Delimitación del contenido.

Se realizó el diseño del mortero para una resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ o 20.594 MPa tomando de referencia el diseño hecho por los referentes de las investigaciones estudiadas sobre la fabricación de concretos translúcidos, a este mortero se le añadió tiras de vidrio en diferentes porcentajes como agregado grueso para determinar su comportamiento como concreto en resistencia a la compresión y encontrar una dosificación óptima para obtener mayor cantidad de transmitancia de luz.

1.4. Limitaciones

Por capacidad de la máquina universal de hasta 100,00 kg, se optó en ensayar los especímenes con las medidas indicadas en la tesis (cinco centímetros en todos sus lados) por no sobrepasar la resistencia máxima antes mencionada en las edades de 7, 14 y 28 días, no siendo posible hacer los ensayos de compresión a los 14 y 28 días en el tamaño de un ladrillo normal, variantes u otras dimensiones que a los 7 días ya obtenían resistencias superiores a 80,000 kg.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general.

- Determinar la influencia del uso de vidrio como sustituto del agregado grueso del concreto translúcido en la resistencia a la compresión y la transmitancia de luz para su uso como unidad de albañilería.

1.5.2. Objetivos específicos.

- Determinar la resistencia a la compresión del concreto translúcido a medida que aumenta la cantidad de vidrio en su interior.
- Determinar la transmitancia de luz del concreto translúcido a medida que aumenta la cantidad de vidrio en su interior.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación o marco referencial

De la revisión bibliográfica efectuada sobre de unidades de albañilería translúcidas mediante el uso de vidrio como conductor de luz en las unidades, existe escasa información como investigaciones específicas o productos en el mercado, sin embargo, se ha encontrado investigaciones relacionadas al uso de otros materiales con funciones translúcidas que se mencionan en adelante.

Antecedentes históricos de la investigación

Con respecto a la obtención de un ladrillo translúcido, la curiosidad por este nuevo material vino del arquitecto holandés Rem Koolhaas al preguntar en un comité de su trabajo si era factible hacer un concreto translucido, esto produjo en el arquitecto Bill Price el interés de investigar sobre el tema (Hoyos, 2012).

Es así que hasta la fecha existen tres tipos concretos translucidos que son referencia mundial en concretos translúcidos, el primero en la Universidad de Houston, Estados Unidos, a cargo del arquitecto Bill Price, el segundo en la Universidad Autónoma Metropolitana de México D.F. por los estudiantes de entonces Sergio Galván Cáceres y Joel Sosa Gutiérrez, y el tercero por el arquitecto húngaro Áron Losonczy. Las tres referencias mundiales utilizan fibras ópticas de vidrio en la elaboración del bloque de concreto translúcido pero a excepción del grupo de mexicanos, los productos elaborados utilizan la fibra óptica dentro del concreto como único elemento, a parte del mortero, para el paso de luz, solo el grupo de mexicanos no utiliza morteros de cemento Portland, sino que lo reemplazan por un cemento polimérico y utilizan en su mezcla el aditivo ILLUM compuesto de características complejas no reveladas hasta el momento para elaborar su producto (ETSALS, 2004).

Antecedentes internacionales

- En 1999 en Houston, el arquitecto Bill Price junto con el arquitecto holandés Reem Koolhaas en la empresa Arquitectura OMA, comenzaron “a preguntarse

sobre la translucidez relacionada con el hormigón, analizando la posibilidad de fabricar un hormigón que permitiera el paso de la luz" (Florsheim, 2005), es así que fabricaron un concreto translúcido que posteriormente la llamaría Pixel Panels logrando una transmitancia de luz del 25% (Hoyos, 2012), La primera muestra elaborada por Bill Price fue el resultado de encontrar elementos que podría sustituir a los componentes principales del concreto para alcanzar la translucidez y mantener su composición utilizando elementos como el vidrio y plástico (Florsheim, 2005).

- En 2002 se patentó Litracón (Light Translucent Concrete), un hormigón translúcido inventado por Áron Losonczi, arquitecto húngaro, quien inició con las investigaciones en el año de 1999 con resultados concretos a partir del año 2002 (Hoyos, 2012). A pesar del antecedente de Bill Price, se le atribuye a Losonczi la invención de este nuevo material. En esta patente Losonczi utilizó un 4% de en volumen de fibras ópticas embebidas en la mezcla de la composición del bloque de concreto como forma de transmisión de la luz. (Florsheim, 2005). Un bloque o conjunto de estos realizado con LitraCon, es sólida y resistente como el concreto tradicional, varias fibras ópticas forman una matriz que están ubicadas paralelamente entre las dos superficies principales de cada bloque, su translucidez se debe a que las fibras de vidrio llevan luz en forma de pequeños puntos de una cara del bloque expuesta a la luz, hacia la cara oscura, gracias a las fibras que la incorporan se puede visualizar las siluetas del espacio exterior separadas por una pared de LitraCon (Cruz, 2011). Una ventaja notoria es su capacidad de transmitir luz en cualquier condición, donde quiera que el filamento de fibra óptima vaya, como en curvas y esquinas sin interrupción (Florsheim, 2005).
- En 2005 los estudiantes mexicanos de ingeniería civil Sergio Galván Cáceres y Joel Sosa Gutiérrez crearon el hormigón translúcido. La elaboración es similar a la del hormigón común. Para ello se emplea cemento blanco, agregados finos, agregados gruesos, fibras de vidrio, fibras ópticas finas, agua y algunos aditivos extras como el aditivo ilum. Cruz (2011) afirma que.

"El aditivo "ilum" es único en el mundo, ya que le confiere al hormigón 15 veces más resistencia 4,500 kg/cm² con nula absorción de agua, permite el paso de la luz, es translúcido, tiene un peso volumétrico 30 por ciento inferior al comercial y puede ser colado bajo el agua".

Los agregados en la fabricación fueron fibras de vidrio, fibras ópticas finas como hilos de vidrio, sílice y sílice sol coloidal. Se utilizó fibras de vidrio y fibras molidas mayores a los 0.02 mm para mejorar la resistencia a la compresión, flexión, tensión y torsión. Las fibras son utilizadas en su estado puro y sin recubrimientos que permitan transcurrir más fácilmente la luz a través del hormigón (Cruz, 2011).

- Hoyos (2012) en su tesis de maestría “Concreto translúcida transmisión de luz visible a través de morteros con fluorita como agregado fino” en Colombia, tuvo como objetivo determinar las propiedades ópticas de absorción, reflexión y transmitancia de luz usando un espectrofotómetro y dos fuentes de luz en morteros sustituyendo el agregado fino con fluorita o fluoruro de calcio. Hoyos evaluó la transmitancia electromagnética en el intervalo de luz visible que se obtiene al dirigir un haz de luz a través de la mezcla de mortero, identificó la granulometría que permitiera el mayor grado de translucidez y el espesor de la muestra que favoreciera y desfavoreciera a la transmitancia de luz, obteniendo un valor máximo de transmitancia de luz de 0.038% cuando los morteros tienen un espesor de 5mm. Los resultados concluyeron que la pasta de cemento es el material que obtiene mayor pérdida de energía de un haz de luz, esto debido al opaco del cemento de su composición y el uso de la fluorita permite mejorar la transmitancia. Entonces para lograr una transmitancia de luz visible en un mortero se requerirá grandes tamaños de agregados translúcidos como la fluorita o vidrio y cemento blanco, garantizando una relación cemento:agregado óptima, si el tamaño de los agregados de fluoruro de calcio aumenta, la reflexión aumenta y la absorción disminuye.
- Franco, Perez. y Cruz (2013) en Colombia, propusieron la creación de un concreto modificado con metacaolín (material cementante), cemento Portland blanco tipo I, vidrio reciclado, fibra óptica y una relación agua-cemento de 0.58, obteniendo características translúcidas y a la vez un material que contribuya al medio ambiente. Los autores diseñaron una mezcla para obtener una resistencia de 21 MPa y reemplazaron en un 83.3% de vidrio de los agregados fino y grueso, siendo triturados y tamizados, teniendo las proporciones de 10%, 20% y 30% en el concreto fabricado. Los investigadores colombianos utilizaron la fibra óptica de vidrio en un 5%, pues es capaz de ser un conducto de transmisión de luz de un extremo a otro. Para el ensayo de compresión se

utilizó especímenes de cinco centímetros por lado, obteniendo resistencias a la compresión desde 14.73 MPa hasta 18.41 MPa. Y para determinar la transmitancia de luz de los especímenes, los investigadores elaboraron también muestras cúbicas de cinco centímetros por lado, concluyendo que la capacidad de transmitancia de luz que atraviesan sus muestras fue menor de uno por ciento.

Antecedentes nacionales

- Bardales y Neyra (2018), en su tesis de grado “Influencia del cuarzo reemplazante del agregado grueso en las propiedades mecánicas del concreto, Trujillo 2018” buscan determinar la influencia del cuarzo como reemplazante del agregado grueso de un concreto de 210 kg/cm² y determinar las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y translucidez empleando el método ACI 211. Los especímenes fueron sometidos a ensayos de resistencia a la compresión y translucidez respectivamente. El cuarzo reemplazo en un 25%, 50% y 100% al agregado grueso, obteniendo un aumento de translucidez de hasta 8.43% cuando el cuarzo reemplaza en su totalidad al agregado grueso llegando a ser solo una pasta de mortero y cuarzo, sin embargo, su resistencia a la compresión se vería reducida al momento de tener más porcentajes de cuarzo reemplazante del agregado grueso.
- Aguirre (2019), en su tesis “Influencia del concreto translúcido en el confort lumínico de un polideportivo vertical en la esperanza, Trujillo” para optar el título profesional de Arquitecto, concluye que el concreto translúcido influye en la toma estratégica de decisiones para tener un confort lumínico, como por ejemplo la captación, transmisión y distribución lumínica. También afirman que hay una “ventaja de utilizar los criterios aplicativos” de este elemento que son “modulación, forma, continuidad y la elección adecuada de las propiedades lumínicas del material”, generando un buen aporte de luz dentro de los espacios.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Unidad de albañilería.

También denominado unidad de mampostería; es el ladrillo o bloque, mayormente hecho de “arcilla cocida, concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca alveolar ó tubular”, en conjunto unidas por mortero o sin el de manera apilable; conforman muros. Según la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones debe cumplir características para su uso en la construcción como dimensiones, componentes y resistencias (MVCS. 2015).

Clase	RESISTENCIA CARATERÍSTICA A LA COMPRESIÓN	
	f'_b mínimo en Mpa sobre área bruta	f'_b mínimo en kg/cm ² sobre área bruta
Ladrillo I	4.9	50
Ladrillo II	6.9	70
Ladrillo III	9.3	95
Ladrillo IV	12.7	130
Ladrillo V	17.6	180
Bloque de muros portantes	4.9	50
Bloque de muros no portantes	2.0	20

Cuadro 1: Clases de unidad de albañilería para fines estructurales

Fuente: MVCS, 2015

El ladrillo o unidad de albañilería está relacionada directamente con sus componentes, en medida que aumenta la proporción de vidrio hay mayor grado de transmitancia de luz y menor resistencia a la compresión, de la misma manera en medida que aumente la proporción de cemento y/o arena hay menor grado de transmitancia de luz (Hoyos, 2012). A su vez, las proporciones de materiales que conforman la unidad de albañilería estudiada, estarán relacionadas con la resistencia del material, por ejemplo, de tener menor proporción de vidrio en el concreto translúcido será más resistente; esto se debe a que mientras mayor cantidad de cemento se encuentre en una mezcla, su interacción con el agua hace que el cemento se cristalice en forma tal que aumente su resistencia (Bardales y Neyra, 2018).

2.2.2. Concreto.

Sánchez (2001) menciona que el concreto es el mortero mezclado con agregado grueso y según Rivva (2013) “El concreto es un material heterogéneo el cual está compuesto principalmente de la combinación de cemento, agua y agregados finos y gruesos”. Los primeros indicios de un aglomerante con características similares al concreto están dados por los romanos Plinio y Vitruvius. Plinio (autor) quien se refiere al concreto como un aglomerante empleado en la construcción de cisternas detallando sus proporciones, y Vitruvius (arquitecto) quien decía que “hay una especie de arena la cual, por sí misma, posee cualidades extraordinarias... si se mezcla con cal y piedra”. Desde entonces a 1756, no se hicieron investigaciones sobre el material. El inglés Jhon Smeaton investiga los morteros en relación a la construcción de un faro en Eddystone (Inglaterra). En 1824 Joseph Asphin e I. C. Jhonson patentan el cemento Pórtland; un material de polvo fino resultado de materiales calizos y arcillosos en proporciones calentado en un horno, esta patente permitió la investigación y desarrollo del concreto; desde los estudios del francés Feret alrededor de 1892 quien “establece los primeros principios modernos para el proporcionamiento de mezclas de mortero o concreto”, hasta la década de los 70 donde es reemplazada la recomendación ACI 613-54 por ACI 211-71 del American Concrete Institute que recomienda la selección de las proporciones del concreto normal, teniendo modificaciones hasta 1985 (Rivva, 2013).

2.2.3. Concreto translúcido.

El concreto translúcido, como se ve reflejado en su propio nombre, es un elemento fabricado de concreto que tiene la característica principal de permitir el paso de luz a través del mismo material. Cruz (2011) afirma que para su elaboración es más factible si se coloca fibras ópticas en el concreto, que facilitan el paso de luz de una cara del bloque de concreto hacia la otra cara, pero al mismo tiempo su costo se eleva hasta 5 veces más en relación al costo del concreto común según la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de La Salle (2004). El diario Universal (2008) menciona que se eleva a 700 dólares por metro cúbico, 30 veces más que el metro cúbico de concreto tradicional.

En un inicio Bill Price fabricó en 1999 el primer concreto translúcido, asegurando haber obtenido un 25% de transmitancia reemplazando los agregados comunes por elementos en translucidos como el vidrio y plástico (Hoyos, 2012). Posiblemente esto se debió a la dosificación entre la cantidad de mortero y la del vidrio,

o el tamaño del ancho del elemento como en la tesis de Ary Hoyos (2012), que propone el concreto translúcido con fluorita o fluoruro de calcio, un material natural que presenta la propiedad de translucidez que, al combinarla con mortero de cemento y arena, obtiene propiedades similares a la de los casos antes mencionados. Hoyos muestra mediante pruebas de propiedades ópticas, que a mayor espesor del bloque el porcentaje de transmitancia de luz es menor.

2.2.4. Mortero.

Sánchez de Guzmán (2001) en su obra “TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO” define al mortero como “la mezcla de un material aglutinante (cemento portland y/o otros cementantes), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y eventualmente aditivos”, estos elementos al combinarse y endurecer presentan propiedades similares a las del concreto. El mortero debe ser de fácil colocación, la manejabilidad está relacionada con la consistencia obteniendo tres tipos en relación a su fluidez. Para el diseño de la investigación se usa la consistencia media (plástica) por ser la más pertinente en el uso de mampostería. Dentro de las propiedades del mortero se encuentran también la capacidad de retener agua (retentividad) así aumentando la trabajabilidad, el proceso de fraguado, resistencia final y adherencia.

2.2.5. Concreto de mortero y vidrio como agregado grueso.

Cabrera (2014), en su tesis de grado “COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA DE ADOQUINES DE CONCRETO Y OTROS ELABORADOS CON VIDRIO RECICLADO, CAJAMARCA, 2014”, resalta la importancia de usar vidrio como agregado grueso y como su uso con la mezcla en un mortero lo convierte en concreto. Mediante una metodología de comparación determinó que reemplazando el 50% de agregado grueso con vidrio (molido) se obtiene mayor resistencia que un adoquín de concreto convencional, estableciendo muestras de 5%, 10%, 15%, 25% de vidrio hasta tener 50% como el límite máximo de vidrio en la muestra.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Vidrio.

El vidrio se define como “una sustancia sólida, sobrefundida, amorfa, dura, frágil, que es complejo químico de silicatos sólidos y de cal” (MVCS, 2015). Este material incoloro es el que permite la transmitancia de luz en cualquier lugar que sea colocado, resultando en una relación directa entre el vidrio y el mortero (concreto), el vidrio llega a ser translúcido porque lleva la luz de una cara de este elemento que esté expuesta a la luz a la otra cara que no está expuesta. El vidrio tiene también la característica de resistir altas temperaturas y a la radiación UV (Cruz, 2011).

2.3.2. Cemento.

El cemento se puede definir como “un material aglutinante que presenta propiedades de adherencia y cohesión, que permite la unión de fragmentos minerales entre sí, formando un todo compacto” (ASOCRETO. 2014).

El termino cemento en construcción se refiere a agentes que mezclados con agua se obtiene una pasta aglutinante en estado plástico en un inicio, estas partículas que se convierten en agentes aglutinantes son conocidos como cementos hidráulicos cuando llegan a mezclarse con agua, a su vez pueden ser mezclado con otros elementos y moldeado al mismo tiempo, logrando después de un tiempo una reacción química haciendo que la pasta fragüe y se endurezca. Cabe mencionar que la mezcla de cemento con agregados finos y agua, se obtiene el mortero y cuando se mezclan los anteriores componentes con agregados gruesos se obtiene el concreto (Bardales y Neyra, 2018).

2.3.3. Arena.

La arena se define como un agregado obtenido de arena natural o depósitos de grava siendo una “sustancia sólida o partículas añadidas intencionalmente al concreto que ocupan un espacio rodeado por pasta de cemento, de tal forma, que en combinación con esta proporcionan resistencia mecánica, al mortero o concreto” (ASOCRETO. 2014).

La arena es un agregado también conocido como árido, es un “material inerte, de forma granular, natural o artificial” que mezclado con el cemento Portland y con agua conforman una piedra artificial conocido como mortero, y si se le añade agregados gruesos conforman el concreto. La arena garantiza una buena adherencia con la pasta endurecida de cemento, este elemento se puede encontrar en cerros como arena de forma angular y textura rugosa, o en ríos como arena de formar redonda y textura lisa (Sánchez, 2011).

2.3.4. Agua.

El agua es el componente que tiene un papel predominante en la reacción del cemento durante el estado plástico, de fraguado y endurecido de un mortero o concreto. El agua de mezclado está definida como la cantidad por volumen unitario del concreto que requiere el cemento, en esta nueva estructura de pasta de cemento hidratada de encuentra agua no evaporable y también agua evaporable, el agua no evaporable o de hidratación es aquella que reacciona químicamente con el cemento y el agua restante (evaporable) es la que se puede, o no, perder al momento del fraguado, aquella que se vuelve a aprovechar en la mezcla es el agua de adsorción que es una capa molecular fuertemente atraída al gel. Se recomienda que el agua para la mezcla sea potable sin pronunciado olor ni sabor (Sánchez, 2011).

2.3.5. Resistencia a la compresión.

La resistencia a la compresión es lo que puede soportar un material a fuerzas externas que comprimen su cuerpo, Rivva (2013) menciona que la resistencia es “el máximo esfuerzo que puede ser soportado” por algún material y a su vez afirma que la resistencia es la característica más importante que se considera en el concreto. Según la Real Academia Española (2016) la compresión es la “presión a que está sometida un cuerpo por la acción de fuerzas opuestas que tienden a disminuir su volumen”. Los cálculos de resistencia a la compresión de un material, especialmente en concreto, es muy importante para determinar las características del elemento y donde puede ser usado.

Para obtener la medida de resistencia a la compresión, se aplica carga sobre la cara superior de probetas en formas cilíndricas o cúbicas mediante una prensa a una velocidad de 25 MPa/s según la NTP 339.034, conforme se presione la probeta ocurrirá la falla indicando la resistencia máxima a la compresión de la probeta, esta carga

máxima se divide entre el área de la sección transversal de la probeta obteniéndose así el esfuerzo de rotura del concreto. La resistencia máxima a la compresión se toma a los 28 días de edad del concreto (Bardales y Neyra, 2018).

2.3.6. Transmitancia de luz.

Según Hoyos (2012), la transmitancia de luz es una propiedad óptica que se da cuando la energía en forma de luz se disipa por un material atravesándolo de un lado al otro, la energía disipada en la cara de salida es igual a la energía disipada en la cara de entrada, afirmando que “después de atravesar completamente el material, el haz de luz sale con una intensidad reducida final que no es otra cosa que la intensidad transmitida.” Para Martín (1975) este fenómeno óptico se llama “Dispersión Raman” describiéndolo como un proceso físico “cuando se hace pasar un haz de radiación paralelo a través de un gas, líquido o sólido transparente, sin que se produzca absorción, parte de la energía se dispersa en todas direcciones y puede verse lateralmente”. Esta transmitancia de luz puede ser medible mediante fórmulas matemáticas y medibles a través de un espectrofotómetro según Hoyos (2012) y Martín (1975), y también medible por un luxómetro según Restrepo (2013) citado y usado en la investigación de Bardales y Neyra (2018).

Para determinar la translucidez de un elemento se realiza ensayos midiendo la intensidad luminosa en un ambiente con buena iluminación natural utilizando un luxómetro que expresa la intensidad en lux. Un lux es la unidad para determinar la iluminación o nivel de iluminación que recibe en la dirección perpendicular (Bardales y Neyra, 2018).

2.4. Definición de términos básicos

- **Concreto.** Mezcla de cemento y agregados finos y gruesos más agua, usado en la construcción, capaz de unir elementos y dar resistencia (Rivva, 2013).
- **Concreto translúcido.** Concreto con la propiedad de permitir el paso de luz a través del mismo (Barbarán. 2013).
- **Fluido.** De consistencia blanda, fácil de trabajar o que puede ser moldeable (Sánchez, 2004).

- **Mampostería.** Pieza o elemento que en conjunto hacen un muro que sirve para separar o de cerramiento del espacio arquitectónico (MVCS, 2015).
- **Mortero.** Pasta de cemento, agregado fino (arena) y agua sin agregados gruesos usados en la construcción (Sánchez, 2004).
- **Reciclado.** Todo residuo que a través de un tratamiento adecuado puede ser usado como materia prima para un nuevo producto (INACAL, 2017).
- **Resistencia a la compresión.** Característica de un elemento que puede soportar fuerzas de presión sobre el propio elemento (Rivva, 2013).
- **Transmitancia de luz.** Cantidad de luz que atraviesa una muestra después que una cantidad de luz incidió sobre la misma muestra, representada normalmente en tanto por ciento (Universidad de Córdoba, 2005)
- **Translúcido.** Elemento por el cual la luz o las irradiaciones atraviesan sufriendo algunas dispersiones, por lo que las imágenes detrás del material translúcido lucen poco nítidas o borrosas (Bolívar, 2020)

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general.

- El uso de vidrio como sustituto del agregado grueso del concreto translúcido permite obtener una aceptable resistencia a la compresión y óptima transmitancia de luz para su uso como unidad de albañilería.

3.1.2. Hipótesis específicas.

- El uso de vidrio como sustituto del agregado grueso del concreto translúcido en diferentes proporciones permite obtener diferentes resistencias a la compresión sin afectar su transmitancia de luz.
- El uso de vidrio como sustituto del agregado grueso del concreto translúcido en diferentes proporciones permite obtener diferentes porcentajes de transmitancia de luz sin afectar su mínima resistencia a la compresión para su uso como unidad de albañilería.

3.2. Variables

3.2.1. Variable independiente.

- Vidrio

3.2.2. Variables dependientes.

- Resistencia a la compresión.
- Transmitancia de luz.

3.3. Operacionalización de los componentes de la hipótesis

Título		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			
Hipótesis	Definición	Definición operacional de las variables			
		Variables	Dimensiones	Indicadores	Fuente o instrumentos de recolección de datos
<p>Hipótesis general</p> <ul style="list-style-type: none"> El uso de vidrio como sustituto del agregado grueso del concreto translúcido permite obtener una aceptable resistencia a la compresión y óptima transmitancia de luz para su uso como unidad de albañilería. 	<p>Este material incoloro es el que permite la transmitancia de luz en cualquier lugar que sea colocado, resultando en una relación directa entre el vidrio y el mortero (concreto), el vidrio llega a ser translúcido porque lleva la luz de una cara de este elemento que esté expuesta a la luz a la otra cara que no está expuesta.</p>	<p>Variable Independiente</p>	<p>Volumen</p> <p>Porcentaje</p>	<p>cm³</p> <p>%</p>	<p>Registro</p>
		<p>Vidrio</p>			
<p>Hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> EL uso de vidrio como sustituto del agregado grueso del concreto translúcido en diferentes proporciones permite obtener diferentes resistencias a la compresión sin afectar su transmitancia de luz. El uso de vidrio como sustituto del agregado grueso del concreto translúcido en diferentes proporciones permite obtener diferentes porcentajes de transmitancia de luz sin afectar su mínima resistencia a la compresión para su uso como unidad de albañilería. 	<p>La resistencia a la compresión es lo que puede soportar un material a fuerzas externas que comprimen su cuerpo, Según la Real Academia Española (2016) la compresión es la “presión a que está sometida un cuerpo por la acción de fuerzas opuestas que tienden a disminuir su volumen”.</p>	<p>Variables Dependientes</p>	<p>Resistencia a la compresión</p>	<p>kg/cm²</p> <p>MPa</p>	<p>Maquina Universal</p>
		<p>Resistencia a la compresión</p>			
	<p>La transmitancia de luz es una propiedad óptica que se da cuando la energía en forma de luz se disipa por un material atravesándolo de un lado al otro, Esta transmitancia de luz puede ser medible mediante un luxómetro.</p>	<p>Transmitancia de luz</p>	<p>Translucidez</p> <p>Porcentaje</p>	<p>Lux</p> <p>%</p>	<p>Luxómetro</p>

Cuadro 2: Operacionalización de los componentes de la hipótesis

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación geográfica

La investigación se realizó en el Laboratorio de Concreto de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte con sede en Cajamarca ubicado en la sierra norte del Perú, exactamente en el Jr. Irene Silva 231 esquina con la Av. Vía de Evitamiento s/n cuadra 15.

Ubicación

- Departamento: Cajamarca
- Provincia: Cajamarca
- Distrito: Cajamarca
- Campus Universitario – UPN



Figura 1: Imagen satelital de la ubicación del proyecto en estudio

Fuente: Google Maps

4.2. Diseño de la investigación

En esta investigación se manipularon intencionalmente sus variables para probar la hipótesis planteada, es así que esta investigación fue experimental porque midió las reacciones de resistencia a la compresión y transmitancia de luz en la sustitución controlada del agregado grueso por vidrio de 3 mm de espesor e incoloro en un concreto. Esta sustitución en diferentes dosificaciones permitió comparar los datos obtenidos entre ambos grupos de evaluación con el fin de obtener el diseño óptimo para obtener un ladrillo de concreto translúcido en la ciudad de Cajamarca.

4.2.1. Materiales utilizados en el concreto translúcido.

4.2.1.1. Agregados.

4.2.1.1.1. Agregado fino.

El agregado fino que se usó es el extraído de la cantera del Gavilán, y comercializada en la Av. San Martín cuadra 10 esquina con Jr. Huacaloma. Para hallar el módulo de finura se usó la Norma Técnica Peruana 400.012, MTC E204 y ASTM C136, los valores fueron recogidos en una ficha de observación adjuntada en el Anexo II. El contenido de humedad del agregado fino se obtuvo usando la NTP 339.127, MTC E 108 y ASTM D2216, recogiendo los datos en la ficha de observación mostrada en el Anexo III. La densidad aparente seca y la absorción de la arena fueron encontrados usando la Norma Técnica Peruana 400.022 y sus equivalentes en MTC E205 y ASTM C128, estos valores fueron monitoreados en una ficha de observación adjuntada en el Anexo IV.

4.2.1.1.2. Agregado Grueso.

El agregado grueso fue reemplazado por vidrio incoloro, exactamente tiras de vidrio de 1 cm de ancho por el 5 cm de largo que es el espesor de los especímenes de concretos fabricados para la investigación, y con un espesor de 3 mm pues es más resistente al de 2mm y más fácil de manipular (cortar) que el de 4mm. Se obtuvo del reciclado de una vitrina que anteriormente fue obtenida de la vidriería El Dorado ubicada en Jr. Guillermo Urrelo 841.

Según la Norma Técnica Peruana 400.050, se considera al vidrio como residuo no peligroso en la clasificación de residuo reciclado pues debido al tratamiento que se le dio al vidrio, pudo ser empleado “como materia prima de un nuevo producto, luego de un tratamiento adecuado” (INACAL.2017).

4.2.1.2. Cemento.

El cemento usado en la investigación fue el Cemento Pacasmayo Portland Tipo I, se determinó su peso específico utilizando Norma Técnica Peruana 334.005, MTC E610 y ASTM C188, los resultados fueron recogidos en una ficha de observación adjuntada en el Anexo V.

4.2.1.3. Agua.

La calidad del agua que se empleó para la fabricación y curado por inmersión de los concretos translúcidos fue potable, sin materiales perjudiciales como materia orgánica, aceites, etc, obtenida del grifo del Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte.

4.2.2. Elaboración de los especímenes de concreto translúcido para los ensayos.

Al usar el vidrio como sustituto del agregado grueso, y este agregado grueso combinado con el mortero se obtiene un concreto como lo afirma Sanchez (2001), para la fabricación del concreto translúcido se planteó diseñar primeramente el mortero debido a que los referentes Bill Price y Áron Lozonci, y los investigadores Hoyos (2012) y Bardales y Neyra (2018), usan una pasta de mortero que envuelve los elementos translúcidos permitiendo el paso de luz entre los bloques. Es así que también se planteó la distribución de colocación de tiras de vidrio en distintos porcentajes en el mortero para que permitan el paso de luz de un lado al otro.

4.2.2.1. Diseño de Mortero.

Se diseñó un mortero para una resistencia de 210 kg/cm² o 20.594 MPa, tomando las investigaciones de Bosch (2011) y de la cual se guían Bardales y Neyra (2018) para desarrollar su propia investigación. Sánchez de Guzmán

(2001) recomienda hacer el diseño del mortero por peso pues es más económico y con mayores ventajas técnicas que hacerlo por volumen. El autor indica que pasos a seguir:

Paso 1. Determinación de tipo de arena.

Debe ser limpia y bien gradada para su trabajabilidad, siendo preferible aquellas disponibles en la zona, Las arenas limpias de forma cúbica y textura rugosa se encuentran en canteras y las de forma redondeada y textura lisa se encuentran en los ríos. Dependiendo del tipo de arena, se debe encontrar su módulo de fineza según la Norma Técnica Peruana 400.012.

Paso 2. Determinación de relación agua-cemento.

La relación agua-cemento no solo está determinada por los requisitos de resistencia, así como el concreto, también por factores como la retracción, adherencia, durabilidad entre otros. Debido a los diferentes tipos de materiales en la mezcla del mortero, se producen distintas resistencias con la misma relación agua-cemento, sin embargo, en las siguientes figuras se puede ver la correspondencia para las arenas limpias de forma redondeada y textura lisa (Figura 2), y de forma cúbica y textura rugosa (Figura 3).

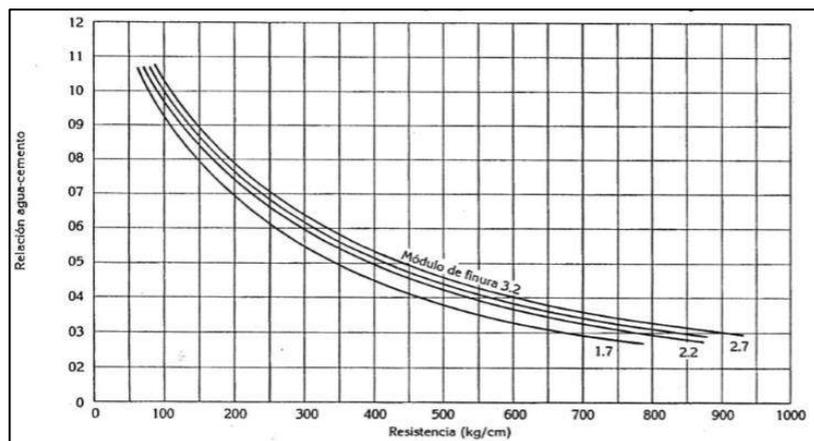


Figura 2: Correspondencia entre los valores de relación agua-cemento y resistencia a la compresión para morteros hechos con cemento Portland tipo I y arena de forma redondeada y textura lisa

Fuente: Sánchez, 2001

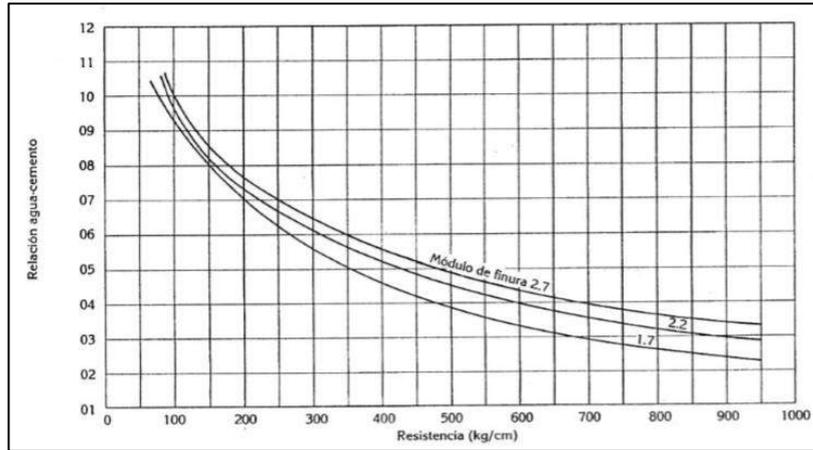


Figura 3: Correspondencia entre los valores de relación agua-cemento y resistencia a la compresión para morteros hechos con cemento Portland tipo I y arena de forma angular y textura rugosa

Fuente: Sánchez, 2001

Paso 3. Selección de la consistencia (seca, plástica, fluida).

Según el tipo de mortero que se requiera en la obra, se escoge la consistencia deseada como se muestra en el cuadro 3.

Consistencia	Fluidez %	Condiciones de colocación	Ejemplo de tipos de estructura	Ejemplo de sistema de colocación
Dura (seca)	80 – 100	Secciones sujetas a vibración	Reparación, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos.	Proyección neumática, con vibradores de formaleta.
Media (plástica)	100 – 120	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos.	Manual con palas y palustres.
Fluida (húmeda)	120 – 150	Sin vibración	Pañetes rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos.	Manual, bombeo, inyección.

. Cuadro 3: Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructuras y condiciones de colocación

Fuente: Sánchez, 2001

Paso 4. Determinación de los factores que influyen en el contenido de agua.

Se considera la siguiente ecuación para determinar el factor que influyen en el contenido de agua.

$$\frac{A}{C} = Ke^{bn}$$

Ecuación 1: Agua-cemento en relación de consistencia requerida de la pasta de cemento

Fuente: Sánchez, 2001

A/C: Relación agua-cemento.

n: Proporción de la mezcla (número de partes de arena por una parte de cemento en peso).

b: Valor que relaciona la consistencia requerida, módulo de finura, forma y textura de la arena.

e: base de los logaritmos neperianos (e=2.7183).

K: valor de la relación agua-cemento para la consistencia requerida en términos de fluidez de la pasta de cemento.

El valor de A/C se realiza con la resistencia a la compresión que se desee llegar del mortero detallado en los cuadros del paso 2. Para determinar K se confecciona varias pastas de cemento a utilizar y cada una con diferentes contenidos de agua con el fin de establecer los porcentajes de flujo necesarios, y así elaborar una gráfica como se muestra en la Figura 3. Para realizar el ensayo se utiliza la mesa de flujo según la norma ASTM-C230.

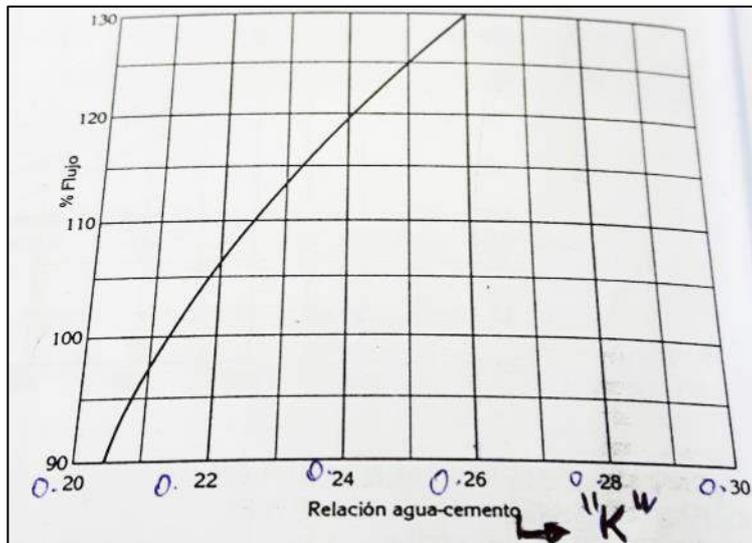


Figura 4: Porcentaje de flujo vs relación agua-cemento

Fuente: Sánchez, 2001

El factor b , es aquel que relaciona la consistencia requerida (seca, plástica o fluida) con el módulo de finura de la arena (redondos y lisos o angulares y rugosos).

Consistencia	Módulo de Finura	Arena de granos redondos y lisos	Arena de granos angulares y rugosos
Seca (90%)	1.7	0.3293	0.3215
	2.2	0.3110	0.3028
	2.7	0.2772	0.2930
	3.2	0.2394	0.2494
Plástica (110%)	1.7	0.3242	0.3238
	2.2	0.3033	0.2947
	3.2	0.2368	0.2477
Fluida (130%)	1.7	0.3172	0.3216
	2.2	0.2927	0.3003
	2.7	0.2687	0.2949
	3.2	0.2340	0.2629

Cuadro 4: Valores de b para distintas consistencias y módulos de finura de la arena

Fuente: Sánchez, 2001

Paso 5. Determinación de la proporción 1:n.

Ya conocidos los valores de A/C , K y b , se debe despejar la ecuación siguiente para hallar el valor de n .

$$n = \frac{\ln\left(\frac{A}{C}\right) - \ln(K)}{b}$$

Ecuación 2: Determinación de la proporción 1:n

Fuente: Sánchez, 2001

Paso 6. Cálculo del contenido de cemento.

Este valor se obtiene a partir de los volúmenes que conforman $1m^3$ de mortero.

$$V_c + V_a + A = 1m^3$$

V_c : volumen de cemento

V_a : volumen de arena

A : peso o volumen de agua

Considerando que densidad es igual al peso entre volumen, se obtiene la siguiente fórmula.

$$\frac{C}{G_c} + \frac{a}{G_a} + A = 1m^3$$

C : cemento en kg

G_c : peso específico del cemento (γ_c)

a : arena en kg

G_a : peso específico aparente seco de la arena

A : volumen de agua en kg o l

El autor reemplaza valores de $a = nC$ y $A = CKe^{bn}$ (Sánchez, 2001), entonces reemplazando ecuaciones y factorizando se obtiene el siguiente resultado.

$$\begin{aligned}\frac{C}{G_c} + \frac{nC}{G_a} + CKe^{bn} &= 1m^3 \\ C \left(\frac{1}{G_c} + \frac{n}{G_a} + Ke^{bn} \right) &= 1m^3 \\ C &= \frac{1m^3}{\left(\frac{1}{G_c} + \frac{n}{G_a} + Ke^{bn} \right)}\end{aligned}$$

Considerando la ecuación $A = CKe^{bn}$, se deduce que $A/C = Ke^{bn}$.

$$C = \frac{1m^3}{\left(\frac{1}{G_c} + \frac{n}{G_a} + \frac{A}{C}\right)}$$

Ecuación 3: Determinación del contenido de cemento

Fuente: Sánchez, 2001

Paso 7. Determinación del contenido de agua.

En el paso 2 se conoce la relación agua-cemento y con el paso anterior (paso 6) se conoce el contenido de cemento, se resuelve la fórmula siguiente para determinar el contenido de agua.

$$A = \left(\frac{A}{C}\right) C$$

Ecuación 4: Determinación del contenido de agua

Fuente: Sánchez, 2001

Paso 8. Determinación del contenido de arena.

Obtenido el valor de n (paso 5) y el valor del contenido de cemento (paso 7), el contenido de arena se determina con la siguiente fórmula.

$$a = nC$$

Ecuación 5: Determinación del contenido de cemento

Fuente: Sánchez, 2001

Paso 9. Ajustes por humedad de arena y cálculo para las pruebas respectivas.

Como en el concreto, el agua de absorción de la arena no es parte del agua de mezcla, y esta arena presenta algún grado de humedad (dependiendo de condiciones de almacenamiento) se necesitaría determinar ese grado de humedad y hacer las correcciones pertinentes.

4.2.2.2. Colocación de vidrio en mortero (dosificación).

El vidrio como agregado grueso y componente transportador de luz (dependiendo del modo de colocación) deben estar colocado dentro del bloque, para que ocurra esta combinación. El vidrio escogido fue de 3 mm por ser resistente y más posible de cortar según las medidas planteadas con un largo de 12 y 5 centímetros para ocupar el ancho del espécimen y un centímetro de ancho, estos cortes fueron logrados con un cortador de vidrio y después de preparado el mortero diseñado, se colocan capas de mortero y entre cada capa van los vidrios, tocando en cada extremo una cara del molde o gavera para fabricar las probetas de concreto translúcido.

Bardales y Neyra (2018) recomiendan hacer probetas cúbicas para las pruebas de translucidez, es así que los dados de concreto fueron diseñados de 5 cm en todos sus lados similares a la investigación de Franco, Perez. y Cruz (2013), de esta manera se obtuvo un área en sus caras de 25 cm² cada una. Lo que se planteó fue colocar en la mezcla diferentes dosificaciones de vidrio, ocupando desde el 14.4 % hasta 28.8% del volumen total del concreto y que cada tira de vidrio en su interior este ubicada de tal manera que los dos lados más opuestos del vidrio estén en cada lateral del concreto, es así que la luz puede ser transmitida, mediante el vidrio, de un lado del espécimen hacia el otro lado.

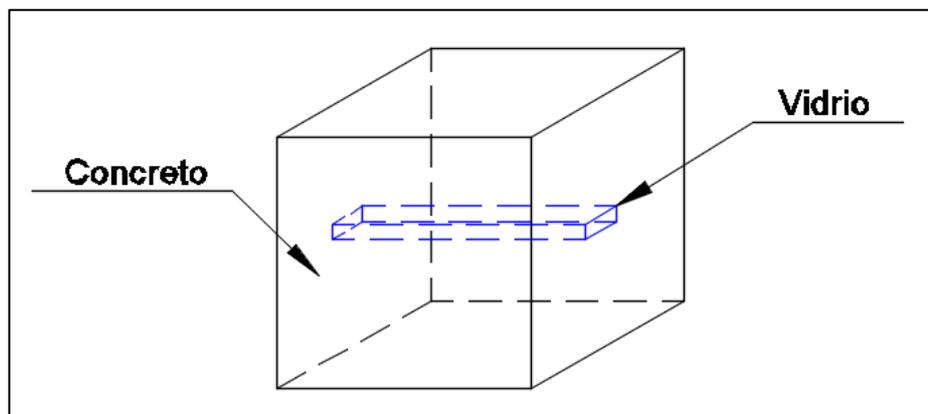


Figura 5: Ubicación del vidrio en relación a las caras del concreto.

4.2.3. Ensayo de los especímenes.

4.2.3.1. Resistencia a la compresión.

Para los ensayos de compresión se fabricaron especímenes cúbicos de 5 cm x 5 cm x 5 cm, se desarrollaron las pruebas de resistencia a la compresión mediante la Norma Técnica Peruana 399.613 y 339.604 en las edades de 7, 14 y 28 días, por cada edad y dosificación se ensayaron 3 probetas con el fin de obtener un promedio de las cargas máximas que soportan los especímenes, algunas de las probetas fueron descartadas debido a que tuvieron altas cantidades de vidrio en su dosificación que no permitieron que el dado de concreto pueda formarse correctamente, obteniendo un máximo de 28.8% de vidrio.

También se realizaron ensayos a compresión con especímenes cúbicos de 23 cm x 12 cm x 9 cm obteniendo resultados en la edad de 7 días, estos resultados sirvieron para proyectar la resistencia de los especímenes de cinco centímetros por lado en edad de 28 días para ladrillos de concreto translúcido con medidas de 23 cm x 12 cm x 9 cm. Este proceso de proyección fue siguiendo la investigación de Garralón (1983), en la que menciona que se puede obtener valores de correlación utilizando los valores de los especímenes para obtener un valor de conversión que varía muy poco de la recta de regresión, la recta de regresión es una representación de los puntos obtenidos en un plano cartesiano de ejes correspondiente entre las tensiones de rotura de dos distintos tamaños de probetas (fabricados con los mismos materiales y en las mismas condiciones).

En la Figura 6 se puede apreciar la recta de regresión que corresponde a una ecuación lineal en un sistema cartesiano de ejes A y C, siendo A un espécimen de mayor tamaño que C, por lo que se puede apreciar un valor mayor en el eje horizontal que en el eje vertical. El autor también menciona que la recta de regresión no representa una ubicación exacta de todos los puntos dentro de la recta, pero que si están muy próximos a ella.

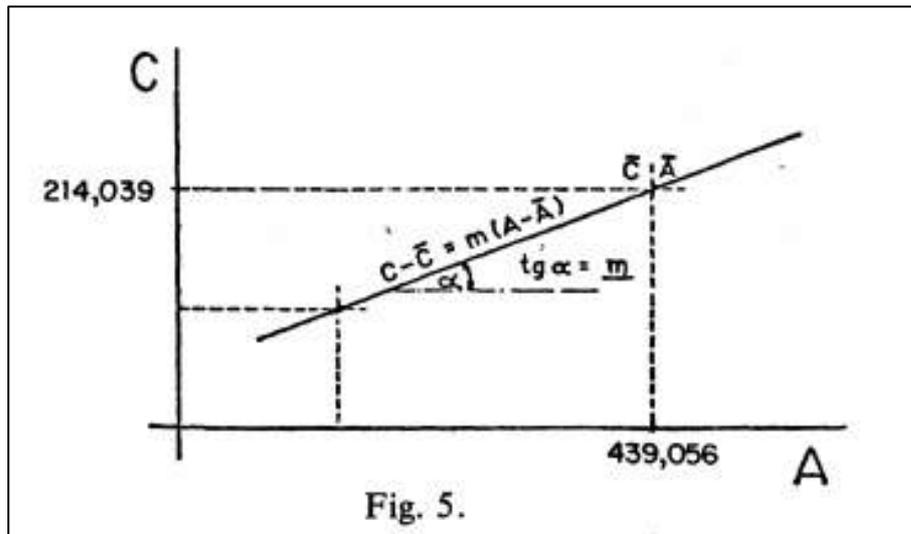


Figura 6: Recta de regresión en un sistema cartesiano de valores A y B

Fuente: Garralón, 1983

4.2.3.2. Transmitancia de luz.

Para el ensayo de transmitancia de luz se utilizó un espécimen de 5 cm x 5 cm x 5 cm por cada dosificación usada para la resistencia a la compresión. La manera de llevar a cabo este ensayo es recogida de la tesis de Cadavid (2013) y citada por Bardales y Neyra (2018), la investigación menciona que las probetas de concreto secas en temperatura ambiente fueron colocadas sobre una caja con una cavidad en la parte superior para que la luz pase a través de ella, y una abertura en la parte inferior de la caja para la colocación del luxómetro y obtener el registro de la cantidad de lux que atraviesa el concreto translúcido.

Para las pruebas de transmitancia de luz de los concretos translúcidos con vidrio se decidió colocar la abertura de la caja en una cara lateral en la que estaría cada espécimen estudiado, de esta manera se proyectó once intensidades de luz sobre los concretos translúcido registradas mediante un luxómetro y posteriormente se tomó registro de la luz que pudo ser transmitida tras los especímenes con el mismo luxómetro, estos datos fueron llevados a porcentajes de transmitancia de luz transmitidos a través del concreto translúcido en relación al total que está expuesto el espécimen, así pudiendo llegar a comparar entre todas las dosificaciones para obtener la más alta transmitancia de luz.

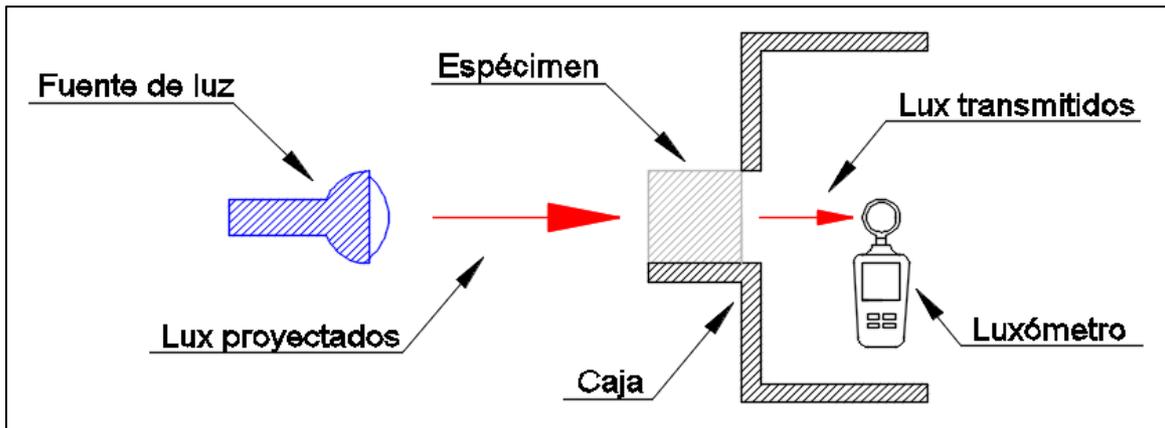


Figura 7: Propuesta de toma de datos de transmitancia de luz

4.3. Métodos de la investigación

- **Tipo.** La investigación es experimental; busca obtener características específicas de la unidad de mampostería de concreto translúcido directamente relacionados con los materiales que la conforman (agua, cemento, arena y vidrio). Se manipularon estos materiales para observar su efecto sobre la variable de resistencia a la compresión y transmitancia de luz, esta manipulación se hizo mediante dosificaciones de los materiales para evaluar los bloques ante fuerzas de compresión en una maquina universal. Posteriormente se evaluaron los bloques distintamente dosificados y se determinaron cuáles son las muestras que influyen positivamente en la transmitancia de luz mediante un luxómetro, finalmente obteniendo ambos resultados se determinó cual dosificación tiene mayor grado de transmitancia de luz y a la vez puede ser usado como unidad de albañilería según la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- **Nivel.** Llega a tener un nivel de estudio explicativo pues manipula sus variables para medir sus efectos y usa simulaciones para obtener un análisis cuantitativo
- **Método.** Se empleó la metodología científica basada en el procedimiento deductivo pues se obtienen conclusiones lógicas y válidas que se extraen de un conjunto de teorías, empleándose también el método cuantitativo pues la hipótesis se valida con resultados numéricos, estableciéndose así, la relación entre la resistencia a la compresión y transmitancia de luz de las muestras de concreto translúcido.

4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidad de observación

Población.

- La población de estudio de la investigación fueron todas las probetas de concreto translúcido con vidrio

Muestra.

- La muestra fue un total de 114 especímenes, 54 de ellos tenían medidas de 23 cm x 12 cm x 9 cm, de los cuales solo se pudo someter a compresión 9 ladrillos a la edad de 7 días (los demás no pudieron ser evaluados por la resistencia limitada de 100,000 kg de la maquina universal y también que algunos ladrillos no se formaron correctamente por la adherencia del vidrio al mortero). Fueron también 54 especímenes cúbicos de cinco centímetros en sus lados para ser sometidos a compresión (18 a 7 días, 18 a 14 días y 18 a 28 días) sin embargo solo se llegó a comprimir 27 cubos de concreto, que fueron los que si se formaron correctamente con 3 dosificaciones distintas. De la misma manera se elaboraron 6 especímenes más para ser sometidos a pruebas de transmitancia de luz, sin embargo, solo 3 estuvieron formados correctamente para la prueba al haber una buena adherencia del vidrio con el mortero.

El tipo de muestreo usado no es probabilístico debido a que las probetas usadas no se calcularon con métodos estadísticos, empleándose el juicio de expertos porque se determinaron un número específico de especímenes basándose en la cantidad mínima de probetas necesarias para encontrar un promedio y los porcentajes de vidrio que pueden tener las mismas probetas, siendo de 14.4%, 18%, 19.2%, 21.6%, 24% y 28.8%.

Tabla 1: Número de probetas por ensayo para especímenes de 23 cm x 12 cm x 9 cm

Vidrio	Pruebas de compresión			Prueba de transmitancia de luz	Muestras
	7 días	14 días	28 días		
14.4%	3	3	3	0	9
18%	3	3	3	0	9
19.2%	3	3	3	0	9
21.6%	3	3	3	0	9
24%	3	3	3	0	9
28.8%	3	3	3	0	9
TOTAL					54

Tabla 2: Número de probetas por ensayo para especímenes de 5 cm en sus lados

Vidrio	Pruebas de compresión			Prueba de transmitancia de luz	Muestras
	7 días	14 días	28 días		
14.4%	3	3	3	1	10
18%	3	3	3	1	10
19.2%	3	3	3	1	10
21.6%	3	3	3	1	10
24%	3	3	3	1	10
28.8%	3	3	3	1	10
TOTAL					60

Unidades de análisis.

- La unidad de análisis de la tesis desarrollada se denominó probeta o espécimen de concreto translúcido.

Unidad de observación.

- Fue mediante observación realizada a los equipos y registrada en fichas de observación durante la ejecución de los ensayos.

4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

Técnicas.

- Consulta de bibliográfica como reglamentos, artículos y tesis de investigación, páginas web de internet para analizar la información sobre los temas en la investigación.
- Recopilación de datos específicos de cada material para los ensayos del concreto translúcido en el Laboratorio de Concreto.
- Clasificación de datos de los ensayos para el concreto translúcido.
- Procesamiento de datos de los ensayos para el concreto translúcido.
- Recopilación de datos de los ensayos para el concreto translúcido.

Instrumentos.

- Formatos de pasos a desarrollar para registro de actividades.
- Guía de observación.
- Equipos de medición.

4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Procesamiento de datos.

- Mediante la bibliografía presentada se buscó dar respuesta a la hipótesis de la investigación.
- Se realizó la elaboración del mortero según los pasos detallados por Sánchez (2011) con los materiales locales y se mezcló con vidrio según las dosificaciones propuestas.
- La información obtenida de las diferentes dosificaciones de concreto translúcido fueron procesadas a través del programa computarizado Microsoft Excel 2016, obteniendo resultados promedios y gráficos para su interpretación y discusión de resultados de cada dosificación de los especímenes.

Análisis de la información.

- Los datos cuantitativos fueron analizados en gráficos de líneas obtenidos al procesar los datos en el software de Microsoft Excel. Debido a las distintas dosificaciones de vidrio de los especímenes, se obtuvo diferentes resultados en los ensayos de resistencia a la compresión y transmitancia de luz, obteniendo resultados fehacientes sobre que dosificaciones son las mejores para transmitir luz y resistir a la compresión. Para esto se realizó los análisis estadísticos de: (a) Recta de regresión de la resistencia a la compresión de especímenes con 14.4%, 18% y 21.6% de vidrio, (b) Resistencia a la compresión de los especímenes, (c) Transmitancia de luz por cada espécimen en distintas intensidades de luz recibida, (e) Comparación de resistencia a la compresión y transmitancia de luz.

4.7. Equipos, materiales, insumos, etc

Equipos.

- Máquina Universal.
- Luxómetro.
- Balanza electrónica.
- Horno.

Materiales.

- Gavera metálica para probetas de concreto de 23 cm x 12 cm x 9 cm.
- Gavera de madera para probetas de concreto de 5 cm x 5 cm x 5 cm.
- Equipos de protección personal.
- Balde para mezcla.
- Cortador de vidrio.
- *Le Chantelier*.
- Termómetro.
- Fiola.
- Pipeta.
- Taras.
- Tamiz.

Insumos.

- Cemento Portland Tipo I Pacasmayo.
- Arena proveniente de la cantera de El Gavilán.
- Vidrio incoloro de 3mm de espesor.
- Agua limpia del Laboratorio de Concreto.

4.8. Matriz de consistencia metodológica

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								
Título	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Fuentes o información de recolección de datos	Metodología	Población y muestra
Pregunta general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable Independiente				Tipo: La investigación es experimental; busca obtener características específicas de la unidad de mampostería de concreto translúcido directamente relacionados con los materiales que la conforman (agua, cemento, arena y vidrio).	Población: La población de estudio de la investigación fueron todas las probetas de concreto translúcido con vidrio
¿Cuál es la influencia del uso de vidrio como sustituto del agregado grueso del concreto translúcido en la resistencia a la compresión y la transmitancia de luz para su uso como unidad de albañilería?	Determinar la influencia del uso de vidrio como sustituto del agregado grueso del concreto translúcido en la resistencia a la compresión y la transmitancia de luz para su uso como unidad de albañilería.	El uso de vidrio como sustituto del agregado grueso del concreto translúcido permite obtener una aceptable resistencia a la compresión y óptima transmitancia de luz para su uso como unidad de albañilería.	Vidrio	Volumen Porcentaje	cm3 %	Registro	Nivel: Llega a tener un nivel de estudio explicativo pues manipula sus variables para medir sus efectos y usa simulaciones para obtener un análisis cuantitativo	Muestra: La muestra fue un total de 114 especímenes, 54 de ellos tenían medidas de 23 cm x 12 cm x 9 cm para someterlos a compresión, 54 especímenes de 5 cm por sus lados para ser sometidos a ensayos de compresión (18 a 7 días, 18 a 14 días y 18 a 28 días) y de la misma manera se elaboraron 6 especímenes más para ser sometidos a pruebas de transmitancia de luz.
	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variables Dependientes				Método: Se empleó la metodología científica basada en el procedimiento deductivo pues se obtienen conclusiones lógicas y válidas que se extraen de un conjunto de teorías, empleándose también el método cuantitativo pues la hipótesis se valida con resultados numéricos, estableciéndose así, la relación entre la resistencia a la compresión y transmitancia de luz de las muestras de concreto translúcido	Unidades de análisis: La unidad de análisis de la tesis desarrollada se denominó probeta o espécimen de concreto translúcido.
	Determinar la resistencia a la compresión del concreto translúcido a medida que aumenta la cantidad de vidrio en su interior.	El uso de vidrio como sustituto del agregado grueso del concreto translúcido en diferentes proporciones permite obtener diferentes resistencias a la compresión sin afectar su transmitancia de luz.	Resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión		kg/cm2 MPa	Máquina Universal	Unidad de observación: Fue mediante observación realizada a los equipos y registrada en fichas de observación durante la ejecución de los ensayos.
Determinar la transmitancia de luz del concreto translúcido a medida que aumenta la cantidad de vidrio en su interior.	El uso de vidrio como sustituto del agregado grueso del concreto translúcido en diferentes proporciones permite obtener diferentes porcentajes de transmitancia de luz sin afectar su mínima resistencia a la compresión para su uso como unidad de albañilería.	Transmitancia de luz	Translucidez Porcentaje		lux %	Luxómetro		

Cuadro 5: Matriz de consistencia metodológica

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Presentación de resultados

5.1.1. Diseño de mortero.

Se diseñó el mortero con una resistencia de 210 kg/cm² o 20.594 MPa con la metodología propuesta por Sánchez de Guzmán (2011), y con las normas NTP 334.005, NTP 339.127, NTP 400.012 y NTP 400.022, encontrando aceptable consistencia y fluidez con los materiales propuestos de la zona, como arena extraída de la cantera del Gavilán ubicada en carretera a la costa desde Cajamarca, cemento Portland tipo I y agua del Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte – Cajamarca.

Paso 1: Determinación de tipo de arena.

Para hallar el módulo de finura se usó la Norma Técnica Peruana 400.012, MTC E204 y ASTM C136, obteniendo un módulo de finura de 2.85 después de haber seleccionado 500 gr de arena seca y ser separada a través de varios tamices que van de aberturas mayores a aberturas menores (progresivamente de 4.75 mm a 0.15 mm) y así determinar el tamaño de las partículas. La arena fue secada en el horno del mismo laboratorio, se utilizó una balanza digital para obtener la mayor exactitud en la masa y los tamices cumplieron con la NTP 350.001.

Tabla 3: Análisis granulométrico del agregado fino.

Tamiz	Abertura mm	Peso retenido gr	Peso retenido %	Acumulado retenido %	Acumulado pasa %
N° 4	4.75	51.00	10.20	10.20	89.80
N° 8	2.36	94.30	18.86	29.06	70.94
N° 16	1.18	65.30	13.06	42.12	57.88
N° 30	0.60	41.80	8.36	50.48	49.52
N° 50	0.30	78.00	15.60	66.08	33.92
N° 100	0.15	104.70	20.94	87.02	12.98
Bandeja		64.90	12.98	100.00	0.00
Sumatoria		500.00	100.00		
Módulo de finura		284.96 / 100 = 2.85			

Paso 2: Determinación de relación agua-cemento.

Utilizando un tipo de arena de cantera de forma cúbica y de textura rugosa y cemento portland tipo I, se utilizó e interpoló en la imagen proporcionada por Sánchez de Guzmán (Figura 8), según el módulo de finura obtenido en el paso anterior ($m_f = 2.85$) y una resistencia deseada de 210 kg/cm² se obtiene una relación agua-cemento de 0.76.

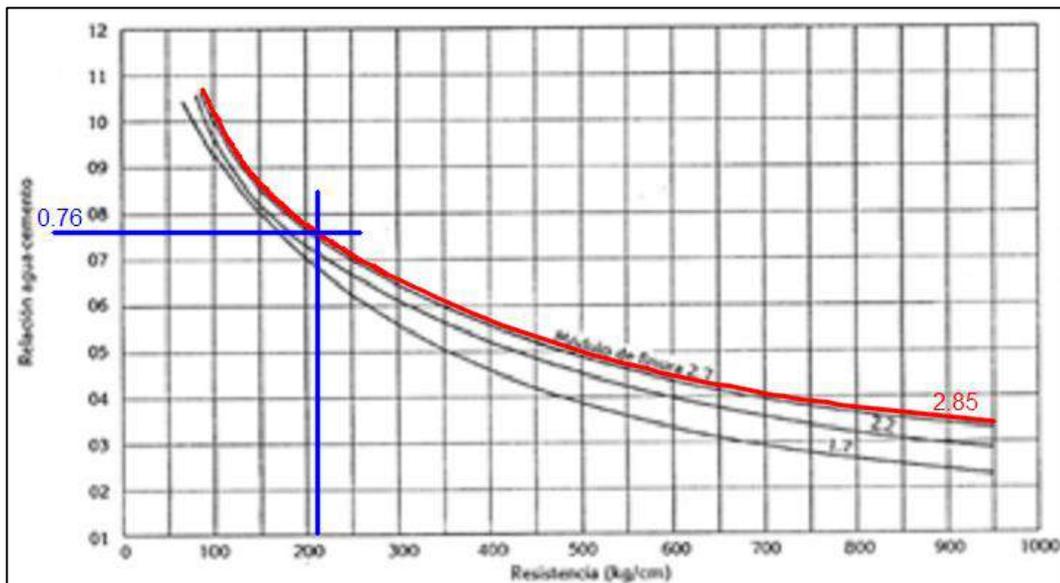


Figura 8: Correspondencia entre los valores de relación agua-cemento y resistencia a la compresión para morteros hechos con cemento Portland tipo I y arena de forma angular y textura rugosa con un módulo de finura de 2.85

Fuente: Sánchez, 2001

Paso 3: Selección de la consistencia.

Para el diseño del mortero para realizar ladrillos de concreto de características translúcidas se escogió una consistencia plástica, con 110% de fluidez.

Paso 4: Determinación de los factores que influyen en el contenido de agua.

Para determinar los factores, se desarrolla la siguiente fórmula

$$\frac{A}{C} = Ke^{bn}$$

Ecuación 1: Agua-cemento en relación de consistencia requerida de la pasta de cemento

Fuente: Sánchez, 2001

Siendo:

A/C: 0.76

n: Proporción de la mezcla (desarrollado en el paso 5).

b: Valor que relaciona la consistencia requerida, módulo de finura, forma y textura de la arena. Que para el módulo de finura 2.85 y consistencia plástica de 110% se busca dentro del cuadro elaborado por Sánchez de Guzmán entre los módulos de finura 2.7 y 3.2, que da valores a arenas de granos angulares y rugosos entre 0.2879 y 0.2477, obteniendo un valor para b de 0.2758.

Consistencia	Módulo de Finura	Arena de granos redondos y lisos	Arena de granos angulares y rugosos
Seca (90%)	1.7	0.3293	0.3215
	2.2	0.3110	0.3028
	2.7	0.2772	0.2930
	3.2	0.2394	0.2494
Plástica (110%)	1.7	0.3242	0.3238
	2.2	0.3033	0.2947
	2.7	0.2734	0.2879
	3.2	0.2368	0.2477
Fluida (130%)	1.7	0.3172	0.3216
	2.2	0.2927	0.3003
	2.7	0.2687	0.2949
	3.2	0.2340	0.2629

Cuadro 6: Selección del valor de b para 110% de consistencia y módulos de finura de la arena de 2.85

Fuente: Sánchez, 2001

e: 2.7183 (base de los logaritmos neperianos).

K: valor de la relación agua-cemento para la consistencia requerida en términos de fluidez de la pasta de cemento. Usando como guía el estudio realizado en la investigación “Ábacos para la relación a/c de la pasta para diferentes tipos de cemento en Cajamarca, 2019” (Cerdán, Manosalva, Campos, Medina, Quiroz y Cachi, 2019), se obtuvo un valor para K de 0.39, siendo el Cemento Portland “Pacasmayo Tipo I” el usado para el desarrollo de los ladrillos de Concreto Translucido,

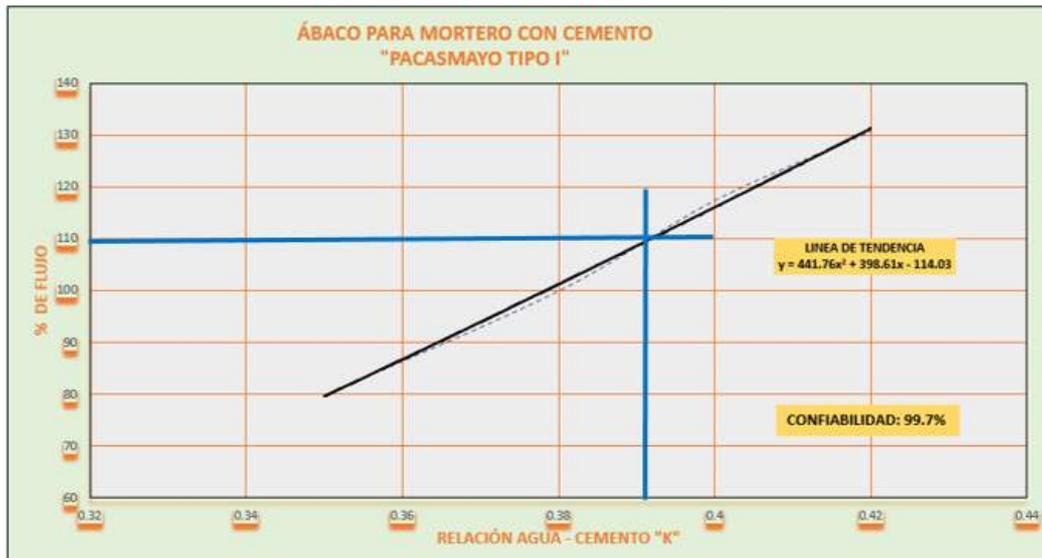


Figura 9: Ábaco para mortero con cemento Pacasmayo Tipo I
 Fuente: Cerdán, Manosalva, Campos, Medina, Quiroz y Cachi, 2019

Paso 5: Determinación de la proporción 1:n.

Sabiendo los valores anteriores se desarrolla la siguiente ecuación:

$$n = \frac{\ln\left(\frac{A}{C}\right) - \ln(K)}{b}$$

Ecuación 2: Determinación de la proporción 1:n

Fuente: Sánchez, 2001

$$n = \frac{\ln(0.76) - \ln(0.39)}{0.2638}$$

$$n = 2.53$$

Paso 6: Cálculo del contenido de cemento.

Después de haber reemplazado y factorizando la fórmula usada en el paso 4, se reemplaza valores en la ecuación siguiente.

$$C = \frac{1000}{\left(\frac{1}{G_c} + \frac{n}{G_a} + \frac{A}{C}\right)}$$

Ecuación 3: Determinación del contenido de cemento

Fuente: Sánchez, 2001

C: cemento en kg

lG_c : peso específico del cemento (3.14).

Para determinar el peso específico del cemento se utilizó tres frascos de Le Chatelier siguiendo el procedimiento de la NTP 334.005, vertiendo 64 gramos de cemento Portland Tipo I para cada frasco siendo previamente registradas sus masas en una balanza digital, obteniendo un peso específico promedio de 3.14 gr/cm³.

Tabla 4: Peso específico del Cemento Portland Tipo I

Descripción	UND	M - 1	M - 2	M - 3
Peso de cemento utilizado	gr	64	64	64
Volumen inicial	cm ³	0.5	0.3	0.4
Volumen final	cm ³	20.9	20.8	20.7
Volumen desplazado	cm ³	20.4	20.5	20.3
Peso específico del cemento hidráulico	gr/cm ³	3.14	3.12	3.15
Peso específico promedio del cemento	gr/cm ³		3.14	

G_a : peso específico aparente seco de la arena (2.66).

Para obtener el peso específico aparente seco de la arena se empleó la NTP 400.022, se retiró del agua una muestra del agregado fino que ha estado 24 horas sumergida en agua, esta muestra es secada para escoger tres muestras de 500 gr de masa siendo medidas con una balanza eléctrica, a su vez se introdujo agua dentro de tres fiolas graduadas para determinar su masa, cada muestra de arena se colocó dentro de cada fiola añadiéndoles agua y agitándolas para determinar las nuevas masas. Después que la arena reposó en las bases de las fiolas, se retira el agua y se vertió la arena húmeda de cada fiola en tres taras distintas para ser secadas por 24 horas en el horno del Laboratorio de Concreto y así tomar registro de su masa seca (de las taras también fueron registradas sus masas para que no sean consideradas al momento de obtener los resultados finales). El peso específico se obtuvo dividiendo el peso de la muestra sobre el peso de la fiola más el peso de la muestra saturada seca menos el peso total de la fiola con la muestra de arena y llena de agua, es así que se obtuvo un peso específico aparente seco promedio de 2.66 gr/cm³.

Tabla 5: Peso específico aparente seco de la arena

Descripción	UND	M - 1	M - 2	M - 3
Peso al aire de la muestra deseada	gr	500	500	500
Peso de la fiola aforada lleno de agua	gr	1301.8	1287.2	1333.5
Peso total de la fiola con la muestra y lleno de agua	gr	1610.1	1596.5	1643.2
Peso de la muestra saturada superficie seca	gr	496.8	497.3	497
Peso específico aparente (seco)	gr/cm3	2.65	2.65	2.65
Peso específico aparente promedio	gr/cm3		2.66	

n: proporción de la mezcla (2.43).

A/C: relación agua cemento (0.76)

$$C = \frac{1000}{\left(\frac{1}{3.14} + \frac{2.53}{2.66} + 0.76\right)}$$

$$C = 492.79 \text{ kg/m}^3$$

Paso 7: Determinación del contenido de agua.

Conocida la relación A/C del paso 2 y con dato anterior obtenido se desarrolla la siguiente ecuación.

$$A = \left(\frac{A}{C}\right) C$$

Ecuación 4: Determinación del contenido de agua

Fuente: Sánchez, 2001

$$A = (0.76)(492.79)$$

$$A = 374.52 \text{ lt/m}^3$$

Paso 8: Determinación del contenido de arena.

Obtenido el valor de n (paso 5) y el valor del contenido de cemento (paso 7), el contenido de arena se determina con la siguiente fórmula.

$$a = nC$$

Ecuación 5: Determinación del contenido de cemento

Fuente: Sánchez, 2001

$$a = (2.53)(429.79)$$

$$a = 1,246.3 \text{ kg/m}^3$$

Contenido de materiales por metro cúbico de mortero en proporción 1:2.53

Tabla 6: Materiales por m3 en proporción 1:2.53

Material	Peso seco kg	Peso específico g/cc	Volumen l
Cemento	492.79	3.14	156.94
Agua	374.52	1	374.52
Arena	1246.3	2.66	468.54
Total	2113.62		1000.00

Paso 9: Ajustes por humedad de arena y cálculo para las pruebas respectivas

9.1. Humedad superficial del agregado: Se obtiene restando el contenido de humedad menos la absorción,

El contenido de humedad se determinó mediante la NTP 339.127, se tomó registro de las masas de cinco taras o recipientes para posteriormente restar sus registros de los registros de las masas de la arena natural y seca, las masas de la arena natural en las taras también fueron registradas y posteriormente esta arena fue secada por 24 horas en el horno del Laboratorio de Concreto para registrar las masas de la arena seca en las taras. Restando los gramos de la arena natural menos la arena, y el resultado es dividido por el valor del material seco para ser multiplicado por 100, se obtuvo un promedio de porcentaje humedad de 4.18%.

Tabla 7: Contenido de humedad del agregado fino

Descripción	Und	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 5
Peso del material natural	gr	153.4	170.3	164.2	149.7	153
Peso del material seco	gr	147.3	163.4	157.7	143.9	146.6
Porcentaje de humedad	%	4.14	4.22	4.12	4.03	4.37
Promedio		%			4.18	

La absorción del agregado fino se obtiene mediante la norma NTP 400.022, recogiendo los datos de la Tabla 5 y a partir de estos datos se obtuvo que el resultado de la resta de la muestra saturada superficie seca menos el peso de la muestra, dividida entre el mismo peso de la muestra y multiplicado por 100 llegó a dar una absorción promedio del agregado fino de 0.59%.

Tabla 8: Absorción del agregado fino

Descripción	Und	M - 1	M - 2	M - 3
Peso de la muestra	gr	500	500	500
Peso de la fiola aforada llena de agua	gr	1301.8	1287.2	1333.5
Peso total de la fiola con la muestra y lleno de agua	gr	1610.1	1596.5	1643.2
Peso de la muestra saturada superficie seca	gr	496.8	497.3	497
Absorción	%	0.64	0.54	0.60
Absorción promedio	%		0.59	

Obtenido los datos de contenido de humedad y absorción del agregado fino, la humedad superficial del agregado fue de 3.59%

$$4.18\% - 0.59\% = 3.59\%$$

9.2. Aporte de humedad: Se obtiene de la multiplicación del porcentaje de humedad superficial (paso 9.1) por la cantidad de arena (paso 8).

$$\frac{3.59}{100} \times 1,246.3 = 44.74 \text{ lt/m}^3$$

9.3. Agua efectiva: Es así que la cantidad de agua a usar en la mezcla es la calculada en el paso 7 menos el dato obtenido en el paso 9.2.

$$374.52 - 44.74 = 329.78 \text{ lt/m}^3$$

9.4. Arena efectiva: De tal manera se calcula la cantidad final de arena, aumentando el porcentaje de las pruebas de contenido de humedad de la arena obtenida en el paso 9.1, que es de 4.18% por lo tanto al contenido de arena calculado en el paso 8 se lo multiplica por 1.0418.

$$a = 1,246.3 \text{ kg/m}^3 \times 1.0418$$

$$a = 1298.41 \text{ kg/m}^3$$

Para los 54 especímenes con medidas de 0.23 m x 0.12 m x 0.09 m, con volumen total de 0.141588 m³, se calculó las cantidades siguientes para los distintos materiales en un diseño de mortero de 210 kg/cm² o 20.594 MPa.

Tabla 9: Materiales para mezcla en 0.134136 m³

Material	UND	en m ³	en 0.134136 m ³
Cemento	kg	492.79	66.10
Agua	lt	329.78	44.24
Arena	kg	1298.41	174.16

Para elaborar los especímenes con medidas de 0.05 m x 0.05 m x 0.05 m y someterlos a las pruebas respectivas, se calcula el volumen de 60 especímenes (0.0075 m³) que fueron elaborados con un diseño de mortero de 210 kg/cm² o 20.594 MPa.

Tabla 10: Materiales para mezcla en 0.0075 m³

Material	UND	en m ³	en 0.0075 m ³
Cemento	kg	492.79	3.70
Agua	lt	329.78	2.47
Arena	kg	1298.41	9.74

5.1.2. Dosificación de vidrio.

La dosificación de vidrio se manejó distribuyendo tiras de vidrio dentro del tamaño del espécimen (5 cm x 5 cm x 5 cm), estas probetas de concreto pudieron tener en su interior distintas cantidades de vidrio, se decidió obtener seis dosificaciones de 12, 15, 16, 18, 20 y 24 tiras de vidrio de 5 cm x 1 cm x 3 mm, ocupando 14.4%, 18%, 19.2%, 21.6%, 24% y 28.8% respectivamente en relación al volumen de los especímenes.

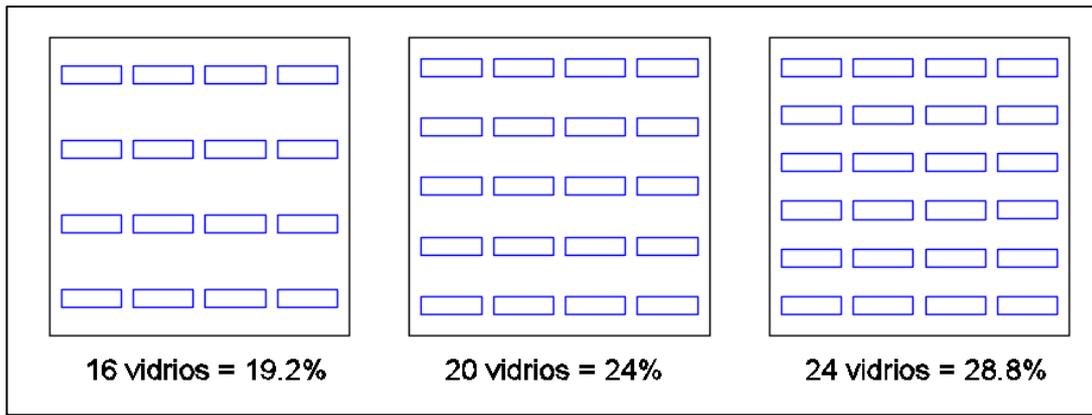


Figura 10: Distribución de vidrios en columnas de 4

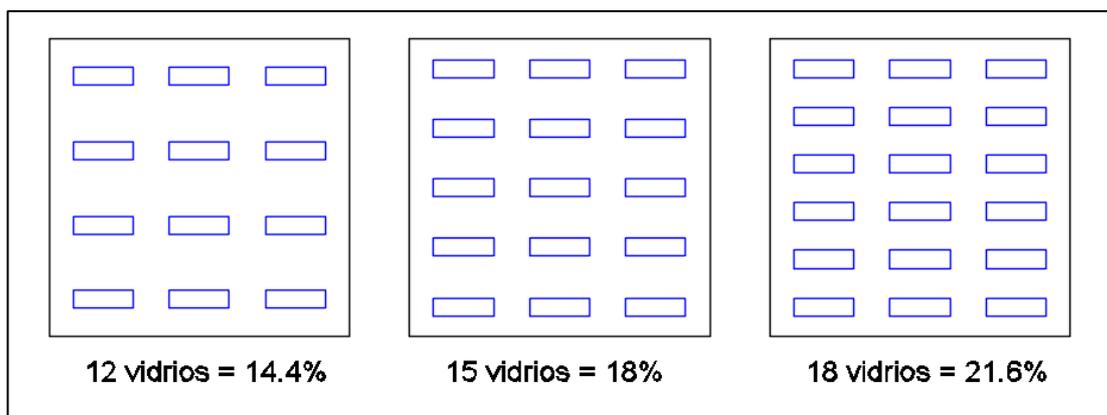


Figura 11: Distribución de vidrios en columnas de 3

Al momento de desencofrar los especímenes, solo llegaron a formarse bien aquellos que tenían vidrios distribuidos en columnas de 3, esto debido a que los que estaban distribuidos en columnas de 4 tenían poco espacio entre cada fila de vidrios evitando que el mortero pueda envolver bien al vidrio y conformar una pieza sólida.

5.1.3. Pruebas de resistencia a la compresión de los especímenes de concreto translúcido.

Las pruebas para definir la resistencia a la compresión fueron hechas mediante la NTP 399.613. De los especímenes con medidas de 23 cm x 12 cm x 9 cm se llegaron a someter a compresión solo nueve especímenes a la edad de 7 días pues son los que lograron una buena fabricación además que la capacidad de la maquina universal no podía sobrepasar los 100,000 kg de presión, sin embargo, los datos recogidos sirvieron para proyectar su resistencia a los 28 días mediante una ecuación lineal validada por

Garralón (1983) y los datos obtenidos de las resistencias a la compresión de los especímenes de cinco centímetros en sus tres lados.

La resistencia a la compresión a los 7 días de los especímenes de 23 cm x 12 cm x 9 cm fueron de 285.77 kg/cm² o 28.02 MPa para los que tenían 14.4% de vidrio, 256.91 kg/cm² o 25.19 MPa para los que tenían 18% de vidrio y 213.95 kg/cm² o 20.98 MPa para los que tenían 21.6% de vidrio

Tabla 11: Especímenes de 23 cm x 12 cm x 9 cm con 14.4% de vidrio sometidos a compresión a los 7 días

Especímen	Carga kg	Ab cm²	fb kg/cm²
14.4% 7 – aG	84630	276	306.63
14.4% 7 – bG	87575	276	317.30
14.4% 7 – cG	72517	276	262.74
		fb promedio kg/cm ²	295.56
		Desviación estándar	28.92
		Coefficiente de variación	9.78
		fb kg/cm²	285.77

Tabla 12: Especímenes de 23 cm x 12 cm x 9 cm con 18% de vidrio sometidos a compresión a los 7 días

Especímen	Carga kg	Ab cm²	fb kg/cm²
18% 7 – aG	72517	276	262.74
18% 7 – bG	69999	276	253.61
18% 7 – cG	71698	276	259.77
		fb promedio kg/cm ²	258.71
		Desviación estándar	4.65
		Coefficiente de variación	1.80
		fb kg/cm²	256.91

Tabla 13: Especímenes de 23 cm x 12 cm x 9 cm con 21.6% de vidrio sometidos a compresión a los 7 días

Espécimen	Carga kg	Ab cm2	fb kg/cm2
21.6% 7 – aG	58478	276	211.88
21.6% 7 – bG	60812	276	220.33
21.6% 7 – cG	59489	276	215.54
		fb promedio kg/cm2	215.92
		Desviación estándar	4.24
		Coeficiente de variación	1.96
		fb kg/cm2	213.95

De los especímenes de cinco centímetros en sus tres lados, 27 de estos concretos translúcidos tuvieron buena forma al desencofrar y fueron sometidos a fuerzas de compresión entre los 7, 14 y 28 días para saber el comportamiento de este nuevo material. Los especímenes que tenían 14.4% de vidrio lograron una resistencia a la compresión promedio de 156.84 kg/cm² o 15.38 MPa a los 7 días, 205.85 kg/cm² o 20.19 MPa a los 14 días y 241.50 kg/cm² o 23.68 MPa a los 28 días.

Tabla 14: Especímenes de cinco centímetros en sus tres lados con 14.4% de vidrio sometidos a compresión a los 7 días

Espécimen	Carga kg	Ab cm2	fb kg/cm2
14.4% 7 – a	3291	25	156.84
14.4% 7 – b	4225	25	169
14.4% 7 – c	3936	25	157.44
		fb promedio kg/cm2	161.09
		Desviación estándar	6.85
		Coeficiente de variación	4.25
		fb kg/cm2	156.84

Tabla 15: Especímenes de cinco centímetros en sus tres lados con 14.4% de vidrio sometidos a compresión a los 14 días

Espécimen	Carga kg	Ab cm2	fb kg/cm2
14.4% 14 – a	4984	25	199.36
14.4% 14 – b	5437	25	217.48
14.4% 14 – c	5365	25	214.6
		fb promedio kg/cm2	210.48
		Desviación estándar	9.74
		Coeficiente de variación	4.63
		fb kg/cm2	205.85

Tabla 16: Especímenes de cinco centímetros en sus tres lados con 14.4% de vidrio sometidos a compresión a los 28 días

Especímen	Carga kg	Ab cm2	fb kg/cm2
14.4% 28 – a	6263	25	250.52
14.4% 28 – b	5938	25	237.52
14.4% 28 – c	6111	25	244.44
		fb promedio kg/cm2	244.16
		Desviación estándar	6.50
		Coefficiente de variación	2.66
		fb kg/cm2	241.50

Los especímenes que tenían 18% de vidrio lograron una resistencia a la compresión promedio de 148.02 kg/cm2 o 14.52 MPa a los 7 días, 193.91 kg/cm2 o 19.02 MPa a los 14 días y 234.77 kg/cm2 o 23.02 MPa a los 28 días.

Tabla 17: Especímenes de cinco centímetros en sus tres lados con 18% de vidrio sometidos a compresión a los 7 días

Especímen	Carga kg	Ab cm2	fb kg/cm2
18% 7 – a	3729	25	149.16
18% 7 – b	3702	25	148.08
18% 7 – c	4050	25	162
		fb promedio kg/cm2	153.08
		Desviación estándar	7.74
		Coefficiente de variación	5.06
		fb kg/cm2	148.02

Tabla 18: Especímenes de cinco centímetros en sus tres lados con 18% de vidrio sometidos a compresión a los 14 días

Especímen	Carga kg	Ab cm2	fb kg/cm2
18% 14 – a	5073	25	202.92
18% 14 – b	4815	25	192.6
18% 14 – c	4864	25	194.56
		fb promedio kg/cm2	196.69
		Desviación estándar	5.48
		Coefficiente de variación	2.79
		fb kg/cm2	193.91

Tabla 19: Especímenes de cinco centímetros en sus tres lados con 18% de vidrio sometidos a compresión a los 28 días

Espécimen	Carga kg	Ab cm2	fb kg/cm2
18% 28 – a	5865	25	234.6
18% 28 – b	6079	25	243.16
18% 28 – c	5833	25	233.32
		fb promedio kg/cm2	237.03
		Desviación estándar	5.35
		Coefficiente de variación	2.26
		fb kg/cm2	234.77

Los especímenes que tenían 21.6% de vidrio lograron una resistencia a la compresión promedio de 135.80 kg/cm2 o 13.32 MPa a los 7 días, 174.56 kg/cm2 o 17.12 MPa a los 14 días y 191.27 kg/cm2 o 18.76 MPa a los 28 días.

Tabla 20: Especímenes de cinco centímetros en sus tres lados con 21.6% de vidrio sometidos a compresión a los 7 días

Espécimen	Carga kg	Ab cm2	fb kg/cm2
21.6% 7 – a	3640	25	145.6
21.6% 7 – b	3302	25	132.08
21.6% 7 – c	3689	25	147.56
		fb promedio kg/cm2	141.75
		Desviación estándar	8.43
		Coefficiente de variación	5.95
		fb kg/cm2	135.80

Tabla 21: Especímenes de cinco centímetros en sus tres lados con 21.6% de vidrio sometidos a compresión a los 14 días

Espécimen	Carga kg	Ab cm2	fb kg/cm2
21.6% 14 – a	4228	25	169.12
21.6% 14 – b	4546	25	181.84
21.6% 14 – c	4772	25	190.88
		fb promedio kg/cm2	180.61
		Desviación estándar	10.93
		Coefficiente de variación	6.05
		fb kg/cm2	174.56

Tabla 22: Especímenes de cinco centímetros en sus tres lados con 21.6% de vidrio sometidos a compresión a los 28 días

Espécimen	Carga kg	Ab cm²	fb kg/cm²
21.6% 28 – a	4806	25	192.24
21.6% 28 – b	4712	25	188.48
21.6% 28 – c	5341	25	213.64
fb promedio kg/cm ²			198.12
Desviación estándar			13.57
Coeficiente de variación			6.85
fb kg/cm²			191.27

5.1.4. Proyección de resistencias a la compresión a los 14 y 28 días para especímenes de 23 cm x 12 cm x 9 cm de concreto translúcido.

Obtenido los valores promedios de las resistencias a la compresión de los especímenes de cinco centímetros en sus tres lados a las edades de 7, 14 y 28 días, y también las resistencias promedio a la compresión de los especímenes de 23 cm x 12 cm x 9 cm a los 7 días, se puede proyectar las resistencias de estos últimos especímenes a las edades de 14 y 28 días mediante una ecuación lineal que deriva de una recta de regresión (Garraón. 1983). Obteniendo para los especímenes de 23 cm x 12 cm x 9 cm con 14.4% de vidrio una resistencia a la compresión de 375.07 kg/cm² o 36.78 MPa a los 14 días y 440.02 kg/cm² o 43.15 MPa a los 28 días. Para los especímenes del mismo tamaño con 18% de vidrio se obtuvo una proyección de la resistencia a la compresión de 336.56 kg/cm² o 33 MPa a los 14 días y 407.48 kg/cm² o 39.96 MPa a los 28 días. Y finalmente para los especímenes con 21.6% de vidrio de las mismas medidas de un ladrillo convencional se obtuvo una proyección de la resistencia a la compresión de 275.02 kg/cm² o 26.97 MPa a los 14 días y 301.34 kg/cm² o 29.55 MPa a los 28 días.

Tabla 23: Proyección de resistencias a la compresión para especímenes de 23 cm x 12 cm x 9 cm a los 14 y 28 días

Tamaño del espécimen	Valor	Día	Resistencia a la compresión en kg/cm²		
			14.4%	18%	21.6%
5 cm x 5 cm x 5 cm	Real	7	156.84	148.02	135.80
	Real	14	205.85	193.91	174.56
	Real	28	241.5	234.77	191.27
23 cm x 12 cm x 9 cm	Real	7	285.77	256.91	213.95
	Proyectado	14	375.07	336.56	275.02
	Proyectado	28	440.02	407.48	301.34

La recta de regresión se pudo comprobar graficando en un plano cartesiano los datos obtenidos y mostrándose una recta que responde a los puntos encontrados en cada tipo de espécimen como se muestran en los Gráficos 1, 2 y 3.

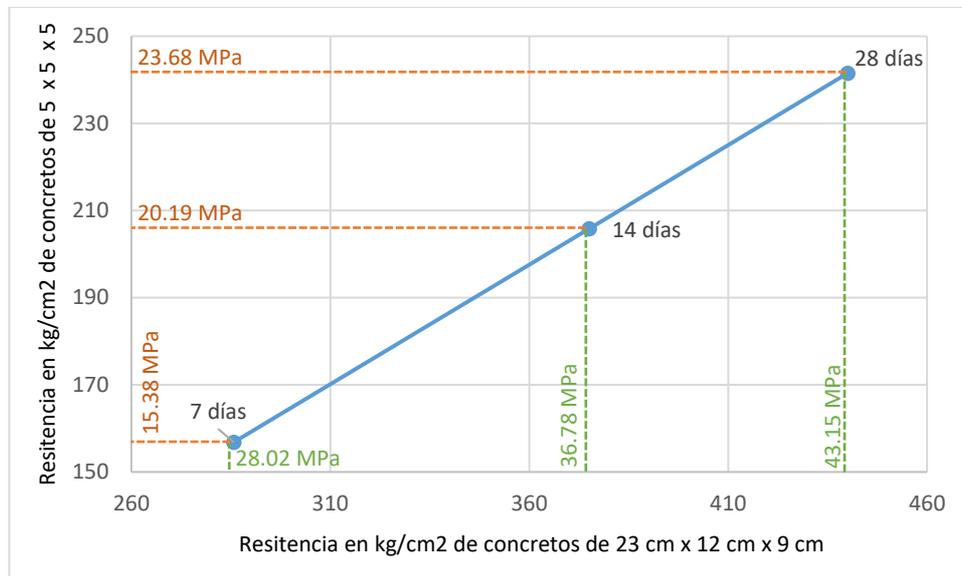


Gráfico 1: Recta de regresión de la resistencia a la compresión de especímenes con 14,4% de vidrio

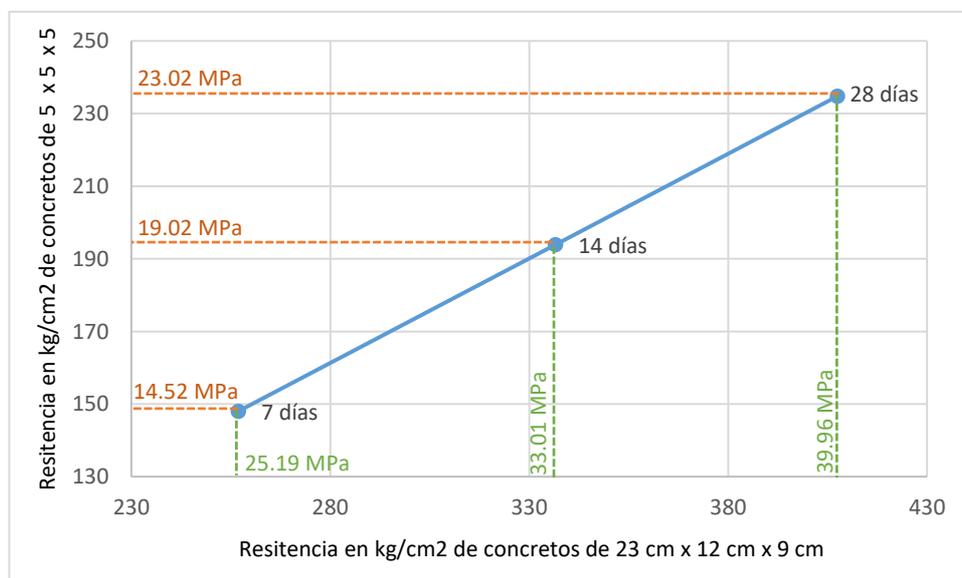


Gráfico 2: Recta de regresión de la resistencia a la compresión de especímenes con 18% de vidrio

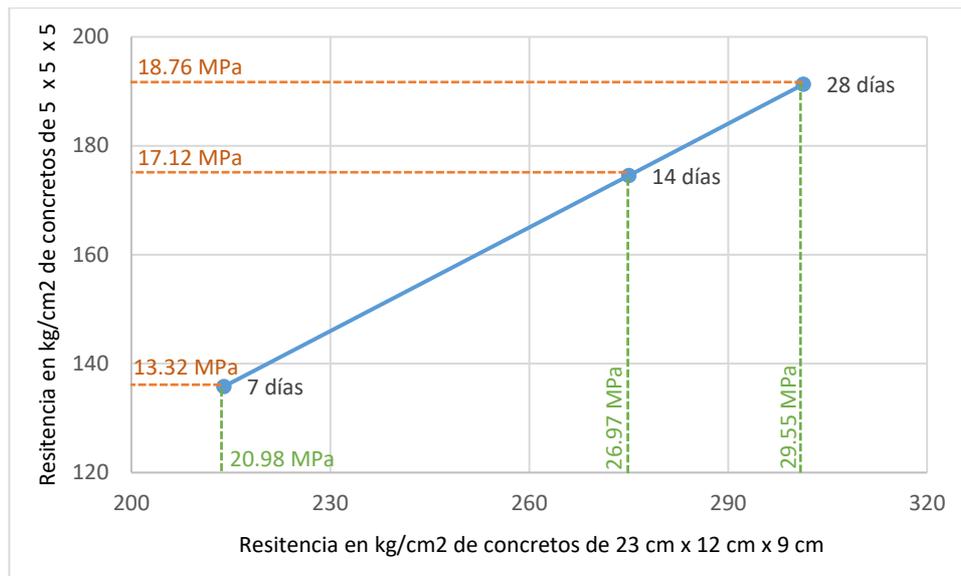


Gráfico 3: Recta de regresión de la resistencia a la compresión de especímenes con 21.6% de vidrio

5.1.5. Pruebas de transmitancia de luz de los especímenes de concreto translúcido.

Un espécimen por cada dosificación fue sometido a pruebas de transmitancia de luz en distintas intensidades, esto se logró con un solo punto de luz proyectado al concreto translúcido en distintas distancias (a mayor distancia menos lux recibidos y a menor distancia mayor cantidad de lux recibidos en el espécimen).

Tabla 24: Luz transmitida por especímenes con 59.4 lux recibidos

Especímen	Luz recibida		Luz transmitida	
	lux	lux	lux	%
14.4%			4.3	7.24
18%	59.4		4.6	7.74
21.6%			5.3	8.92

Tabla 25: Luz transmitida por especímenes con 147.9 lux recibidos

Especímen	Luz recibida		Luz transmitida	
	lux	lux	lux	%
14.4%			9.6	6.49
18%	147.9		10.4	7.03
21.6%			21.1	8.18

Tabla 26: Luz transmitida por especímenes con 267.3 lux recibidos

Especímen	Luz recibida	Luz transmitida	
	lux	lux	%
14.4%		16.3	6.10
18%	267.3	17.5	6.55
21.6%		20.4	7.63

Tabla 27: Luz transmitida por especímenes con 353.8 lux recibidos

Especímen	Luz recibida	Luz transmitida	
	lux	lux	%
14.4%		21.1	5.96
18%	353.8	22.4	6.33
21.6%		25.1	7.09

Tabla 28: Luz transmitida por especímenes con 422.6 lux recibidos

Especímen	Luz recibida	Luz transmitida	
	lux	lux	%
14.4%		24.7	5.84
18%	422.6	25.9	6.13
21.6%		28.8	6.81

Tabla 29: Luz transmitida por especímenes con 528.8 lux recibidos

Especímen	Luz recibida	Luz transmitida	
	lux	lux	%
14.4%		27.3	5.16
18%	528.8	28.7	5.43
21.6%		33.0	6.24

Tabla 30: Luz transmitida por especímenes con 626.8 lux recibidos

Especímen	Luz recibida	Luz transmitida	
	lux	lux	%
14.4%		29.8	4.75
18%	626.8	32.0	5.11
21.6%		36.4	5.81

Tabla 31: Luz transmitida por especímenes con 718.4 lux recibidos

Especímen	Luz recibida	Luz transmitida	
	lux	lux	%
14.4%		31.6	4.40
18%	718.4	34.2	4.76
21.6%		38.3	5.33

Tabla 32: Luz transmitida por especímenes con 846.7 lux recibidos

Especímen	Luz recibida	Luz transmitida	
	lux	lux	%
14.4%		34.1	4.03
18%	846.7	37.0	4.37
21.6%		39.9	4.71

Tabla 33: Luz transmitida por especímenes con 987 lux recibidos

Especímen	Luz recibida	Luz transmitida	
	lux	lux	%
14.4%		32.9	3.33
18%	987.0	35.8	3.63
21.6%		38.6	3.91

Tabla 34: Luz transmitida por especímenes con 1060 lux recibidos

Especímen	Luz recibida	Luz transmitida	
	lux	lux	%
14.4%		26.8	2.53
18%	1060	30.1	2.84
21.6%		32.4	3.06

5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

5.2.1. Análisis de resistencia promedio a la compresión.

En el Gráfico 4 se puede apreciar que los especímenes de cinco centímetros por sus tres lados con mayor porcentaje de vidrio en su interior son menos resistentes que los especímenes con menor cantidad de vidrio. A una edad de 28 días los especímenes con 14.4% de vidrio tuvieron una resistencia promedio de 241.50 kg/cm² o 23.68 MPa, en el mismo tiempo los especímenes con 18.8% de vidrio tuvieron una

resistencia promedio de 234.77 kg/cm² o 23.02 MPa y los especímenes con 21.6% de vidrio tuvieron a los 28 días una resistencia promedio de 191.27 kg/cm² o 18.76 MPa.

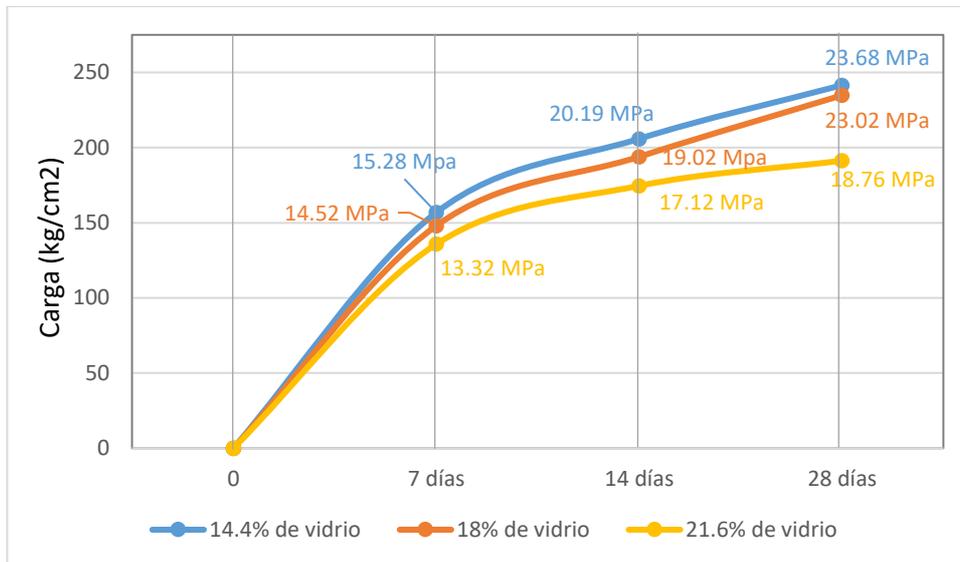


Gráfico 4: Resistencia a la compresión de los especímenes de 5cm en tres lados

En los concreto translúcidos de 23 cm x 12 cm x 9 cm también se proyectaron resultados similares a los anteriores mencionados como se muestra en el Gráfico5, pues con la recta de regresión, los resultados obtenidos a una edad de 28 días tendrían una resistencia promedio de 440.02 kg/cm² o 43.15 MPa para los especímenes con 14.4% de vidrio, en el mismo tiempo los especímenes con 18.8% de vidrio tendrían una resistencia promedio de 407.48 kg/cm² o 39.96 MPa y los especímenes con 21.6% de vidrio a la edad de 28 días tendrían una resistencia de 301.34 kg/cm² o 29.55 MPa.

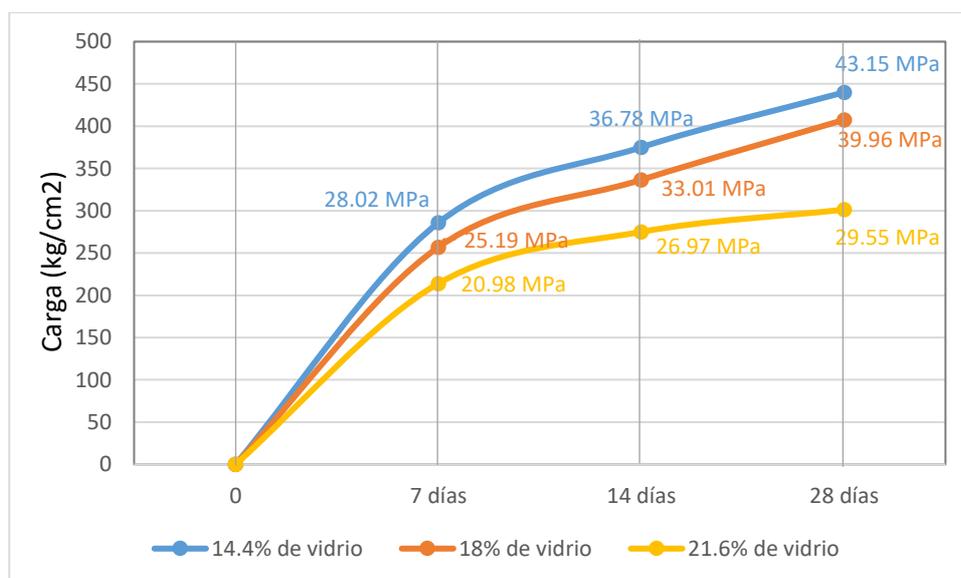


Gráfico 5: Resistencia a la compresión de los especímenes de 23cm x 12 cm x 9 cm

Cabrera (2014) menciona que “al adicionar vidrio a la mezcla se genera un efecto positivo sobre la resistencia a la compresión”, sin embargo, el Gráfico 3 y 4 muestra que los especímenes con mayor cantidad de vidrio en la mezcla tienden a tener menor resistencia a la compresión. Esto se debería a que Cabrera (2014) utiliza vidrio triturado, que le permitiría al mortero envolver en mayores áreas al porcentaje de vidrio, a diferencia que en tiras de vidrio el mortero envuelve al vidrio en menos área como se muestra en la Figuras 10 y 11, haciendo que la manera en que se llegue a fabricar concreto con vidrio como agregado grueso tenga diferentes resultados en resistencia.

5.2.2. Análisis de transmitancia de luz.

El Gráfico 6 muestra claramente un aumento en la transmitancia de luz mientras más vidrio haya en el concreto translúcido, llegando a tener un promedio máximo de 6.15% de luz transmitida por el espécimen que tiene 21.6% de vidrio (valor promediado entre los porcentajes de luz transmitidos por luces recibidas de 59.40 lux hasta 1060 lux) y un mínimo promedio de 5.08% de luz transmitida por el espécimen que tiene 14.4% de vidrio (valor promediado entre los porcentajes de luz transmitidos por las mismas potencias de luz recibida que con las de 21.6% de vidrio).

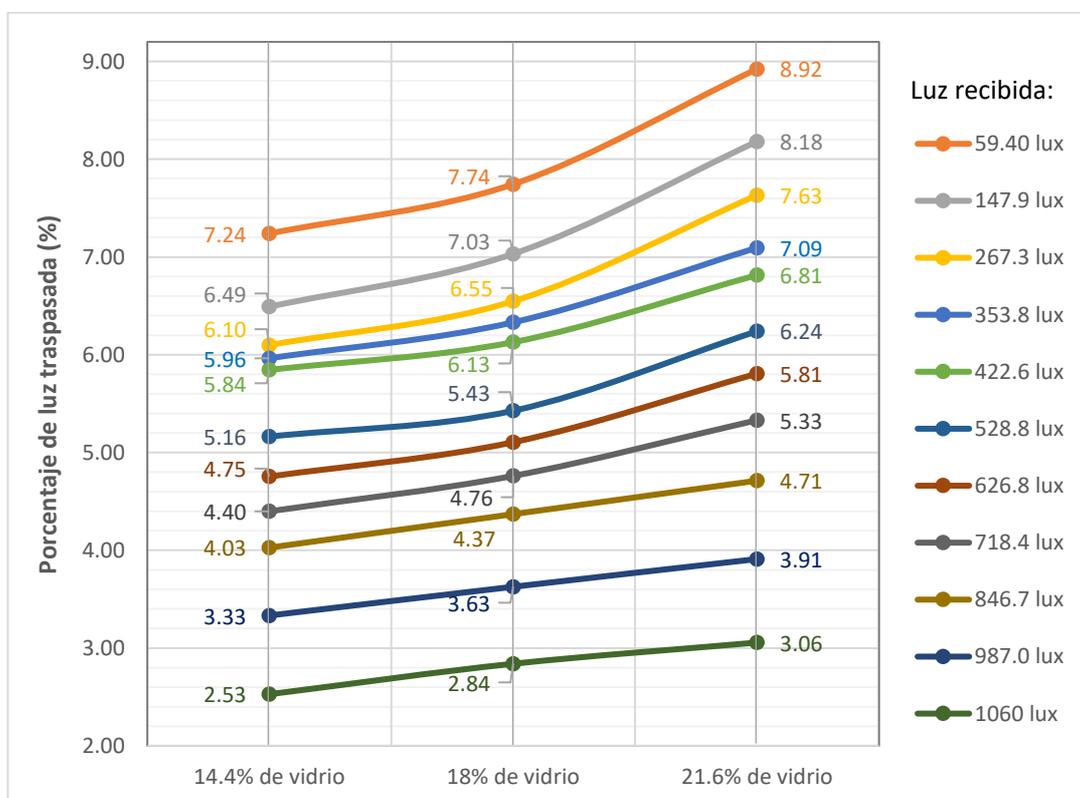


Gráfico 6: Porcentajes de transmitancia de luz por cada espécimen en distintas intensidades de luz recibidas

En el Gráfico 7 se puede observar un curioso fenómeno entre la luz recibida en un lado de los especímenes y la luz transmitida por el lado opuesto, la tendencia del porcentaje de luz transmitido por los especímenes tiende a disminuir mientras estos son expuestos a mayor potencia de luz, este fenómeno se debe a la absorbancia que tiene el material (Universidad de Córdoba. 2005). Lo lógico sería que esta gráfica mantenga los porcentajes de transmitancia de luz en todas sus exposiciones a la luz, sin embargo, se observa que el concreto translúcido con vidrio permite mayor porcentaje de transmitancia de luz mientras menos luz se le es expuesta, siendo el espécimen con 21.6% de vidrio el que mayor porcentaje de transmitancia de luz tiene desde 8.92% para una exposición de 59.40 lux hasta 3.06% para una exposición de 1060 lux.

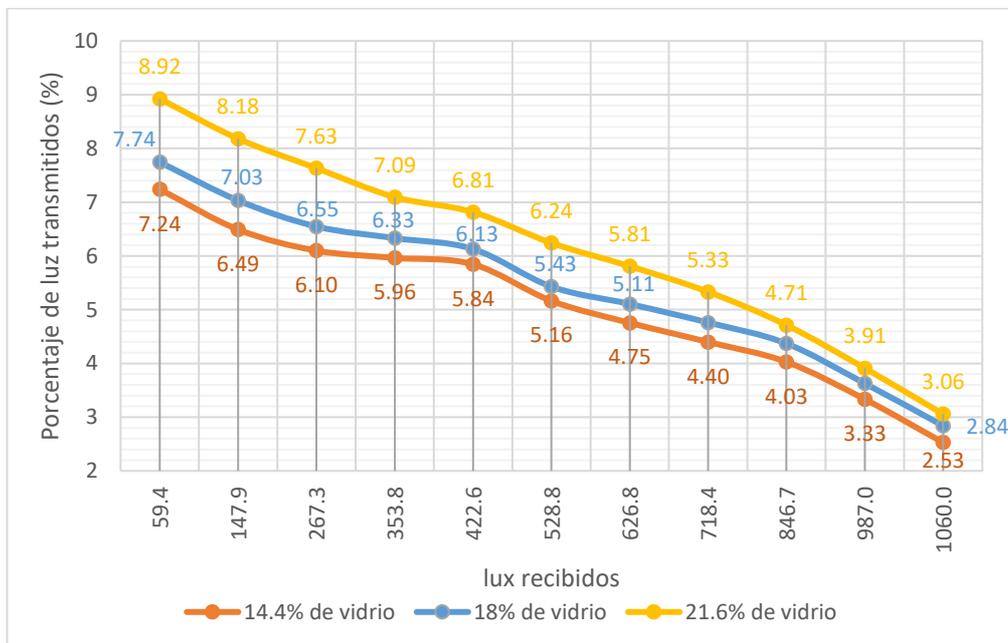


Gráfico 7: Porcentajes de transmitancia de luz por cada espécimen en distintas intensidades de luz recibidas

5.3. Contrastación de hipótesis

- La resistencia a la compresión del concreto translúcido se ve afectado cuando en su interior hay mayor cantidad de vidrio, obteniendo una resistencia mínima a los 28 días de 191.27 kg/cm² o 18.76 MPa en los especímenes de cinco centímetros en sus tres lados con 21.6% de vidrio. Esta resistencia mínima no afecta a la transmitancia de luz, pues a menor resistencia a la compresión hay mayor transmitancia de luz como se muestra en el Gráfico 8.

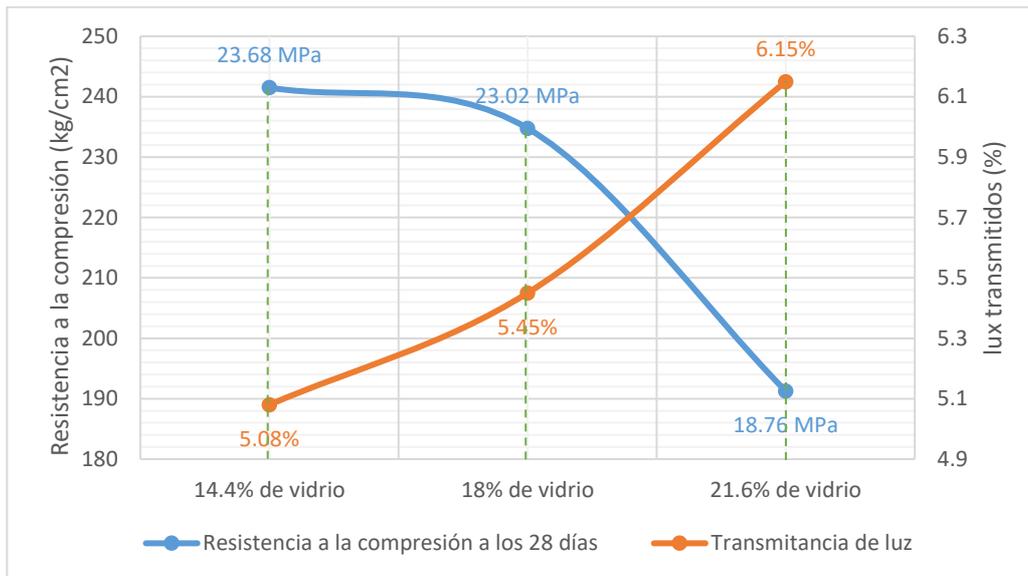


Gráfico 8: Comparación de resistencia a la compresión y transmitancia de luz promedio de especímenes de cinco centímetros en sus tres lados

- En la proyección de las resistencias a la compresión de los especímenes de 23 cm x 12 cm x 9 cm se obtuvo la misma tendencia que los especímenes más pequeños como se muestra en el Gráfico 9, obteniendo una resistencia mínima proyectada a los 28 días de 301.34 kg/cm² o 29.55 MPa en los especímenes con 21.6% de vidrio.

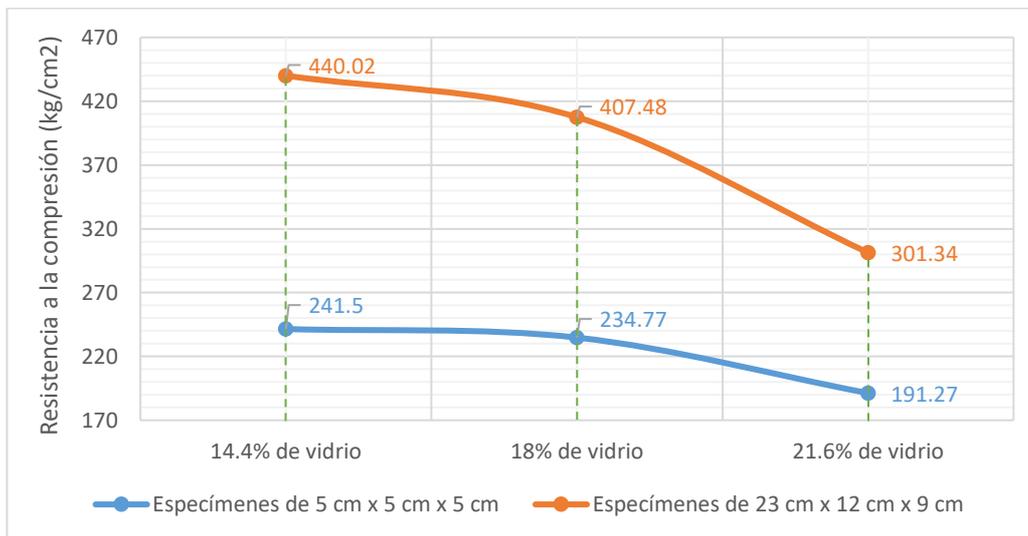


Gráfico 9: Resistencia a la compresión de los especímenes a los 28 días

- Una unidad de albañilería como mínimo debe resistir a la compresión una carga de 20 kg/cm² o 2 MPa para bloques de muros no portantes, esta carga está por debajo del espécimen con menor resistencia a la compresión como se muestra en el

Gráfico 8, al no poder albergar mayor porcentaje de vidrio (hasta 21.6%) la resistencia a la compresión ya no descendería de 191.27 kg/cm² o 18.76 MPa.

- Sabiendo como podría ser la resistencia característica a la compresión de las unidades de albañilería de concreto translúcido de 23 cm x 12 cm x 9 cm con dosificaciones de 14.4%, 18% y 21.6%, se puede afirmar que estos ladrillos son aptos para ser usados como unidad de albañilería ya que soportarían mayores cargas que los especímenes de menores dimensiones.

CONCLUSIONES

- El uso de vidrio como agregado grueso del concreto translúcido influye positivamente en la transmitancia de luz, pues a medida que aumenta el vidrio de 14.4% a 21.6% en la mezcla se obtiene mayor luxes transmitidos a través de las muestras logrando obtener un máximo de 8.92% de transmitancia de luz. Sin embargo, la resistencia a la compresión se ve afectada a medida que la cantidad de vidrio usado para la fabricación de los especímenes aumenta, pues a 28 días con 14.4% de vidrio se obtuvo una resistencia de 241.50 kg/cm² o 23.68 MPa y con una mayor cantidad de vidrio de 21.6% en las muestras, se obtuvo una resistencia la compresión de 191.27 kg/cm² o 18.76 MPa.
- La resistencia a la compresión de 191.27 kg/cm² o 18.76 MPa es la resistencia mínima obtenida entre de todos los especímenes estudiados en esta investigación, el valor mencionado es superior a los 20 kg/cm² o 2 MPa, que se requiere para que una unidad de albañilería sea clasificada como ladrillo no portante según la Norma E:070. Entonces se puede afirmar que aquellas dosificaciones que tengan 14.4%, 18% y 21.6% de vidrio en un concreto translúcido son aptos para su uso como unidades de albañilería.
- La dosificación de un concreto translúcido para obtener mayor translucidez y una resistencia a la compresión apta para su uso como unidad de albañilería (con vidrio como sustituto de agregado grueso y los demás agregados con sus respectivos ajustes por humedad según esta investigación) es la que tiene las siguientes características:
 - 21.6% de vidrio incoloro de un 1 cm de acho y 3 mm de espesor.
 - 78.4% de mortero:
 - Agua/cemento = 0.66.
 - Cemento:arena = 1:2.63.

RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

- Realizar estudios para determinar el uso de esta unidad de albañilería de concreto translúcido para muros portantes desde la clase I hasta la Clase V.
- Se recomienda el uso de este concreto translúcido, especialmente en lugares donde sea escaso o nulo el ingreso de luz natural como en ductos pequeños de iluminación y así poder disminuir el uso de iluminación artificial dentro de los ambientes.
- Se recomienda realizar investigaciones con tiras de vidrio inferiores a un centímetro de ancho para determinar el comportamiento físico y visual de concretos translúcidos que busquen mayor transmitancia de luz sin que se vea afectada la adherencia del vidrio en el mortero del bloque de concreto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, J. (2019). Influencia del concreto translúcido en el confort lumínico de un polideportivo vertical en la esperanza, Trujillo. *Tesis profesional*. Universidad Privada del Norte. Trujillo. Perú.
- ASOCRETO. (2014). *Tecnología del concreto*. Colombia. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/234779446/Tecnologia-Del-Concreto-Tomo-1>
- Barbarán, J. (2013). *Materiales no tradicionales concreto translúcido*. Chile. Obtenido de <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilizate/article/view/10131/10568>
- Bardales, F. y Neyra, B. (2018). Influencia del cuarzo reemplazante del agregado grueso en las propiedades mecánicas del concreto, Trujillo 2018. *Tesis profesional*. Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14966>
- Bolívar, G. (2020). *Objetos translúcidos: concepto, características y ejemplos*. Venezuela. Recuperado de <https://www.lifeder.com/objetos-translucidos/>
- Cabrera, L. (2015). Comparación de la resistencia de adoquines de concreto y otros elaborados con vidrio reciclado, Cajamarca. *Tesis profesional*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10257>
- Cerdán, Manosalva, Campos, Medina, Quiroz y Cachi. (2019). *Ábacos para la relación a/c de la pasta para diferentes tipos de cemento en Cajamarca, 2019*. Universidad Privada del Norte – Cajamarca.
- Cruz, B. (2011). Hormigón translúcido con fibra óptica. *Proyecto final de carrera*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12081/proyecto%20completo%20h.t..pdf?sequence=1>
- Diccionario de la lengua española. (2019). Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=DglqVCc>
- El Universal. (2008). *México inventa hormigón transparente*. México. Obtenido de <https://archivo.eluniversal.com.mx/notas/495842.html#:~:text=Los%20motivos%20son%20dos%3A%20el,uso%20en%20muros%20y%20techos.>
- Escuela Técnica Superior de Arquitectura de La Salle. (2004). *Hormigón translúcido*. Barcelona, España. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/330838491/Hormigon-translucido- Caracteristicas-pdf>

- Falabretti, Henrique, Bezerra y Paiva. (2018). Substituição da fibra óptica pelo pet no concreto translúcido. *Caderno de Graduação*. Universida de Tiradentes, Alagoas, Brasil. Obtenido de <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/5212/2567>
- Florsheim, S. (2015). *La noche de la ciudad translúcida*. Chile. Obtenido de <http://www.revistaurbanismo.uchile.cl/index.php/RU/article/viewFile/6219/6075>
- Franco, M., Perez, E. y Cruz, R. (2013). *Uso de metacaolín, vidrio reciclado y fibra óptica en la elaboración de un concreto translúcido*. Colombia. Obtenido de <http://revistas.ustabuca.edu.co/index.php/ITECKNE/article/view/392>
- Garralón, J. (1986). *¿Por que cilindros de 15 x 30 cm para obtener la resistencia a compresión del hormigón?*. España. Obtenido de <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/download/2011/2211>
- Hoyos, A. (2012). Concreto translúcido transmisión de luz visible a través de morteros con fluorita como agregado fino. *Tesis magistral*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Colombia. Obtenido de http://www.bdigital.unal.edu.co/7232/1/76328514._2012.pdf
- INACAL. (2018). *NTP 400.012:2013 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Perú. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-privada-de-tacna/tecnologia-del-concreto/otros/ntp400-norma-tecnica-peruana-granulometria-de-los-agregados/4659039/view>
- INACAL. (2017). *NTP 400.050:2017 MANEJO DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN. Manejo de residuos de la actividad de la construcción y demolición*. Perú. Obtenido de https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=5723
- INDECOPI. (1998). *Norma Técnica Peruana 339.127 Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*. Perú. Obtenido de https://kupdf.net/download/ntp-339127-suelos-metodo-de-ensayo-para-determinar-el-contenido-de-humedad-de-un-suelo-ntp-pdf_59741f4ddc0d60b051727654_pdf
- INDECOPI. (2005). *Norma Técnica Peruana 339.613 Unidades de Albañilería*. Perú. Obtenido de <https://pdfslide.tips/documents/ntp-399613pdf.html>
- INDECOPI. (2013). *Norma Técnica Peruana 400.022 Agregados. Métodos de ensayo normalizado para la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. Perú. Obtenido de https://kupdf.net/download/ntp-4000222013-agregados-metodo-peso-especifico-y-absorcion-del-agregado-fino_59c03df208bbc5f314686f9e_pdf

- Martín, P. (1975). *Métodos fisicoquímicos de análisis*. Bilbao, España. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=325192>
- MTC. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Perú. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf
- MVCS. (2015). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Perú. Obtenido de <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>
- Paiva, S. y Jussara, M. (2017). *Concreto translúcido – Luz natural para ambientes fechados*. Brasil. Obtenido de <https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/46269/pdf>
- REVISTA COLOMBIANA DE MATERIALES. (2013). *Avances en el desarrollo de los concretos translúcidos*. Colombia. Obtenido de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/materiales/article/view/19571/16631>
- Rivva, E. (2013). *Diseño de mezclas*. Perú. Obtenido de <https://es.slideshare.net/FredrafuEnrifer/diseño-demezclasenrriquerivvalopez>
- Sánchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Obtenido de <https://mega.nz/#!0VMTSIYa!8clf2Pd1xqCeqjWVsDzyMoULcGmCHINWBW8kvgmfq6o>
- Universidad de Córdoba. (2005). *Espectrofotetría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas*. España. Obtenido de https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf

4. Cálculo del contenido de cemento

$$C = \frac{1000}{\left(\frac{1}{G_c} + \frac{n}{G_a} + \frac{A}{C}\right)}$$

$$C = 492.79 \text{ kg/m}^3$$

5. Determinación del contenido de agua

$$A = \left(\frac{A}{C}\right)C$$

$$A = 374.52 \text{ Lt/m}^3$$

6. Determinación del contenido de arena

$$a = nC$$

$$a = 1246.31 \text{ kg/m}^3$$

7. Contenido de materiales por metro cúbico de mortero en proporción 1:2.53

Material	Peso seco	Peso específico	Volumen
	kg	g/cc	l
Cemento	492.79	3.14	156.94
Agua	374.52	1	374.52
Arena	1246.31	2.66	468.54
Total	2113.62		1000.00

8. Ajustes por humedad

DESCRIPCIÓN	UND	VALOR
Humedad superficial del agregado	%	3.59
Aporte de humedad	lt/m3	44.74
Agua efectiva	lt/m3	329.78
Arena efectiva	kg/m3	1298.41

9. Materiales para la mezcla en 0.0075 m3

Material	UND	en m3	0.0075 m3
Cemento	kg	492.79	3.70
Agua	lt	329.78	2.47
Arena	kg	1298.41	9.74

Apéndice III: Panel fotográfico



Figura 12: Gavera metálica para la elaboración de ladrillos de 23 cm x 12 cm x 9 cm



Figura 13: Curado de los especímenes por inmersión de los concreto con medidas de 23 cm x 12 cm x 9 cm



Figura 14: Espécimen con medidas de 23 cm x 12 cm x 9 cm sometido a compresión a los 7 días.

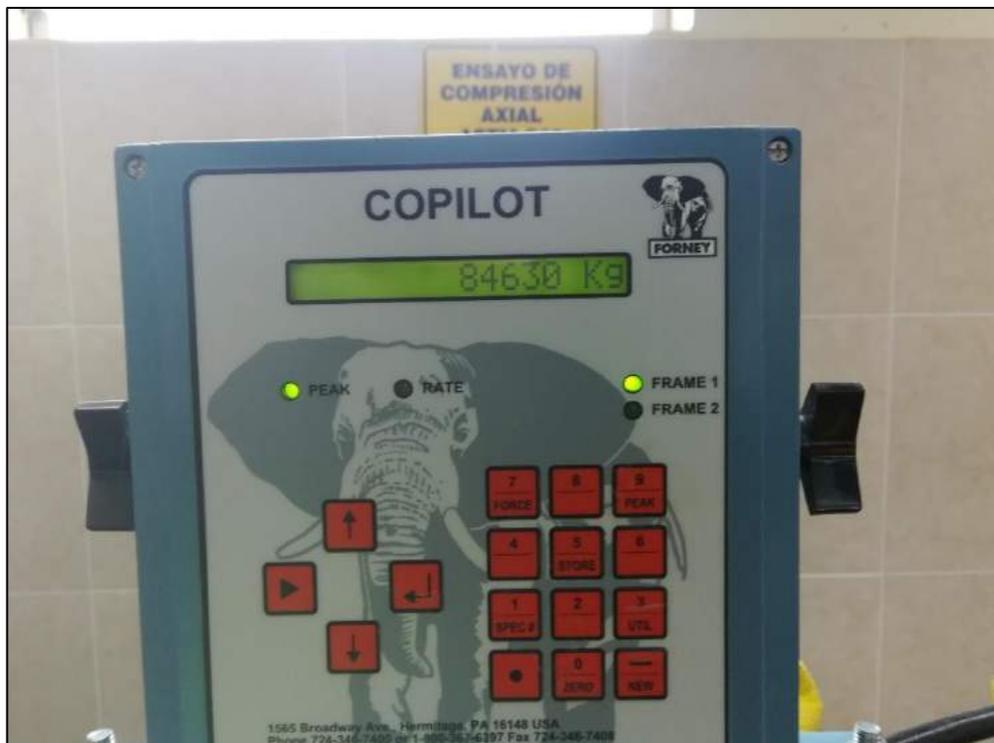


Figura 15: Resistencia de espécimen a los 7 días (la maquina universal no resiste más de 100,000 kg)



Figura 16: Especímenes de concreto translúcido con medidas de 23 cm x 12 cm x 9 cm sometidos a compresión a los 7 días



Figura 17: Especímenes de concreto translúcido con medidas de 23 cm x 12 cm x 9 cm descartados para su estudio.

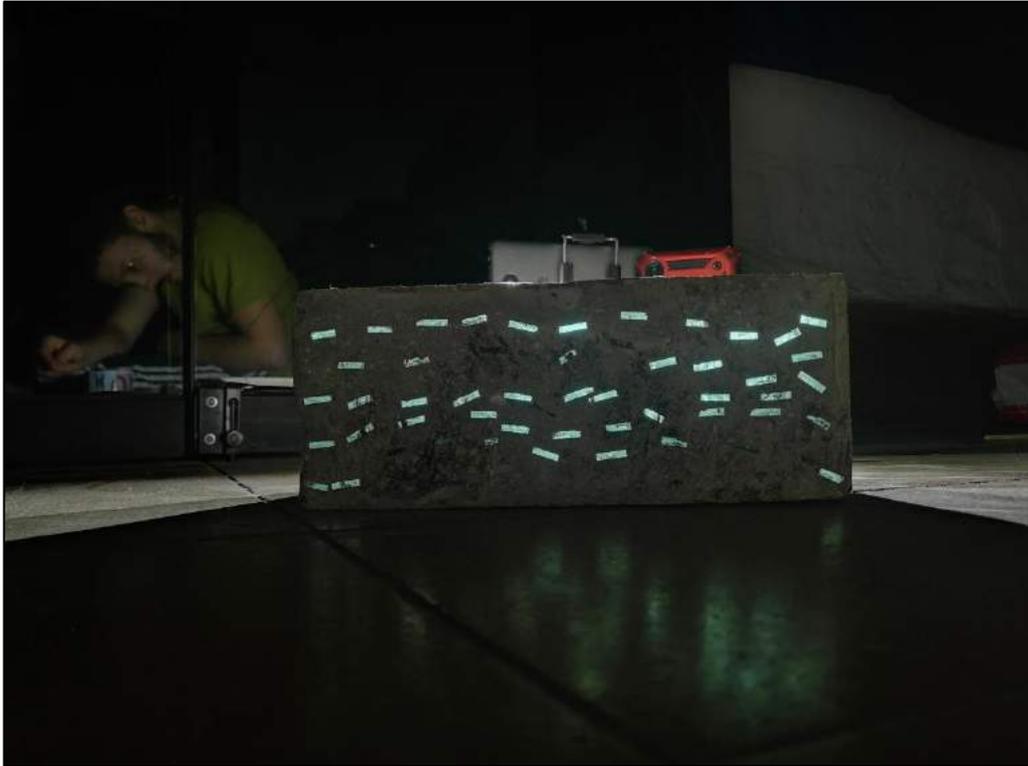


Figura 18: Transmitancia de luz en un espécimen de concreto translucido

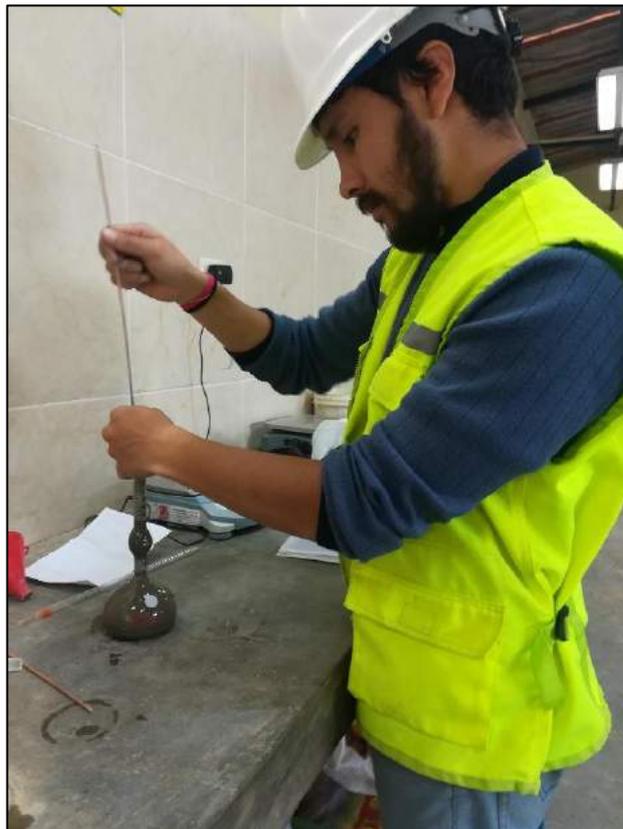


Figura 19: Tesista realizando la prueba para hallar el peso específico del cemento usando un *Le Chantelier*



Figura 20: Uso de tres fiolas para determinar las características de la arena fina como son densidad, contenido de humedad y absorción



Figura 21: Arena fina previamente pesadas y registradas colocadas en taras para secarlas en un horno



Figura 22: Arena fina secada después de 24 horas en el horno para ser pesadas y tomar registro



Figura 23: Tamices utilizados para determinar el módulo de finura de la arena



Figura 24: Gaveras de madera para especímenes de concreto de 5 cm x 5 cm x 5 cm



Figura 25: Tiras de vidrio de 3 mm de espesor cortadas en 5 cm x 1 cm



Figura 26: Tesista fabricando los especímenes de concreto translúcido



Figura 27: Especímenes con 4 tiras de vidrio por fila descartados por no mantenerse en un solo conjunto al momento de desencofrarlos



Figura 28: Curado de los especímenes por inmersión



Figura 29: Especímenes aptos y no aptos para someterlos ante una maquina universal para determinar su resistencia a la compresión



Figura 30: Sometimiento de espécimen ante la maquina universal



Figura 31: Vista del vidrio en el interior de un espécimen sometido a compresión



Figura 32: Especímen recibiendo una intensidad de luz siendo medido por un luxómetro



Figura 33: Especímen transmitiendo la luz que atraviesa al bloque mismo



Figura 34: Luxómetro MT-912



Figura 35: 528.8 lux recibidos en un espécimen



Figura 36: 33 lux transmitidos en un espécimen



Figura 37: Diferentes concretos translúcidos expuestos a la luz en su cara posterior

ANEXOS

Anexo I: Autorización para realizar experimentación en laboratorios externos

Cajamarca, 14 de octubre de 2020

SR.
MSc . Ing. MARCO SILVA SILVA
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE POSGRADO DE INGENIERIA.

De mi consideración:

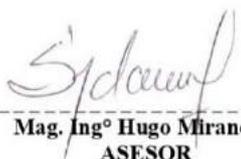
Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente, al mismo tiempo para manifestarle que por razones debidas a la no atención en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de las Facultad de Ingeniería porque se encontraba en remodelación en el periodo que el estudiante de Maestría ROGER ALBERTO GARCÍA VILLANUEVA realizó los correspondientes ensayos de su Tesis **“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”**, se le autorizó que pudiera realizar la experimentación en laboratorios externos; para tal efecto se comunicó al Ex Director de la Unidad de Posgrado de Ingeniería MSc Jaime Amorós Delgado.

Las pruebas que se realizaron en el Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte – Cajamarca fueron las siguientes:

- ✓ Análisis granulométrico del agregado fino.
- ✓ Peso específico del cemento hidráulico.
- ✓ Contenido de humedad del agregado fino.
- ✓ Gravedad específica y absorción del agregado fino.
- ✓ Pruebas de resistencia a la compresión.

Es ocasión para expresarle las muestras de mi consideración y estima personal.

Atentamente,



Mag. Ing° Hugo Miranda Tejada
ASESOR

Anexo II: Ficha de módulo de finura

	LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGGF-LC-UPNC:
	NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012	
PROYECTO	Tesis de Maestría		
CANTERA:	Gavilán	TM:	
UBICACIÓN:	Cajamarca	TMN:	
FECHA DE MUESTRA:	06-11-19	M.F:	
FECHA DE ENSAYO:	07-11-19	HUSO A UTILIZAR:	
RESPONSABLE:	Ing. Roger García	REVISADO POR:	Ing. Kevin Tello

AGREGADO FINO

Mínimo: 500 gr.

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Husos Granulométrico (Según norma ASTM C33)	
	(pulg)	(mm)					Límite Inferior	Límite Superior
1	N° 4	4.75	51.00	10.20	10.20	89.80	95	100
2	N° 8	2.36	94.30	18.86	29.06	70.94	80	100
3	N° 10	2.00					-	-
4	N° 16	1.18	65.30	13.06	42.12	57.88	50	85
5	N° 30	0.6	41.80	8.36	50.48	49.52	25	60
6	N° 50	0.3	78.00	15.60	66.08	33.92	10	30
7	N° 100	0.15	104.70	20.94	87.02	12.98	2	10
8	N° 200	0.075					0	3
9	Bandeja	0	64.90	12.98	100.00	0.00	-	-

Nota: Para calcular la granulometría, utilizar todas las mallas, para el caso del módulo de finura no utilizar la malla N° 10 y N° 200. Con la siguiente fórmula podemos determinar

$$M.F = \frac{(\sum \% \text{ Retenido acumulado en las mallas } N^{\circ} 4, 8, 16, 30, 50 \text{ y } 100)}{100}$$

OBSERVACIONES:

M.F. = 2.85

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Roger García Villanueva	NOMBRE: KEVIN ROBERTSON TELLO CASAS Licenciado Especializado, CPN-C	NOMBRE: Ing. Hugo Miranda
FECHA: 07-11-19	FECHA: 07-11-19	FECHA: 07-11-19

Anexo III: Ficha de contenido de humedad

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
	PROTOCOLO				
	ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
	NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127		CH-LS-UPNC:	
PROYECTO:	Tesis de Maestría				
CANTERA:	Gavilón	MUESTRA:		TIPO DE MATERIAL:	arena fina
UBICACIÓN:	Cajamarca		COLOR DE MATERIAL:	Naranja	
FECHA DE MUESTREO:	06-11-19		RESPONSABLE:	Arq. Roger García Villanueva	
FECHA DE ENSAYO:	07-11-19		REVISADO POR:	Ing. Kevin Tello	

Temperatura de Secado

110 °C

Método

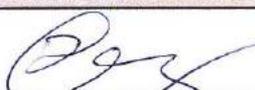
Horno 110 ± 5 °C

CONTENIDO DE HUMEDAD												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	Identificación del recipiente o Tara	-	1	2	3	4	5					
B	Peso del Recipiente	gr	27.8	27.8	28.3	28.2	28.3					
C	Recipiente + Material Natural	gr	151.2	148.2	149.5	147.9	148.3					
D	Recipiente + Material Seco	gr	175.1	191.2	186.0	172.1	174.9					
E	Peso del material húmedo (Wmh) = C - B	gr	123.4	120.3	164.2	149.7	163.0					
F	Peso del material Seco (Ws) = D - B	gr	147.3	163.4	157.7	143.9	146.6					
W%	Porcentaje de humedad (E - F / F) * 100	%	4.14	4.22	4.12	4.03	4.37					
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	4.18									

$$(W\%) = \frac{Wmh - Ws}{Ws} * 100$$

Nota: Materia hace mención tanto al suelo como a los agregados tanto grueso como fino.

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Roger García Villanueva	NOMBRE: Kevin Roberto Tello Casas	NOMBRE: Ing. Hugo Mancilla
FECHA: 07-11-19	FECHA: 07-11-19	FECHA: 07-11-19

Anexo IV: Ficha de gravedad específica y absorción

	LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: GEAF-LC-UPNC:
	NORMA	MTC E205 / ASTM C128 / NTP 400.022	
PROYECTO	Tesis de Maestría		
CANTERA:	Gaviola	TIPO DE CANTERA:	
UBICACIÓN:	Cajamarca	TIPO DE MATERIAL:	Aranga Fina
FECHA DE MUESTRA:	05-11-19	RESPONSABLE:	Arg. Roger Garcia
FECHA DE ENSAYO:	07-11-19	REVISADO POR:	Ing. Kevin Tello

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS						
ID	DESCRIPCIÓN	Und.	1	2	3	RESULTADO
A	Peso al aire de la muestra desecada.	gr.	500	500	500	N.A
B	Peso del picnómetro aforado lleno de agua.	gr.	1301.8	1287.2	1333.5	N.A
C	Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua	gr.	1601.1	1596.5	1643.2	N.A
S	Peso de la Muestra Saturada Superficie Seca	gr.	496.8	497.3	497.0	N.A
E	Peso específico aparente (Seco) $P. e. a(seco) = \frac{A}{B + S - C}$	gr./cm ³	2.65	2.66	2.67	2.66
F	Peso específico aparente (SSS) $P. e. a(SSS) = \frac{S}{B + S - C}$	gr./cm ³	2.64	2.65	2.65	2.64
G	Peso específico nominal (Seco) $P. e. n(seco) = \frac{A}{B + A - C}$	gr./cm ³	2.61	2.62	2.63	2.62
H	Absorción $Abs(\%) = \frac{S - A}{A} * 100\%$	(%)	0.64	0.54	0.60	0.59

N.A: NO APLICA

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
		
NOMBRE: Roger Garcia Villanueva	NOMBRE: KEVIN ROBERTO TELLO CASAS Laboratorio Especializados UPN-C	NOMBRE: Ing. Hugo Miranda
FECHA: 07-11-19	FECHA: 07-11-19	FECHA: 07-11-19

Anexo V: Ficha de peso específico del cemento hidráulico

	LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO HIDRÁULICO (FRASCO DE LE CHATELIER)	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: PECH-LC-UPNC:
	NORMA	MTC E610 / ASTM C188 / NTP 334.005	
PROYECTO	Tesis de Maestría		
TIPO DE CEMENTO:	Portland Tipo I	MUESTRA N°:	
LÍQUIDO UTILIZADO:	KEROSENE	N° DE FRASCO	
	NAFTA	RESPONSABLE:	Arq. Roger García
FECHA DE ENSAYO:	17-10-19	REVISADO POR:	Ing. Kevin Tello

PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO HIDRÁULICO (FRASCO DE LE CHATELIER)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Peso de cemento utilizado (gr)	gr	64	64	64
B	Volumen Inicial (cm ³)	cm ³	0.5	0.3	0.4
C	Volumen Final (cm ³)	cm ³	20.9	20.8	20.7
D	Volumen Desplazado, $D = C - B$	cm ³	20.4	20.5	20.3
E	Peso Específico del Cemento Hidráulico (gr/cm³) $E = A / D$	gr/cm ³	3.14	3.12	3.15
F	Peso Específico del agua a 4°C	gr/cm ³	1.00	1.00	1.00
G	Peso Específico Relativo del Cemento $G = E / F$	-	0.03	0.03	0.03
H	Temperatura del Ensayo (°C)	°C	17.3	17.3	18.1
I	Peso Específico Promedio del Cemento (gr/cm³) $I = (E1 + E2 + \dots + En) / n$	gr/cm ³	3.14		

RANGO ACEPTABLE DEL PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO	
TIPO DE CEMENTO	PESO ESPECÍFICO
CEMENTO NORMAL	3.10 gr/cm ³ – 3.15 gr/cm ³
CEMENTO ADICIONADO	3.00 gr/cm ³ – 3.10 gr/cm ³

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
		
NOMBRE: Roger García Villanueva	NOMBRE: Ing. Kevin Tello Casas <small>Especialista especializado GPN-C</small>	NOMBRE: Ing. Hugo Alondra
FECHA: 17-10-19	FECHA: 17-10-19	FECHA: 17-10-19

Anexo XII: Ficha de compresión de especímenes con 18% de vidrio a 7 días

	LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	NTP 399.613 - 339.604	CH-LS-UPNC:
PROYECTO:	Tesis de Maestría		
CANTERA:		MUESTRA:	
UBICACIÓN:	Cajamarca	TIPO DE LADRILLO:	Translucido
FECHA DE MUESTREO:	09-01-2020	COLOR DE LADRILLO:	Plomo
FECHA DE ENSAYO:	16-01-2020	RESPONSABLE:	Arg. Roger García
		REVISADO POR:	Ing. Kevin Tallo

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA						
ESPECÍMEN	Lo (mm)	Ao (mm)	Ho (mm)	Carga Máx (Tn)	Ab (cm ²)	fb (kg/cm ²)
18% 7-a	50	50	50	3.729	25	149.16
18% 7-b	50	50	50	3.702	25	148.08
18% 7-c	50	50	50	4.050	25	162

fb promedio (kg/cm²)	153.08
Desviación Estándar	7.74
Coefficiente de Variación	5.06
fb (kg/cm²)	148.02

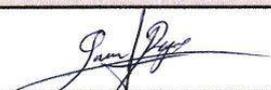
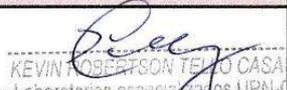
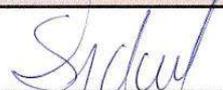
$$fb = \frac{P_{m\acute{a}x}}{Ab}$$

$$Ab = L * A$$

$$f'b = fb \text{ prom} - \sigma$$

$$C. \text{Variación} = \frac{\sigma}{fb} * 100$$

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Arg. Roger García	NOMBRE: Ing. Kevin Tallo	NOMBRE: Ing. Hugo Miranda
FECHA: 16-01-2020	FECHA: 16-01-2020	FECHA: 16-01-2020

Anexo XVI: Ficha de compresión de especímenes con 21.6% de vidrio a 14 días

	LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CH-LS-UPNC:
	NORMA:	NTP 399.613 - 339.604	
PROYECTO:	Tesis de Maestría		
CANTERA:	MUESTRA:	TIPO DE LADRILLO:	Translúcido
UBICACIÓN:	Cajamarca	COLOR DE LADRILLO:	Plomo
FECHA DE MUESTREO:	09-01-2020	RESPONSABLE:	Arg. Roger García
FECHA DE ENSAYO:	23-01-2020	REVISADO POR:	Ing Kevin Tello

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA						
ESPECÍMEN	Lo (mm)	Ao (mm)	Ho (mm)	Carga Máx (Tn)	Ab (cm ²)	fb (kg/cm ²)
21.6% 14-a	50	50	50	4.228	25	169.12
21.6% 14-b	50	50	50	4.546	25	181.84
21.6% 14-c	50	50	50	4.722	25	190.88

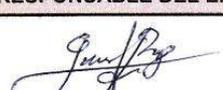
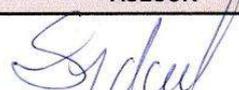
fb promedio (kg/cm ²)	180.61
Desviación Estándar	10.93
Coefficiente de Variación	6.05
fb (kg/cm ²)	174.56

$$fb = \frac{P_{m\acute{a}x}}{Ab}$$

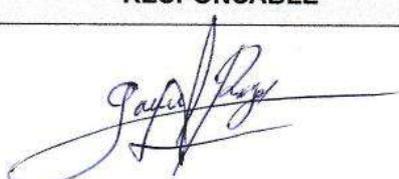
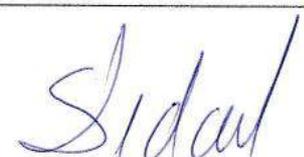
$$Ab = L * A$$

$$f'b = fb \text{ prom} - \sigma$$

$$C. \text{Variación} = \frac{\sigma}{fb} * 100$$

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Arg. Roger García	NOMBRE: Ing. Kevin Tello	NOMBRE: Ing. Hugo Miranda
FECHA: 23-01-2020	FECHA: 23-01-2020	FECHA: 23-01-2020

Anexo XVIII: Ficha de transmitancia de luz desde 59.4 lux hasta 626.8 lux recibidos

FICHA DE OBSERVACIÓN DE TRANSMITANCIA DE LUZ			
PROYECTO:	TESIS DE MAESTRÍA		
	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.		
UBICACIÓN:	Cajamarca	RESPONSABLE:	Arq, Roger García Villanueva
FECHA:	13 - 02 - 2020	REVISADO POR:	M. Ing. Hugo Miranda Tejada
INSTRUMENTO:	Luxómetro digital MT-912 FLUS 0-20000		
Espécimen	Luz recibida	Luz traspasada	
	lux	lux	%
14.4%	59.4	4.3	7.24
18%	59.4	4.6	7.74
21.6%	59.4	5.3	8.92
14.4%	147.9	9.6	6.49
18%	147.9	10.4	7.03
21.6%	147.9	12.1	8.18
14.4%	267.3	16.3	6.10
18%	267.3	17.5	6.55
21.6%	267.3	20.4	7.63
14.4%	353.8	21.1	5.96
18%	353.8	22.4	6.33
21.6%	353.8	25.1	7.09
14.4%	422.6	24.7	5.84
18%	422.6	25.9	6.13
21.6%	422.6	28.8	6.81
14.4%	528.8	27.3	5.16
18%	528.8	28.7	5.43
21.6%	528.8	33	6.24
14.4%	626.8	29.8	4.75
18%	626.8	32	5.11
21.6%	626.8	36.4	5.81
RESPONSABLE		ASESOR	
			
Arq, Roger García Villanueva		M. Ing. Hugo Miranda Tejada	

