

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA:

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

AUTOR: Pamela Giovanna Jácome Jácome

TUTOR: Ing. Wladimir José Ramírez Cabrera, Mg.

AMBATO – ECUADOR

Agosto - 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **"ELABORACIÓN DE CONCRETO TRANSLÚCIDO CON DISTINTAS DOSIFICACIONES DE CUARZO COMO REEMPLAZO DEL AGREGADO GRUESO PARA EL AUMENTO DE SU TRANSMITANCIA LUMINOSA"**, elaborado por la Srta. Pamela Giovanna Jácome Jácome, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 1850344464, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Trabajo Experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, agosto 2024



Ing. Wladimir José Ramírez Cabrera, Mg.

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Pamela Giovanna Jácome Jácome, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 1850344464, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema **"ELABORACIÓN DE CONCRETO TRANSLÚCIDO CON DISTINTAS DOSIFICACIONES DE CUARZO COMO REEMPLAZO DEL AGREGADO GRUESO PARA EL AUMENTO DE SU TRANSMITANCIA LUMINOSA"**, así como también los análisis estadísticos, ideas, criterios, tablas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del trabajo, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, agosto 2024

Pamela Giovanna Jácome Jácome

C.I. 1850344464

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, agosto 2024

Pamela Giovanna Jácome Jácome

C.I. 1850344464

AUTOR

APROBACIÓN DE TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Pamela Giovanna Jácome Jácome, de la Carrera de Ingeniería Civil, bajo el tema: **"ELABORACIÓN DE CONCRETO TRANSLÚCIDO CON DISTINTAS DOSIFICACIONES DE CUARZO COMO REEMPLAZO DEL AGREGADO GRUESO PARA EL AUMENTO DE SU TRANSMITANCIA LUMINOSA".**

Ambato, agosto 2024

Para constancia firman:

Ing. Carlos Patricio Navarro Peñaherrera, Mg.
MIEMBRO CALIFICADOR

Ing. Maritza Elizabeth Ureña Aguirre, Mg.
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado con profundo amor y gratitud a mis queridos padres, Alexandra y Jorge, así como a mis hermanas, Carmita y Lissette. Su apoyo, comprensión y motivación me han permitido dar un paso más en mi formación académica y personal.
A ellos les dedico este trabajo con todo mi cariño y reconocimiento.

Pamela Giovanna Jácome Jácome

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por darme la fortaleza para cumplir este sueño, y por permitirme conocer personas maravillosas durante el trayecto.

A mis padres, por guiarme, creer en mí y brindarme educación, el tesoro más invaluable que he recibido. Su apoyo a lo largo de todo este camino, incluyendo el presente trabajo de titulación, ha sido mi motor.

A José, Andrés, Andrea, Sebastián y Roberto, personas increíbles que la carrera me permitió conocer, con quienes hemos creado recuerdos que guardaré con mucho cariño.

Al Ing. Wladimir Ramírez y la Dra. Margarita Mayacela, por su dedicación y valiosas enseñanzas, que me han permitido crecer profesionalmente y como persona.

Gracias a todos quienes han sido parte de este logro tan importante para mí.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR ii

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii

DERECHOS DE AUTOR iv

APROBACIÓN DE TRIBUNAL DE GRADO v

DEDICATORIA vi

AGRADECIMIENTOS vii

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS viii

ÍNDICE DE ECUACIONES x

ÍNDICE DE TABLAS xi

ÍNDICE DE GRÁFICOS xiv

RESUMEN EJECUTIVO xvi

ABSTRACT xvii

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO 1

A. Antecedentes Investigativos 1

B. Objetivos 6

1) Objetivo General: 6

2) Objetivos Específicos: 6

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA 7

A. Materiales y equipos 7

B. Métodos 8

1) Fase 1: 8

a) Propiedades físicas 8

b) Propiedades mecánicas 13

2) Fase 2: 14

a) Dosificación: 14
b) Contenido de humedad de los agregados (NTE INEN 862): 18
c) Ensayo de asentamiento (NTE INEN 1578): 18
d) Ensayo a compresión (NTE INEN 1573 – ASTM C39): 19
e) Ensayo SEM (Microscopía Electrónica de Barrido) 19
3) Fase 3 20
a) Ensayo de transmitancia luminosa (NTE INEN 1727): 20
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 21
A. Análisis y discusión de los resultados 21
1) Fase 1: 21
a) Propiedades físicas 21
b) Propiedades mecánicas 34
2) Fase 2: 35
a) Dosificación: 35
b) Ensayo de asentamiento (NTE INEN 1578): 37
3) Fase 3 44
a) Ensayo de transmitancia luminosa (NTE INEN 1727): 44
B. Verificación de hipótesis 45
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 46
A. Conclusiones 46
B. Recomendaciones 47
MATERIALES DE REFERENCIA 48
A. Bibliografía 48
B. ANEXOS 52

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Porcentaje retenido 9
Ecuación 2. Porcentaje que pasa 9
Ecuación 3. Masa unitaria o peso volumétrico 10
Ecuación 4. Densidad relativa del árido SSS 11
Ecuación 5. Capacidad de absorción 11
Ecuación 6. Densidad relativa en condición saturada superficialmente seca 12
Ecuación 7. Capacidad de absorción 12
Ecuación 8. Densidad real del cemento 13
Ecuación 9. Densidad Real del Agregado 15
Ecuación 10. Porcentaje óptimo de vacíos 15
Ecuación 11. Cantidad de cemento 17
Ecuación 12. Cantidad de agua 17
Ecuación 13. Cantidad de arena 17
Ecuación 14. Cantidad de GRAVA 17
Ecuación 15. Dosificación WAR al peso 17
Ecuación 16. Dosificación WAR para un saco 17
Ecuación 17. Corrección por humedad de arena 18
Ecuación 18. Corrección por humedad de GRAVA 18
Ecuación 19. Contenido de humedad 18
Ecuación 20. Transmitancia luminosa 20

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I. LÍMITES DE PORCENTAJE QUE PASA EL AGREGADO FINO 9
TABLA II. TIPO DE ARENA SEGÚN MÓDULO DE FINURA 9
TABLA III. LÍMITES DE PORCENTAJE QUE PASA EL AGREGADO GRUESO 10
TABLA IV. CANTIDAD DE PASTA SEGÚN ASENTAMIENTO REQUERIDO 15
TABLA V. RESISTENCIA EN FUNCIÓN DE RELACIÓN AGUA/CEMENTO 16
TABLA VI. RESUMEN DE GRANULOMETRÍAS DE ARENA 25
TABLA VII. PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO 28
TABLA VIII. PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS 29
TABLA IX. DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGREGADOS 32
TABLA X. DENSIDAD REAL DEL CEMENTO 33
TABLA XI. PESO VOLUMÉTRICO COMPACTADO DE LA MEZCLA 33
TABLA XII. DOSIFICACIÓN 210 KG/CM^2 35
TABLA XIII. CONTENIDO DE HUMEDAD 35
TABLA XIV. CORRECCIÓN POR HUMEDAD 36
TABLA XV. DOSIFICACIÓN 210 KG/CM^2 0% CUARZO 36
TABLA XVI. DOSIFICACIÓN 210 KG/CM^2 10% CUARZO 36
TABLA XVII. DOSIFICACIÓN 210 KG/CM^{2}20% CUARZO 37
TABLA XVIII. DOSIFICACIÓN 210 KG/CM^2 40% CUARZO 37
TABLA XIX. ASENTAMIENTOS 37
TABLA XX. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS 38
TABLA XXI. TIPOS DE FALLAS PREDOMINANTES EN SUPERFICIES LISAS 42
TABLA XXII. TRANSMITANCIA LUMINOSA 44
TABLA XXIII. RESISTENCIA A COMPRESIÓN VS. TRANSMITANCIA LUMINOSA 45
TABLA XXIV. GRANULOMETRÍA DE AGREGADO FINO (ARENA DE CUARZO TIPO I) 52
TABLA XXV. GRANULOMETRÍA DE AGREGADO FINO (ARENA DE CUARZO TIPO II FERRISARIATO) 53

TABLA XXVI. GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO (ARENA DE MINA "ALVORTIZ") 54
TABLA XXVII. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO (ARENA COMBINADA) 55
TABLA XXVIII. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO (GRAVA) 56
TABLA XXIX. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO (CUARZO) 57
TABLA XXX. DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (ARENA COMBINADA) 58
TABLA XXXI. DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ARENA DE MINA 59
TABLA XXXII. DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (GRAVA) 60
TABLA XXXIII. DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (CUARZO) 61
TABLA XXXIV. PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO (ARENA DE MINA) 62
TABLA XXXV. PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO (ARENA COMBINADA) 63
TABLA XXXVI. PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO (GRAVA) 64
TABLA XXXVII. PESO VOLUMÉTRICO SUELTOY COMPACTADA DEL AGREGADO GRUESO (CUARZO) 65
TABLA XXXVIII. DENSIDAD REAL DEL CEMENTO 66
TABLA XXXIX. PESO VOLUMÉTRICO COMPACTADO DE LA MEZCLA 67
TABLA XL. DOSIFICACIÓN PARA 210 KG/CM^2 68
TABLA XLI. CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS 69
TABLA XLII. DOSIFICACIÓN 210 KG/CM2 CON CORRECCIÓN DE HUMEDAD 70
TABLA XLIII. DOSIFICACIÓN 210 KG/CM2 10% CUARZO CON CORRECCIÓN DE HUMEDAD 71
TABLA XLIV. DOSIFICACIÓN 210 KG/CM2 20% CUARZO CON CORRECCIÓN DE HUMEDAD 72

TABLA XLV. DOSIFICACIÓN 210 KG/CM2 40% CUARZO CON CORRECCIÓN DE HUMEDAD 73
TABLA XLVI. RESISTENCIA A COMPRESIÓN 0% Y 10% 74
TABLA XLVII. ENSAYO A COMPRESIÓN 20% Y 40% 75
TABLA XLVIII. DOSIFICACIÓN PARA 210 KG/CM2 PLACA CON 0% DE REEMPLAZO DE CUARZO COMO AGREGADO GRUESO 78
TABLA XLIX. DOSIFICACIÓN PARA 210 KG/CM^2 PLACA CON 10% DE REEMPLAZO DE CUARZO COMO AGREGADO GRUESO 78
TABLA L. DOSIFICACIÓN PARA 210 KG/CM^2 PLACA CON 20% DE REEMPLAZO DE CUARZO COMO AGREGADO GRUESO 78
TABLA LI. DOSIFICACIÓN PARA 210 KG/CM^2 PLACA CON 40% DE REEMPLAZO DE CUARZO COMO AGREGADO GRUESO 79
TABLA LII. DOSIFICACIÓN PARA 210 KG/CM^2 PLACA CON 100% DE REEMPLAZO DE CUARZO COMO AGREGADO GRUESO 79
TABLA LIII. TRANSMITANCIA LUMINOSA 80

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curva Granulométrica de Arena de Cuarzo Tipo I 22
Gráfico 2. Curva Granulométrica de Arena de Cuarzo Tipo II 23
Gráfico 3. Curva Granulométrica de Arena Mina "ALVORTIZ" 24
Gráfico 4. Comparación de granulometría del agregado fino 25
Gráfico 5. Curva granulométrica de Arena Combinada 26
Gráfico 6. Curva Granulométrica de grava Mina "ALVORTIZ" 27
Gráfico 7. Curva Granulométrica de Cuarzo 28
Gráfico 8. Peso volumétrico suelto y compactado del agregado fino 29
Gráfico 9. Peso volumétrico suelto y compactado del agregado grueso 30
Gráfico 10. Densidad real del agregado fino 31
Gráfico 11. Densidad Real y Capacidad de Absorción de los Agregados 32
Gráfico 12. Porcentaje Óptimo vs. Densidad Aparente de Mezcla 34
Gráfico 13. Asentamiento de Mezcla en Función del Porcentaje de Reemplazo de Cuarzo 38
Gráfico 14. Porcentaje de Reemplazo de Cuarzo vs. Resistencia a Compresión a los 28 Días de Edad 39
Gráfico 15. Falla de concreto 40
Gráfico 16. Falla de concreto 40
Gráfico 17. Superficie de Cuarzo (Reemplazo de agregado grueso) 41
Gráfico 18. Superficie de cuarzo (Reemplazo de agregado grueso) con restos de mezcla seca 41
Gráfico 19. Superficie de arena de cuarzo 43
Gráfico 20. Superficie de arena de cuarzo con restos de mezcla 43
Gráfico 21. Porcentaje de Reemplazo de Cuarzo vs. Transmitancia Luminosa 45
Gráfico 23. Curva Esfuerzo Deformación Reemplazo 0% Cuarzo 76
Gráfico 24. Curva Esfuerzo Deformación 10% Reemplazo Cuarzo 76
Gráfico 25. Curva Esfuerzo Deformación 20% Reemplazo Cuarzo 77
Gráfico 26. Curva Esfuerzo Deformación 40% Reemplazo Cuarzo 77
Gráfico 27. Ensayo de Granulometría del Cuarzo (Agregado Grueso) 81
Gráfico 28. Arena de Mina Tamizada 81

Gráfico 29. Grava en estado SSS 82
Gráfico 30. Densidad Suelta y Compactada de la grava (Agregado Grueso) 82
Gráfico 31. Densidad Aparente de la Mezcla de Agregados 83
Gráfico 32. Peso volumétrico suelto y compactado 83
Gráfico 33. Peso volumétrico suelto y compactado de la arena 84
Gráfico 34. Ensayo de capacidad de absorción de arena combinada 84
Gráfico 35. Ensayo de densidad real de arena combinada 85
Gráfico 36. Ensayo de densidad de cemento 85
Gráfico 37. Ensayo de densidad de cemento 86
Gráfico 38. Arena Combinada 86
Gráfico 39. Enrasamiento de cilindros 87
Gráfico 40. Elaboración de cilindros 87
Gráfico 41. Ensayo de Compresión 88
Gráfico 42. Curado de Cilindros 88
Gráfico 43. Falla de cilindros de control 89
Gráfico 44. Falla frágil 89
Gráfico 46. Varillado de Cilindros 90
Gráfico 45. Ensayo de asentamiento 90
Gráfico 47. Espectrofotómetro 91
Gráfico 48. Ensayo de transmitancia luminosa 91
Gráfico 49. Equipo Ensayo SEM 92
Gráfico 50. Muestra para ensayo SEM 92
Gráfico 51. Resultados de ensayo SEM (arena de cuarzo) 93
Gráfico 52. Resultados obtenidos por ensayo SEM (Cuarzo) 94

RESUMEN EJECUTIVO

La opacidad del hormigón limita su potencial en aplicaciones que requieren transparencia, como fachadas y elementos decorativos. En proyectos de edificaciones actuales, especialmente en multifamiliares, surge la necesidad de soluciones innovadoras para resolver problemas de iluminación, ya que la luz natural es limitada y solo se proporciona por los frentes libres. En Ecuador, la demanda de investigaciones en este ámbito es urgente debido a la crisis energética.

La investigación se centró en elaborar un hormigón alternativo utilizando cuarzo como reemplazo del agregado grueso en porcentajes de 10, 20 y 40 por ciento, para analizar sus propiedades y su influencia en la resistencia a compresión y transmitancia luminosa. Se utilizó arena de cuarzo como material fino para evitar que la arena común opaque los cuarzos inmersos, sin embargo, debido a que no cumplía con la granulometría y el módulo de finura especificados, se mezcló con arena de mina solo en los tamices necesarios.

Los resultados mostraron una variación en la capacidad de absorción del cuarzo en comparación con los agregados comunes, debido a su superficie lisa, la cual además dificulta la adherencia, por ende, la trabajabilidad de la mezcla. En cuanto al ensayo de compresión, evidenció que la resistencia disminuye conforme aumenta el reemplazo de cuarzo como agregado grueso, aunque incluso con este comportamiento, el hormigón sigue cumpliendo con la resistencia de diseño. Por otro lado, el ensayo realizado en el espectrofotómetro indicó que la incorporación de cuarzo aumenta la transmitancia luminosa.

Palabras clave: Concreto translúcido, cuarzo, resistencia a compresión, espectrofotometría, SEM

ABSTRACT

The opacity of concrete limits its potential in applications that require transparency, such as facades and decorative elements. In current building projects, especially in multi-family projects, the need arises for innovative solutions to solve lighting problems, since natural light is limited and is only provided by the free fronts. In Ecuador, the demand for research in this area is urgent due to the energy crisis.

The research focused on making an alternative concrete using quartz as a replacement for coarse aggregate in percentages of 10, 20 and 40 percent, to analyze its properties and its influence on compressive strength and light transmittance. Quartz sand was used as a fine material to prevent common sand from dulling the immersed quartz, however, because it did not meet the specified granulometry and fineness modulus, it was mixed with mine sand only at the necessary sieves.

The results showed a variation in the absorption capacity of quartz compared to common aggregates, due to its smooth surface, which also hinders adhesion, therefore, the workability of the mixture. Regarding the compression test, it was evident that the resistance decreases as the replacement of quartz as a coarse aggregate increases, although even with this behavior, the concrete continues to meet the design strength. On the other hand, the test carried out on the spectrophotometer indicated that the incorporation of quartz increases the light transmittance.

Keywords: Translucent concrete, quartz, compressive strength, spectrophotometry, SEM

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

A. Antecedentes Investigativos

La idea del hormigón translúcido fue desarrollada por el Arquitecto húngaro Aron Losonczi [1], [2] durante sus estudios de posgrado en la Universidad de Estocolmo; sin embargo, no lograría avances significativos hasta 2001, cuando al combinar cemento tradicional con fibra óptica crearía el primer hormigón translúcido denominado LiTraCon (Light Transmitting Concrete). El producto utiliza de 4 a 5% de fibra óptica, porcentaje con el cual se alcanza un punto óptimo entre resistencia mecánica y transmitancia luminosa, tomando en cuenta que son inversamente proporcionales.

El avance hacia la creación de concreto translúcido ha sido objeto de investigaciones en distintas regiones. En México, a principios del año 2005, Gutiérrez Sosa y Galván Cáceres [3] desarrollaron el aditivo "Ilum", el cual, al combinarse con cemento blanco, agregado fino y grueso, fibras de polipropileno y agua, es capaz de lograr una transmitancia luminosa del 70% y una resistencia mecánica 15 veces mayor a la del concreto normal.

Este material se creó principalmente para aplicaciones arquitectónicas y de diseño de interiores, iluminando el edificio con luz natural o artificial. Además, permite la entrada de luz y crea efectos visuales interesantes, conservando la solidez propia del hormigón convencional. [4]

Comúnmente, el objetivo del uso de los hormigones translúcidos no es estructural, pues diversos estudios han demostrado que su resistencia disminuye al aumentar la cantidad de materiales que permiten la luz, limitando su aplicación en elementos que soportan cargas. Se presenta como una alternativa útil en aplicaciones no estructurales, como tragaluces y muros no portantes. En estas áreas, ofrece beneficios estéticos y funcionales, permitiendo la entrada de luz natural y creando espacios más iluminados y agradables. [5]

LiTraCon e Ilum han marcado un punto de partida para que investigadores inicien la búsqueda de una nueva mezcla que permita la transmitancia luminosa en el hormigón. Es así que, materiales como cuarzo, fibra óptica y resina, han sido los protagonistas de un compendio de investigaciones que se detallan a continuación, en las cuales, además, se analizó su capacidad estructural.

Estudios realizados en Perú en 2018 analizaron la influencia del cuarzo lechoso como reemplazo del agregado grueso en el concreto. Se determinó que el aumento de la proporción de

cuarzo incrementa la traslucidez del material, permitiendo un aumento en la transmitancia luminosa de hasta en un 8.43%. No obstante, se observó una relación inversamente proporcional entre la traslucidez y la resistencia a compresión a partir del 25% de reemplazo. [6]

El cuarzo tipo lechoso utilizado en la investigación corresponde a uno de los tantos tipos existentes, entre esta clasificación aparecen los cuarzos amatista (violeta), ahumado (pardo), morión (negro), amarillo (citrino) y puro (hialino o cristal de roca). Esto lo convierte en una opción especialmente atractiva para arquitectos e ingenieros que buscan crear estructuras innovadoras y estéticamente agradables.[7], [8]

Un aspecto fundamental de la utilización de cuarzo radica en la trabajabilidad de la mezcla. De acuerdo con estudios locales, en los cuales se realizaron placas de mortero con arena de cuarzo, la trabajabilidad se ve afectada debido al módulo de finura de la arena de cuarzo, que corresponde a 4.02, dejando superficies rugosas y filos visibles. [7]

La arena de cuarzo no ha sido el único agregado fino evaluado en este tipo de hormigones. Pauta realizó una comparación entre arena de río y de sílice, concluyendo que la arena de río tiene una granulometría más uniforme y un menor nivel de impurezas, lo que permite que la luz se distribuya de manera más uniforme dentro del material. De igual manera, comparando el cemento blanco con el gris, el cemento blanco tiene una transmitancia óptica mayor. El contenido de hierro en el cemento blanco es menor, lo que produce una menor absorción y transmitancia de luz. [9]

Por otro lado, en el año 2022 en Egipto se evaluaron dos tipos de hormigón translúcido fabricados con fibra óptica: HPTC (High Performance Translucent Concrete) y UHTC (Ultra High Translucent Concrete). Según el estudio, es posible producir UHPTC con una transmitancia luminosa de hasta un 10,31% y una resistencia a la compresión de 154,20 MPa. Estos resultados se obtuvieron utilizando especímenes cúbicos con un volumen de 1% de POF (Plastic Optical Fiber) de diámetro 2 mm. Mientras que el HPTC logró aumentar 21.35% de la transmitancia luminosa del concreto patrón al adicionar 4% de POF y 2 mm de diámetro; y obtener una resistencia mecánica superior en 17.6% al concreto patrón.[10]

Los resultados difieren de una investigación ejecutada en 2015, en la cual se demostró que la adición de fibra óptica es inversamente proporcional a la resistencia. Sin embargo, se lograron resistencias mayores a 45 MPa, 60 MPa y 70 MPa a los 7, 28 y 56 días respectivamente.[11]

Un aspecto clave es la relación que existe entre el diámetro de la POF y la resistencia mecánica del hormigón, la cual, según el último estudio mencionado sería inversamente

proporcional. Lo cual concuerda con los resultados obtenidos en 2023 por Sreevani y su equipo, en los que concluyeron que la relación entre el diámetro de los orificios de la fibra óptica y la resistencia a compresión del espécimen es inversamente proporcional a partir de la colocación de fibra en porcentajes mayores a 3%. Además, destacan la complejidad de la incorporación de las fibras en la mezcla, y aseguran que no requiere de mantenimiento. [1]

Existe también el hormigón translúcido (TCP), el cual combina luz natural y aislamiento térmico. Estudios en varias ciudades como Estocolmo (frío), Nanjing (templado) y Singapur (tropical), demuestran que a pesar de ser un 50% menos denso que el hormigón convencional, conserva su resistencia estructural. El uso de TCP reduce significativamente el consumo de energía para iluminación y calefacción, especialmente en climas fríos. Además, se sugiere que el TCP puede ser rentable a largo plazo, con un período de amortización de 5 a 10 años.[12]

Respecto al uso de resinas, pueden mejorar la estética de materiales translúcidos, pero su uso requiere una evaluación cuidadosa para asegurar la resistencia mecánica. Un estudio realizado en China desarrolló un nuevo tipo de RTMC (Resin Translucent Mortar-Based), demostrando que la adición de resina en forma de tubos es inversamente proporcional a la resistencia a compresión. Por otro lado, los autores realizaron una comparación entre la adición de vidrio, POF y los tubos resina mencionados, denotando que, el más costoso sería el espécimen elaborado con POF.[13]

Sin embargo, Aguas Jorge [7], sugiere que este material innovador no solo destaca por su estética vanguardista, sino que también ofrece un alto rendimiento y una gran durabilidad. El autor toma una visión distinta y reemplaza el cemento con resina, obteniendo un concreto hasta 40% más liviano que el tradicional, lo que facilita su transporte e instalación.

Además, destaca su impermeabilidad al agua, lo hace perfecto para zonas húmedas o con riesgo de filtraciones. Permite un desencofrado inmediato después del vaciado, agilizando el proceso de construcción. Alcanza el 90% de su resistencia final en menos de 7 días, lo que reduce el tiempo de espera para la puesta en servicio. Minimiza los costos de mantenimiento a largo plazo por su alta resistencia y durabilidad. Permite un gran ahorro en gastos de iluminación gracias a su capacidad para permitir el paso de la luz natural.

Se puede manejar en distintos tipos de acabado y texturas para adaptarse a cualquier diseño. Es apto como mampostería o material decorativo, reemplazando a las ventanas tradicionales. Además, es resistente a la corrosión, altas temperaturas y ataque de sales.

Por mucho tiempo se han realizado análisis sobre la resistencia mecánica, que, si bien es cierto, han sido de vital importancia. Pero es importante enfatizar el objetivo real de estos hormigones, el ahorro energético. Objetivo que solo puede ser conseguido obteniendo transmitancia luminosa.

La transmitancia luminosa corresponde a la medida de la cantidad de luz que pasa a través de un material. Es una propiedad comúnmente evaluada en vidrios y plásticos que deben cumplir con especificaciones de normativas. La cantidad total de luz transmitida a través de un material equivale a la luz total incidente menos la luz que es absorbida. [14]

En 2023, un grupo de investigadores realizó una comparación modelando la misma oficina en 6 ciudades (Tehran, Houston, Phoenix, Sand Francisco, Vancouver y Chigado), simulando una de las paredes con hormigón translúcido elaborado con POF. Al evaluar la iluminación con la apliación Diva, el estudio concluyó en 45.7%, 31.5% y 38.8% de ahorro del consumo energético en las oficinas de Tehran, Vancouver y Phoenix, respectivamente, y además aumentó el UDI (Useful Daylight Iluminance) alrededor del 39% en Tehran.

Los autores se basaron en dos métodos para determinar la transmitancia luminosa de especímenes elaborados con POF al 3%, 5%, 7%, 10% y 15%, los cuales fueron: espectrómetro y caja de luz. Los resultados demostraron que la mayoría de la luz transmitida en la habitación tenía menos de 150 lux de iluminación. Así que podría concluirse, que la mejor aplicación para este material son oficinas, galerías y museos. [15]

Un aspecto clave, para que se cumpla con el objetivo del ahorro energético, es que el hormigón permita transmitir luz a través de él, ya sea incorporando materiales de manera controlada, o al utilizarlos como reemplazo en la mezcla, siendo el primero el caso más evaluado. En numerosas bibliografías es mencionada la incorporación resina, que alcanza valores de hasta el 93% de luminosidad para espesores de hasta 100 mm. Sin embargo, la transmitancia de luz disminuye a medida que aumenta el espesor. Para espesores superiores a 100 mm, la transmitancia de luz se reduce a un 60%. [16]

En 2020, la investigación de Buchelli [17] fue retomada, esta vez en busca de la evaluación de la transmitancia luminosa. En la cual se concluyó que las muestras en que se utilizaron cemento blanco, arena de río y fibra óptica de mayor espesor presentaron la mayor transmitancia óptica, superando el 35 %. Para ello, los propios investigadores diseñaron y construyeron los equipos utilizados en las pruebas, según afirman.

La función principal de los equipos ópticos es medir la reflectancia y la transmitancia. Generalmente, el instrumento funciona como un espectrofotómetro montado en una caja oscura con una cubierta protectora para evitar que la luz se escape. La muestra se sitúa a una distancia específica utilizando una fuente de iluminación LED. Las probetas se pueden disponer en secciones de diferentes tamaños, con un espesor máximo de 100 mm y un ancho de 50 mm. [17]

En 2023, se desarrolló una placa de mortero con retículas de vidrio y fibras de polipropileno, la cual fue evaluada con un luxómetro y resultó en una transmitancia luminosa del 8,08% para luz natural y del 12,75% para luz artificial. [9]

Un estudio realizado en Kenya, concluyó que la transmitancia luminosa máxima obtenida al incorporar POF al 6% en volumen es de de 22.4%. A diferencia de la investigación anteriormente mencionada, esta evaluó la intensidad luminosa con un circuito eléctrico con LDR (Light Dependent Resistor) conocido también como Fotorresistor, cuya resistencia varía en función de la longitud de ondas de luz. La relación entre el volumen radio de la fibra óptica y la transmitancia muestra una relación $R^2 >= 0.95$ en una tendencia cuadrática, a diferencia de la investigación de Paul y Dutta quienes reportaron que la relación es lineal. La diferencia podría atribuirse a la metodología y equipos empleados. [18], [19]

Estudios realizados en 2018 en Singapur demostraron que la mayor cantidad de luz se transmite alrededor del mediodía, específicamente a las 13:15 horas. Entre los especímenes realizados, los paneles con AR (Acrylic Rod) mostraron lecturas más altas en todas las pruebas, mientras que los paneles con fibras ópticas (OFs) solo mostraron lecturas más altas al principio y al final del día.[20]

En 2020, Baofeng Huang [21] fabricó placas de hormigón con fibra óptica que fueron evaluadas mediante el método de caja de luz, para lo cual se elaboraron 3 tipos de cajas: una negra, una blanca y una sin pintar. Se observó una relación directa entre la cantidad de fibras ópticas y la capacidad de transmisión de luz del panel, independientemente del color de la caja. Por otro lado, el color de la caja también afecta la intensidad de la luz transmitida, siendo mayor en la caja blanca debido a su mayor índice de reflexión.

En base a la revisión bibliográfica, existen escasas investigaciones cuyo fin fue la utilización de cuarzo. Además, de que en su mayoría presentan una relación inversa entre la resistencia y la transmitancia luminosa. Por tal motivo, la investigación se centró en la revisión de ambos parámetros en un hormigón cuyo agregado grueso fue reemplazado por cuarzo.

B. Objetivos

1) Objetivo General:

Elaborar concreto translúcido con distintas dosificaciones de cuarzo como reemplazo del agregado grueso para el aumento de su transmitancia luminosa.

2) Objetivos Específicos:

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales.
- Evaluar la resistencia a compresión en probetas cilíndricas de concreto translúcido.
- Realizar un análisis comparativo de la transmitancia luminosa de probetas de concreto translúcido y las probetas de concreto normal.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

En el siguiente apartado se describirá la metodología a utilizada en la presente investigación, para lo cual se dividió el proceso en 3 fases.

En la Fase 1, se determinaron las propiedades físicas y mecánicas de los materiales. Posteriormente, en la Fase 2, se evaluó la resistencia a compresión mediante el uso de probetas cilíndricas elaboradas con concreto translúcido, y para finalizar, en la Fase 3 se llevó a cabo la medición de la transmitancia luminosa en las probetas de concreto translúcido, completando así el proceso de evaluación.

A. Materiales y equipos

En la primera fase se analizaron las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, los cuales fueron cemento blanco Argos de uso general, arena y ripo de la mina “Alvortiz”, ubicada en el sector “Las Viñas”, arena de cuarzo Ferrisariato tipo I y II, y cuarzo tipo cristal de roca de la mina “Muso”, ubicada en Colombia. Asimismo, para la ejecución de ensayos presentes en esta fase se requirió de gasolina, material necesario para llevar a cabo el ensayo de densidad real del cemento. Respecto a los equipos, se precisó de una balanza electrónica (MATEST TREVIOLO V070-05N), tamices, bandejas, recipientes, agitador mecánico (Automatic sieve shaker D407 15-D0407/BZ), horno (Quincy Lab 31-350ERS), varilla, enrasador, moldes, pala, termómetro; tanque de agua, pipeta, picnómetro, frasco de Le Chatelier.

Para la segunda fase fueron necesarios los materiales mencionados anteriormente, a excepción de la gasolina. Para proceder con la realización y ensayo de probetas, se utilizó una concretera, máquina de compresión (SHIMADZU Concreto 2000x) y moldes. Y para el análisis del cuarzo fracturado, se realizó el ensayo SEM en el equipo VEGA TESCAN 4.

Finalmente, para la tercera fase se mantuvieron los materiales mencionados en la primera fase, mientras que para los equipos se requirió de moldes de madera y un espectrofotómetro (Safety Glass Transmittance Instrument SGT-3).

B. Métodos

1) Fase 1:

Se determinaron las propiedades físicas y mecánicas de los materiales mediante el método cuantitativo y bibliográfico. Las propiedades físicas analizadas fueron granulometría, peso volumétrico suelto y compactado, densidad relativa y capacidad de absorción, y finalmente, densidad real del cemento, cuyos resultados fueron de utilidad para la dosificación elaborada en la Fase 2. Mientras que las propiedades mecánicas investigadas fueron módulo de dureza, resistencia a la tracción y módulo de Young, información que fue de utilidad para conocer las características del material.

a) Propiedades físicas

- *Ensayo de granulometría (NTE INEN 696):*

El ensayo de granulometría es un método para determinar la distribución de tamaños de partículas de un material. El proceso comienza con la desecación de la muestra para eliminar la humedad. Luego, se seleccionan los tamices necesarios para separar las partículas según su tamaño. Los tamices se organizan en orden decreciente y se agitan para que las partículas se distribuyan de manera uniforme por un medio mecánico para el caso del agregado fino y manualmente para el agregado grueso. El peso de las partículas retenidas en cada tamiz se utiliza para determinar la distribución de tamaños mediante la curva granulométrica.[22]

Además, el ensayo permite identificar el módulo de finura para agregado fino y el tamaño máximo nominal para agregado grueso.

$$\%\mathbf{Retenido} = \frac{\text{Peso material retenido en tamiz}}{\text{Peso total de muestra}} * 100$$

Ecuación 1. Porcentaje retenido

$$\%\mathbf{Pasa} = 100 - \%\ \text{Retenido}$$

Ecuación 2. Porcentaje que pasa

- *Árido fino*

TABLA I. LÍMITES DE PORCENTAJE QUE PASA EL AGREGADO FINO

Tamaño de malla		**Límites ASTM que pasa**
N° de tamiz	**mm**	**%**
3/8”	9.50	100
#4	4.75	95-100
#8	2.36	80-100
#16	1.18	50-85
#30	0.60	25-60
#50	0.30	5-30
#100	0.15	0-10

Fuente: NTE INEN 872 [23]

Módulo de finura: Permite caracterizar las propiedades del material, como su trabajabilidad, su resistencia y su durabilidad. Los tamices se seleccionan de forma que abarquen los tamaños de partículas típicos del material a ensayar. [25]

$$\text{Módulo de finura } = \sum \%\text{Retenido acumulado } 3/8, \#4, \#8, \#16, \#30, \#50, \#100$$

Es necesario que el módulo de finura se sitúe en el intervalo de 2.3 a 3.1 para asegurar la calidad del hormigón producido. [24]

TABLA II. TIPO DE ARENA SEGÚN MÓDULO DE FINURA

Módulo de finura	**Clasificación**
<2.3	Arena fina
2.3<MF>3.1	Arena de finura media
>3.1	Arena gruesa

Fuente: [24]

- *Árido grueso*

TABLA III. LÍMITES DE PORCENTAJE QUE PASA EL AGREGADO GRUESO

Tamaño de malla		**Límites ASTM que pasa**
N° de tamiz	mm	%
2”	50	100
1 ½”	37.5	100
1”	25	90-100
¾”	19	40-85
½”	12.5	10-40
3/8”	9.5	0-15
#4	4.75	0-5

Fuente: NTE INEN 872 [23]

Tamaño nominal máximo: Corresponde al tamaño máximo presente en la muestra del agregado.

- *Peso volumétrico compactado y suelto de los agregados (NTE INEN 858):*

El ensayo de peso volumétrico es un procedimiento utilizado para determinar la densidad aparente de agregados finos y gruesos, en condición compactada y suelta. Para la presente investigación se utilizó el método de varillado por capas para el peso volumétrico compactado y el de paladas para el peso volumétrico suelto.

El peso volumétrico suelto se refiere a la densidad del agregado cuando se vierte en un recipiente de volumen conocido a una altura específica, sin mover ni acomodar sus partículas; simplemente dejando caer el agregado hasta llenar el recipiente. En contraste, el peso volumétrico compactado implica colocar el agregado en el mismo recipiente de volumen conocido, pero en tres capas distintas distribuyendo 25 golpes mediante compactación, con el fin de acomodar las partículas lo más cercanas posible entre sí, reduciendo así espacios vacíos entre ellas. [25]

$$\mathbf{M} = \frac{(G - T)}{V}$$

Ecuación 3. Masa unitaria o peso volumétrico

Donde:

M = Masa unitaria (peso volumétrico) del árido, kg/m^3

G = Masa del árido más el molde, kg

T = masa del molde, kg

V = Volumen del molde, m^3

- *Densidad relativa y capacidad de absorción del agregado fino (NTE INEN 856):*

La densidad relativa (gravedad específica) es la relación entre la densidad de un material y la densidad del agua. Para este ensayo la norma presenta dos métodos, gravimétrico y volumétrico.

Se optó por el método gravimétrico, el cual implica el uso de un picnómetro para medir la densidad del árido fino SSS (Saturado Superficialmente Seco). Inicialmente, se llena parcialmente el picnómetro con agua y se agregan 500 g. del árido fino SSS. Después de agitar manualmente para eliminar burbujas de aire, se mide la masa total.

Para determinar la capacidad de absorción, el proceso implica cubrir con agua una muestra que se deja reposar por 24 horas ± 4 horas. Luego, se elimina el exceso de agua, se seca en una corriente de aire caliente hasta que, al compactar la muestra en el molde con forma de cono truncado, se verifique que la superficie se encuentra seca. De esta muestra se toman dos valores de porcentaje de absorción y se realiza un promedio. [26]

- *Densidad relativa del árido en condición saturada superficialmente seca*

$$\mathbf{SSS} = \frac{\mathrm{S}}{(\mathrm{B} + \mathrm{S} - \mathrm{C})}$$

Ecuación 4. Densidad relativa del árido SSS

- *Capacidad de absorción*

$$\mathbf{Absorción}\ \% = \frac{(\mathrm{S} - \mathrm{A})}{\mathrm{A}} * 100$$

Ecuación 5. Capacidad de absorción

Donde:

A = Masa de la muestra seca al horno, g

B = Masa del picnómetro lleno de agua, g

C = Masa del picnómetro lleno con muestra y agua, g

S = Masa de la muestra saturada superficialmente seca (método gravimétrico), g

- *Densidad relativa y capacidad de absorción del agregado grueso (NTE INEN 857):*

La norma presenta la siguiente tabla para determinar el tamaño de la muestra a utilizar.

Para este ensayo el agregado seco se humedece en agua durante 24 horas ± 4 horas. Luego, se seca su superficie con un paño. Esto se hace para llenar los poros del agregado con agua. Una vez alcanzada la condición saturada superficialmente seca, se determina su masa. Finalmente, se coloca la muestra en un recipiente y se determina su masa aparente en agua a 23 ºC ± 2 ºC, asegurándose de que no exista aire atrapado. [27]

Para determinar la capacidad de absorción, del agregado grueso secado superficialmente con un paño, se toman dos muestras que se secan en horno por 24 horas, y se realiza un promedio de los valores obtenidos.

- *Densidad relativa en condición saturada superficialmente seca*

$$\mathrm{SSS} = \frac{\mathrm{B}}{\mathrm{B} - \mathrm{C}}$$

Ecuación 6. Densidad relativa en condición saturada superficialmente seca

- *Capacidad de absorción*

$$\text{Absorción } \% = \frac{\mathrm{B} - \mathrm{A}}{\mathrm{A}} * 100$$

Ecuación 7. Capacidad de absorción

Donde:

A = Masa de la muestra seca al horno, g

B = Masa del aire de la muestra saturada superficialmente seca, g

C = Masa aparente en agua de la muestra saturada, g

- *Densidad real del cemento (NTE INEN 156):*

La densidad de cemento hidráulico es la relación entre la masa de cemento y el volumen que ocupa. Se puede determinar mediante un ensayo de densidad en el que se pesa una masa conocida de cemento y se mide el volumen de líquido no reactivo que se desplaza en un frasco de Le Chatelier.

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{v}} \left[\frac{\mathrm{gr}}{\mathrm{cm}^3}\right]$$

Ecuación 8. Densidad real del cemento

- *Ensayo de densidad óptima de la mezcla de agregados:*

El procedimiento para determinar la densidad aparente máxima implica identificar el punto en la curva donde se logra la mayor cantidad de agregado fino y agregado grueso en combinación. Este punto indica el valor más alto de densidad aparente posible, lo que significa que los agregados fino y grueso se mezclan de manera óptima para reducir al mínimo los espacios entre ellos.

La densidad óptima se logra mediante la disminución del 4% de los finos y, simultáneamente, el aumento del 4% de los agregados gruesos, hasta alcanzar el punto máximo en la curva. [28]

b) Propiedades mecánicas

- *Módulo de dureza*

El módulo de dureza, en el contexto de materiales como el cuarzo, se refiere a la capacidad del material para resistir la deformación permanente cuando se le aplica una fuerza o presión. En términos simples, es una medida de cuán difícil es rayar, penetrar o deformar la superficie del material.[29]

- *Módulo de Young*

El módulo de Young es un indicador que describe cómo un material elástico se comporta bajo la influencia de una fuerza aplicada en una dirección específica. Este parámetro es ampliamente utilizado para evaluar la elasticidad de los materiales.

En el caso de un material elástico que sea lineal e isótropo, el módulo de Young mantiene un valor constante tanto bajo tracción como bajo compresión, siempre que el esfuerzo no supere un umbral máximo conocido como límite elástico, y su valor es siempre positivo: cuando se somete una barra a tracción, su longitud aumenta.

El valor del módulo de Young, así como el del límite elástico, varía entre diferentes materiales. El módulo de elasticidad es una constante que, al igual que el límite elástico, puede determinarse empíricamente a través de un ensayo de tracción. Además del módulo de elasticidad longitudinal, es posible definir también el módulo de elasticidad transversal de un material, conocido como módulo de cizalla.[29]

2) Fase 2:

Se evaluó la resistencia a compresión en probetas cilíndricas hechas de concreto translúcido mediante el método cuantitativo al diseñar dosificaciones para diferentes contenidos de cuarzo, para lo cual la investigación se basó en el método de la Densidad Óptima.

a) Dosificación:

El método en el que se basó el diseño se denomina "Método de la Densidad Óptima". Fouller y Thompson [28] propusieron este enfoque, el cual se basa en lograr la cantidad mínima de pasta de cemento necesaria para cumplir con la relación agua/cemento según la resistencia de diseño. Además, busca utilizar una combinación de agregados finos y gruesos que genere el menor porcentaje de espacios vacíos, los cuales deberán ser llenados por la pasta.

Para la elaboración de los especímenes se establecieron 3 porcentajes de reemplazo al peso de cuarzo como agregado grueso, los cuales fueron 10, 20 y 40%. Una vez obtenidos los datos de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales (arena combinada, grava, cuarzo, cemento blanco) se procedió con el cálculo de la dosificación, la cual se realizó para obtener un hormigón de 210 kg/cm^2 a los 28 días, tomando un asentamiento de 6 a 9 cm.

Datos requeridos:

- Resistencia a compresión del hormigón
- Asentamiento requerido
- Densidad Real del Cemento (DRC)
- Densidad Real de la Arena (DRA)
- Densidad Real dla grava (DRR)
- Porcentaje Óptimo de Arena (POA)
- Porcentaje Óptimo de GRAVA (POR)
- Densidad Óptima de la Mezcla de Agregados (DOMAg)

A continuación, se detalla el proceso del Método de Densidad Óptima:

- *Cálculo de densidad real del agregado (DRAg):*

$$\mathbf{DRAg} = \frac{(\mathrm{DRA} * \mathrm{POA}) + (\mathrm{DRR} * \mathrm{POR})}{100}$$

Ecuación 9. Densidad Real del Agregado

- *Porcentaje óptimo de vacíos (%OV):*

$$\%\mathbf{OV} = \frac{\mathrm{DRAg} - \mathrm{DOMAg}}{\mathrm{DRAg}} * 100$$

Ecuación 10. Porcentaje óptimo de vacíos

- *Cantidad de pasta:*

La cantidad de pasta se determina en función del asentamiento especificado.

TABLA IV. CANTIDAD DE PASTA SEGÚN ASENTAMIENTO REQUERIDO

Asentamiento (%)	Cantidad de pasta (%)
0 - 3	% OV + 2% + 3% (%OV)
3 - 6	% OV + 2% + 6% (%OV)
6 - 9	% OV + 2% + 8% (%OV)
9 - 12	% OV + 2% + 11% (%OV)
12 - 15	% OV + 2% + 13% (%OV)

Fuente: [30]

- *Relación agua/ cemento (w/c):*

El método requiere definir la relación agua/cemento, esperada a los 28 días de curado.

TABLA V. RESISTENCIA EN FUNCIÓN DE RELACIÓN AGUA/CEMENTO

Resistencia a los 28 días (kg/cm^2)	**w/c**
450	0.37
420	0.40
400	0.42
350	0.47
320	0.51
300	0.52
280	0.53
250	0.56
240	0.57
210	0.58
180	0.62
150	0.70

Fuente: [30]

- *Cantidad de cemento (C):*

$$\mathbf{C} = \frac{\mathrm{CP}}{\frac{\mathrm{w}}{\mathrm{c}} + \frac{1}{\mathrm{DRC}}}$$

Ecuación 11. Cantidad de cemento

- *Cantidad de agua (W):*

$$\mathbf{W} = \frac{\mathrm{w}}{\mathrm{c}} * \mathrm{C}$$

Ecuación 12. Cantidad de agua

- *Cantidad de arena (A):*

$$\mathbf{A} = (1000 - \mathrm{CP}) * \frac{\mathrm{DRA} * \mathrm{POA}}{100}$$

Ecuación 13. Cantidad de arena

- *Cantidad de GRAVA (R):*

$$\mathbf{R} = (1000 - \mathrm{CP}) * \frac{\mathrm{DRR} * \mathrm{POR}}{100}$$

Ecuación 14. Cantidad de GRAVA

- *Dosificación al peso de los materiales:*

Después de completar el procedimiento mencionado anteriormente y considerando las condiciones de superficie seca saturada (SSS) de los agregados, se determinaron los factores necesarios para la dosificación.

$$\mathbf{Dosificación\ (W, A, R)} = \frac{\text{Cantidad de material de mezclado (W,A,R) por } \mathrm{m}^3}{\text{Cantidad de cemento}}$$

Ecuación 15. Dosificación WAR al peso

- *Cantidad de material (W, A, R) para un saco de cemento:*

$$\mathbf{Cantidad\ (W, A, R)\ para\ 1\ saco} = \frac{\mathrm{Dosificación\ (W, A, R)} * 50\ \mathrm{kg}}{1}$$

Ecuación 16. Dosificación WAR para un saco

- *Corrección por humedad*

Para ajustar la dosificación, es esencial conocer el contenido de humedad de los agregados fino y grueso un día antes de la mezcla, siguiendo las pautas establecidas en las normas NTE INEN 856 – 857. La corrección por humedad puede llevarse a cabo utilizando los porcentajes de humedad de los agregados determinados antes de la dosificación, mediante las ecuaciones que se detallan a continuación.[26], [27]

$$\textbf{Corrección Arena} = \text{Masa arena} * \frac{100 + \%\ \text{humedad arena}}{100 + \%\ \text{absorción arena}}$$

Ecuación 17. Corrección por humedad de arena

$$\textbf{Corrección Ripio} = \text{Masa GRAVA} * \frac{100 + \%\ \text{humedad GRAVA}}{100 + \%\ \text{absorción GRAVA}}$$

Ecuación 18. Corrección por humedad de GRAVA

b) Contenido de humedad de los agregados (NTE INEN 862):

El ensayo de humedad de árido es un método sencillo y preciso para determinar la cantidad de agua que contiene una muestra de árido. El ensayo consiste en secar la muestra en un horno hasta eliminar toda la humedad, tanto superficial como interna. La cantidad de agua evaporada se expresa en porcentaje respecto de la masa seca del árido. [31]

$$\mathbf{P} = \frac{100\ (\mathrm{W} - \mathrm{D})}{\mathrm{D}}$$

Ecuación 19. Contenido de humedad

c) Ensayo de asentamiento (NTE INEN 1578):

El proceso consiste en llenar un molde en tres capas con hormigón, asegurando una distribución uniforme y minimizando la segregación. Cada capa se compacta con golpes utilizando una varilla, prestando especial atención a la capa inferior para compactarla en toda su profundidad. Se mantiene un exceso de hormigón sobre la parte superior del molde antes de compactar la capa final.

Después de compactar, se retira el exceso de hormigón alrededor del molde y se retira el molde cuidadosamente en un movimiento vertical uniforme. Se mide el asentamiento inmediatamente, calculando la diferencia vertical entre la parte superior del molde y el límite original de la superficie del espécimen. [32]

d) Ensayo a compresión (NTE INEN 1573 – ASTM C39):

El ensayo de compresión del hormigón es un método de prueba que mide la resistencia a la compresión del hormigón. El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a un cilindro o núcleo de hormigón a una velocidad constante hasta que el espécimen falle. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima aplicada por el área de la sección transversal del espécimen. [33]

Para llevarlo a cabo se fabricaron 9 especímenes de 100 x 200 mm para cada porcentaje de reemplazo de cuarzo como agregado grueso (10, 20 y 40%), y a su vez, se realizaron 9 especímenes más con 0% de reemplazo para el análisis comparativo de sus resultados, a los cuales se denominaron probetas de concreto patrón. En total, se realizaron un total de 36 especímenes.

e) Ensayo SEM (Microscopía Electrónica de Barrido)

Los cuarzos son muy ligeros reflectantes y generalmente anisotrópicos, lo que los hace notoriamente difíciles de analizar [34], no obstante, el ensayo de microscopía electrónica de barrido ha demostrado ser útil para el análisis de su estructura y fracturas.

El uso de la Microscopía Electrónica de Barrido (SEM, por sus siglas en inglés) en el análisis de muestras de cuarzo es esencial para comprender las características de la superficie y las fallas presentes en el material. Realizar este ensayo permite obtener una visión detallada de la textura superficial del cuarzo, observando la rugosidad e irregularidades que pueden influir en la adherencia del cuarzo a la mezcla. Además, el SEM es capaz de identificar microfisuras, inclusiones y otras imperfecciones que no son visibles a simple vista, proporcionando una caracterización precisa de la calidad del cuarzo.

3) Fase 3

Se determinó la transmitancia luminosa de las probetas de concreto translúcido mediante el método cuantitativo, para lo cual se tabularon los resultados numéricos obtenidos en el ensayo y se interpretaron.

a) Ensayo de transmitancia luminosa (NTE INEN 1727):

Para el desarrollo de este ensayo se utilizó la dosificación calculada en la Fase 2.

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

Al no existir una normativa para la evaluación de la transmisión luminosa de este tipo de hormigones, la investigación se basó en la norma NTE INEN 1727, que especifica el proceso para la determinación de la transmisión luminosa regular (paralela) de vidrios de seguridad.

Para ello se realizaron 4 especímenes tipo placa de 100x100x40 mm por cada porcentaje de reemplazo de cuarzo como agregado grueso. Adicionalmente, se evaluó el porcentaje de reemplazo del 100% para el análisis de la transmitancia máxima posible. [35]

$$\mathbf{T}\% = \frac{\mathrm{I}}{\mathrm{lo}} * 100$$

Ecuación 20. Transmitancia luminosa

Donde:

$\mathrm{T}\% =$ Porcentaje de transmitancia luminosa (lux)

$\mathrm{I} =$ Cantidad de luz que atraviesa una superficie (lúmen)

$\mathrm{lo} =$ Luz total que incide en una superficie (m^2)

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Análisis y discusión de los resultados

En el siguiente apartado se detallarán los resultados obtenidos para la Fase 1, 2 y 3 de la presente investigación.

En la Fase 1, se determinaron las propiedades físicas y mecánicas de los materiales. Posteriormente, en la Fase 2, se evaluó la resistencia a compresión mediante el uso de probetas cilíndricas elaboradas con concreto translúcido, y para finalizar, en la Fase 3 se llevó a cabo la medición de la transmitancia luminosa en las probetas de concreto translúcido, completando así el proceso de evaluación.

1) Fase 1:

Se determinaron las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, las cuales son detalladas y analizadas a continuación.

a) Propiedades físicas

- *Ensayo de granulometría (NTE INEN 696):*
  - *Agregado fino*

Dado que el objetivo de la investigación es lograr una mayor transmitancia en el hormigón, se optó por utilizar arena de cuarzo como agregado fino para todas las probetas, para lo cual se dispuso de Arena de cuarzo Tipo I y Arena de Cuarzo Tipo II, ambas con distinta granulometría. Sin embargo, como resultado del ensayo, se determinó ninguno de los dos tipos de arena cumplen con los límites para granulometría establecidos por la Tabla I y II. A diferencia de la Arena de mina, la cual cumple con todos los requerimientos para ser utilizada en hormigón. Razón por la cual se decidió crear una combinación entre los tres tipos de arenas a la cual se denominó “Arena Combinada”, buscando que esta posea en mínimas cantidades Arena de Mina, la cual, por su opacidad, dificulta la transmitancia luminosa.

A continuación, se muestra la curva granulométrica de cada tipo de arena, seguido de la combinación creada entre los tres tipos.

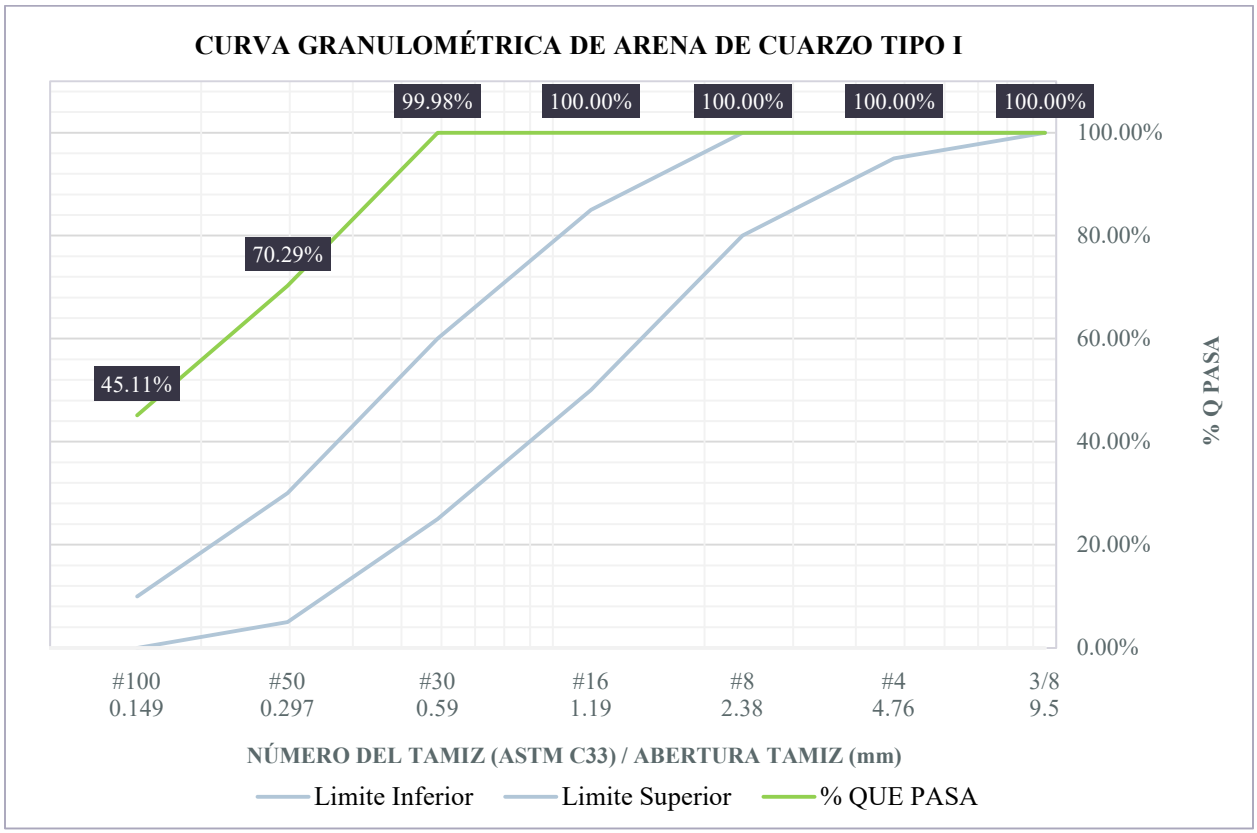


Gráfico 1. Curva Granulométrica de Arena de Cuarzo Tipo I

El ensayo de granulometría realizado a la Arena de Cuarzo Tipo I demostró que los valores calculados en base a la ecuación 1 y 2, no cumplen con los límites establecidos en la Tabla I desde el tamiz #16 al #100. Por otro lado, su módulo de finura, calculado con la ecuación 3, corresponde a 0.85, lo cual la clasifica como Arena Fina según la Tabla II.

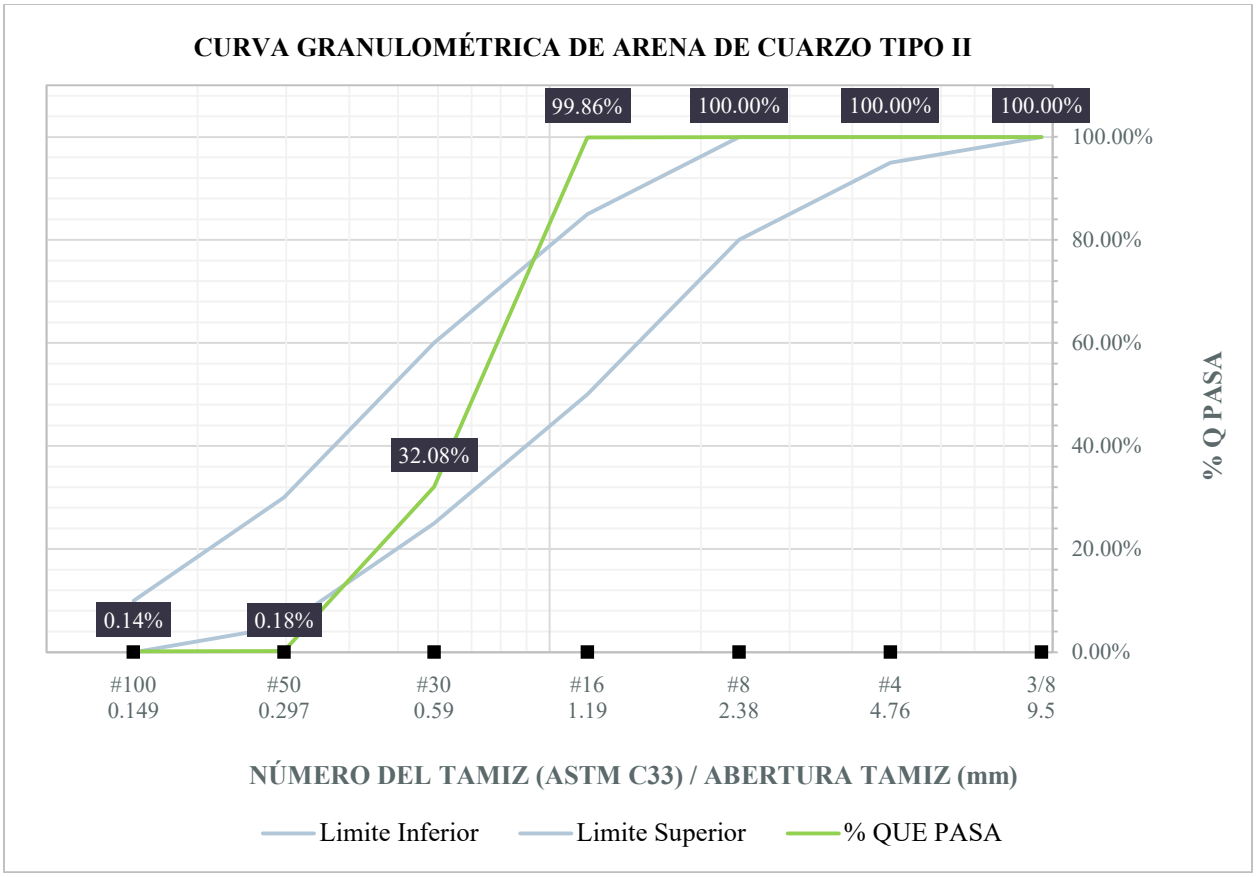


Gráfico 2. Curva Granulométrica de Arena de Cuarzo Tipo II

El ensayo de granulometría realizado a la Arena de Cuarzo Tipo II demostró que los valores calculados en base a la ecuación 1 y 2, no cumplen con los límites del tamiz #16 y #50, establecidos en la Tabla I. Por otro lado, su módulo de finura, calculado con la ecuación 3, corresponde a 2.68, lo cual la clasifica como Arena Media según la Tabla II.

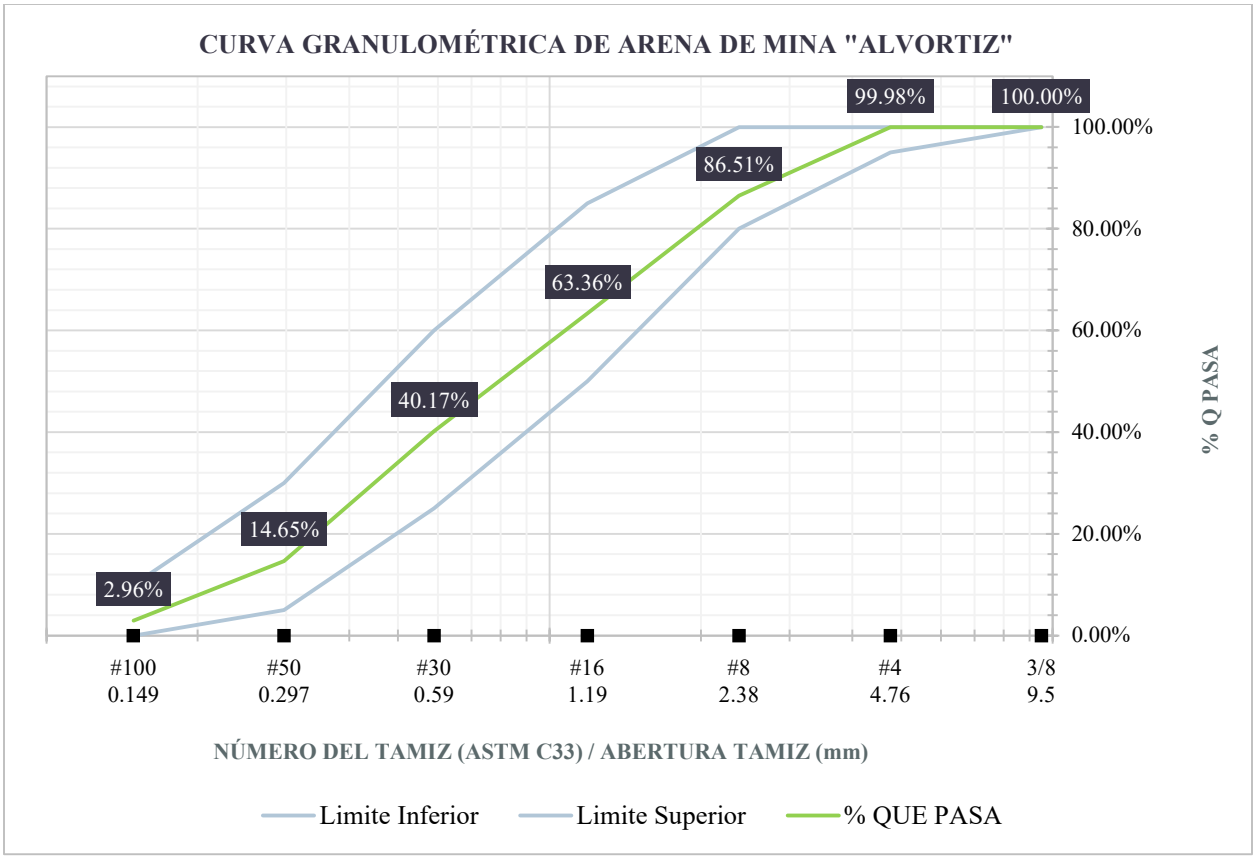


Gráfico 3. Curva Granulométrica de Arena Mina "ALVORTIZ"

El ensayo demostró que la Arena de la Mina “ALVORTIZ”, presenta una buena granulometría debido a que sus porcentajes, calculados con las ecuaciones 1 y 2, ingresan en los intervalos establecidos en la Tabla I. Además, su módulo de finura, calculado en base a la ecuación 3, corresponde a 2.92, lo cual ingresa en el intervalo mostrado en la Tabla II para Arena Media.

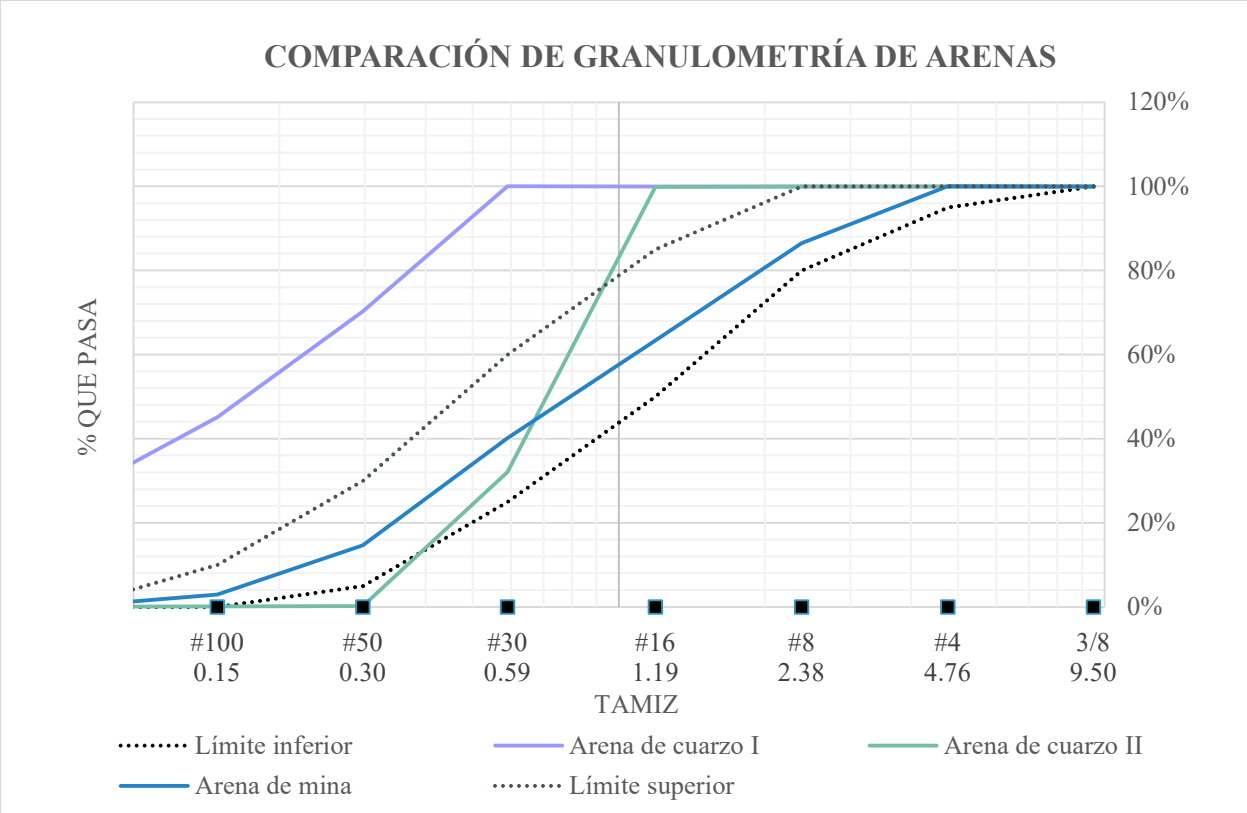


Gráfico 4. Comparación de granulometría del agregado fino

TABLA VI. RESUMEN DE GRANULOMETRÍAS DE ARENA

Tamiz	Abertura (mm)	Límite inferior	Arena de cuarzo I	Arena de cuarzo II	Arena de mina	Límite superior
3/8	9.5	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
#4	4.76	95.00%	100.00%	100.00%	99.98%	100.00%
#8	2.38	80.00%	100.00%	100.00%	86.51%	100.00%
#16	1.19	50.00%	100.00%	99.86%	63.36%	85.00%
#30	0.59	25.00%	99.98%	32.08%	40.17%	60.00%
#50	0.297	5.00%	70.29%	0.18%	14.65%	30.00%
#100	0.149	0.00%	45.11%	0.14%	2.96%	10.00%
#200	0.075	0.00%	26.53%	0.08%	0.18%	0.00%

Inicialmente, se compensó la ausencia de arena fina en la Arena de cuarzo Tipo II, con la Arena de cuarzo Tipo I, y una vez obtenida la curva, se observó que se requería de mayor cantidad de arena gruesa, por lo que se procedió a compensar el tamaño del agregado faltante (Tamiz #16) con la Arena de Mina “ALVORTIZ”. Como resultado, se realizó una proporción 20-20-60 entre la Arena de Cuarzo Tipo I, Arena de Mina “ALVORTIZ” retenida en el tamiz #16 y la Arena de

Cuarzo Tipo II, correspondientemente, formando el agregado fino al que se denominó “Arena Combinada”.

Para la verificación del cálculo, se realizó un ensayo granulométrico de la Arena Combinada y se muestra a continuación:

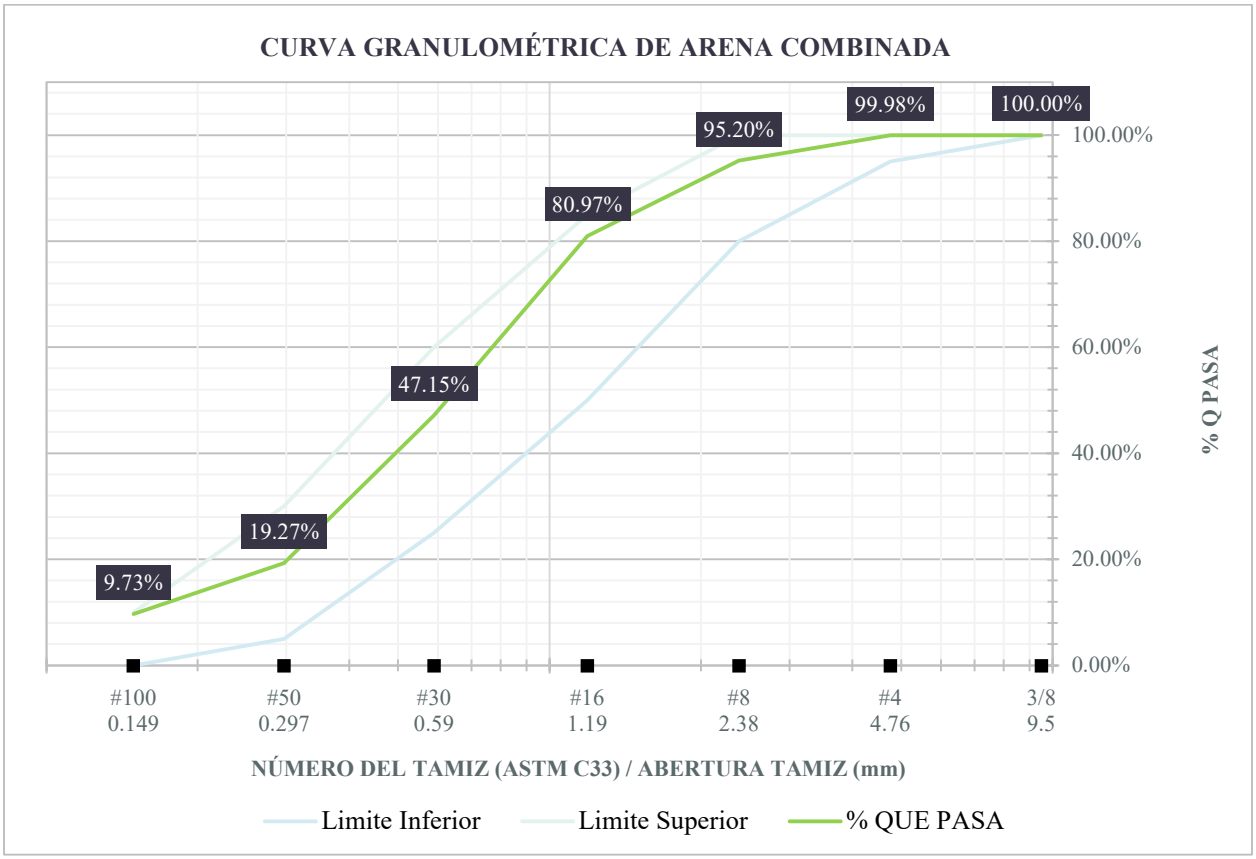


Gráfico 5. Curva granulométrica de Arena Combinada

El agregado combinado con las proporciones 20-20-60 entre la Arena de Cuarzo Tipo I, Arena de Mina “ALVORTIZ” y la Arena de Cuarzo Tipo II correspondientemente, cumple con los límites establecidos en la Tabla I. Además, su módulo de finura, calculado con la ecuación 3, corresponde a 2.48, lo cual ingresa en el intervalo mostrado en la Tabla II para Arena Media, lo que la hace adecuada para su utilización en el hormigón.

- *Agregado grueso*

Por otro lado, se analizó la granulometría de la grava de mina y del cuarzo que fue su reemplazo posteriormente en 10%, 20 % y 40%.

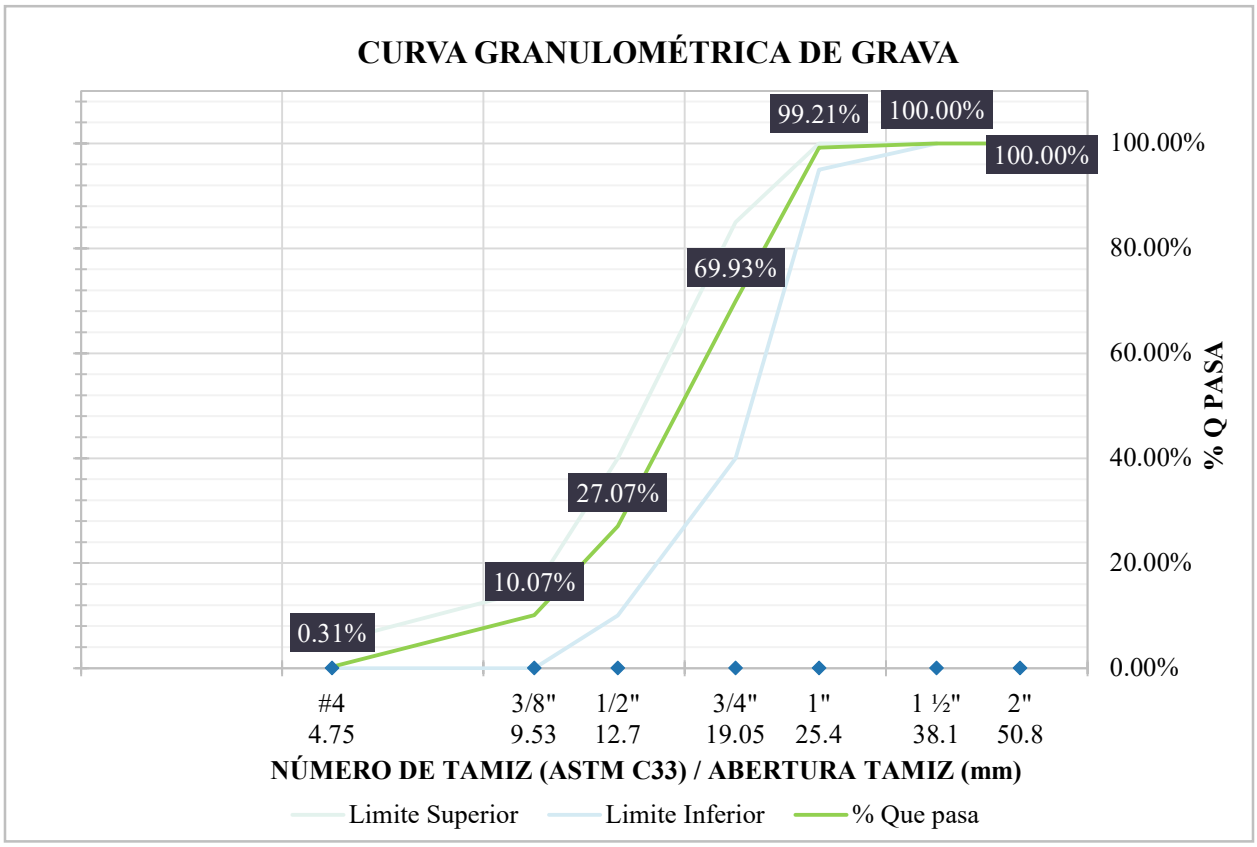


Gráfico 6. Curva Granulométrica de grava Mina "ALVORTIZ"

El ensayo granulométrico demostró que la grava de la Mina “ALVORTIZ”, presenta una granulometría adecuada, calculados con las ecuaciones 1 y 2, ingresan en los intervalos establecidos en la Tabla III. Además, su tamaño nominal máximo corresponde a 1”.

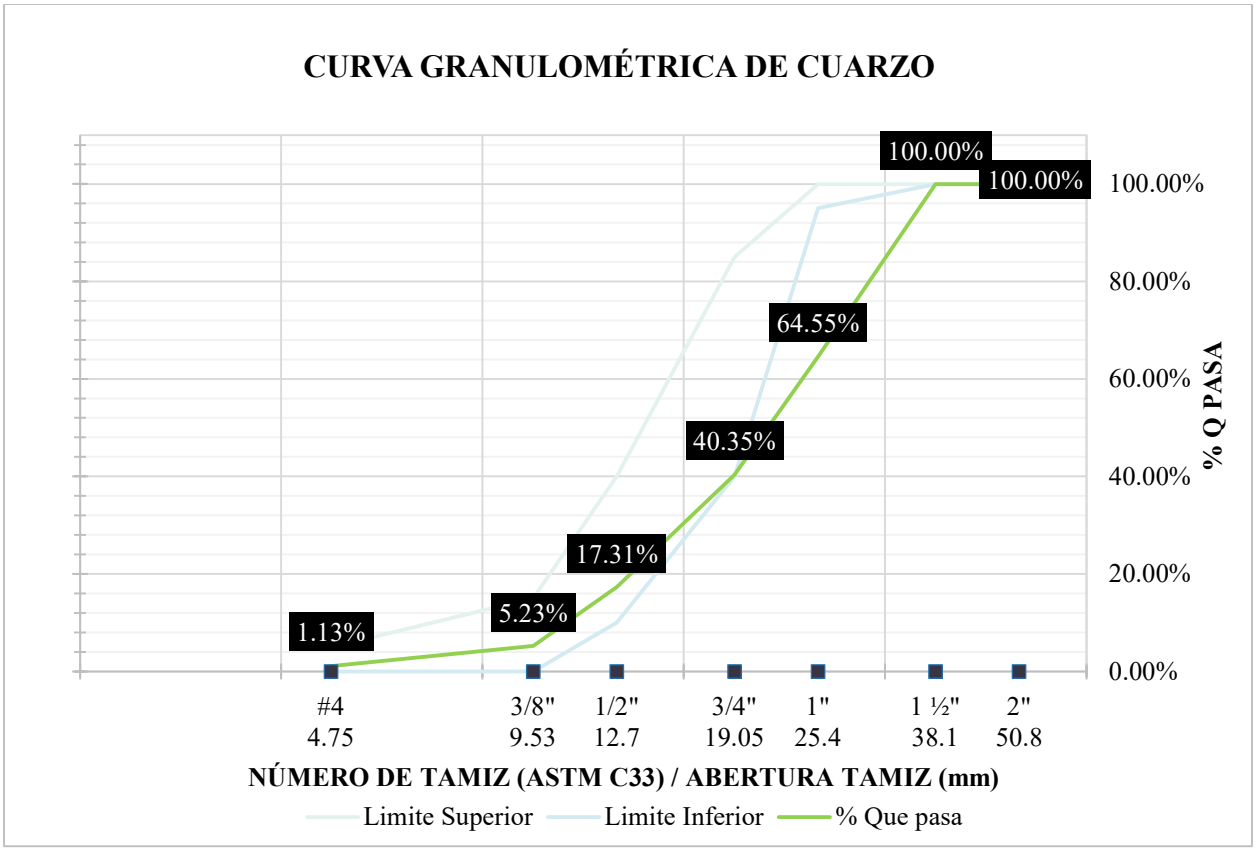


Gráfico 7. Curva Granulométrica de Cuarzo

El ensayo demostró que el cuarzo proveniente de la Mina "Muso" no cumple con el límite establecido para el tamiz #1. Además, su tamaño nominal máximo correspondía a 1 ½", sin embargo, para poder utilizarlo como reemplazo de la grava, se omitió este tamaño de agregado en la mezcla, por lo que su tamaño máximo nominal corresponde a 1".

- *Peso Volumétrico Suelto y Compactado de los Agregados (NTE INEN 858):*

  - *Agregado fino*

Con el objetivo de contrastar el resultado obtenido para la arena combinada, se realizó el mismo ensayo a la arena de mina, obteniendo lo siguiente:

TABLA VII. PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO

Agregado	Densidad Suelta (kg/dm3)	Densidad Compactada (kg/dm3)
Arena de mina	1.51	1.55
Arena combinada	1.67	1.79

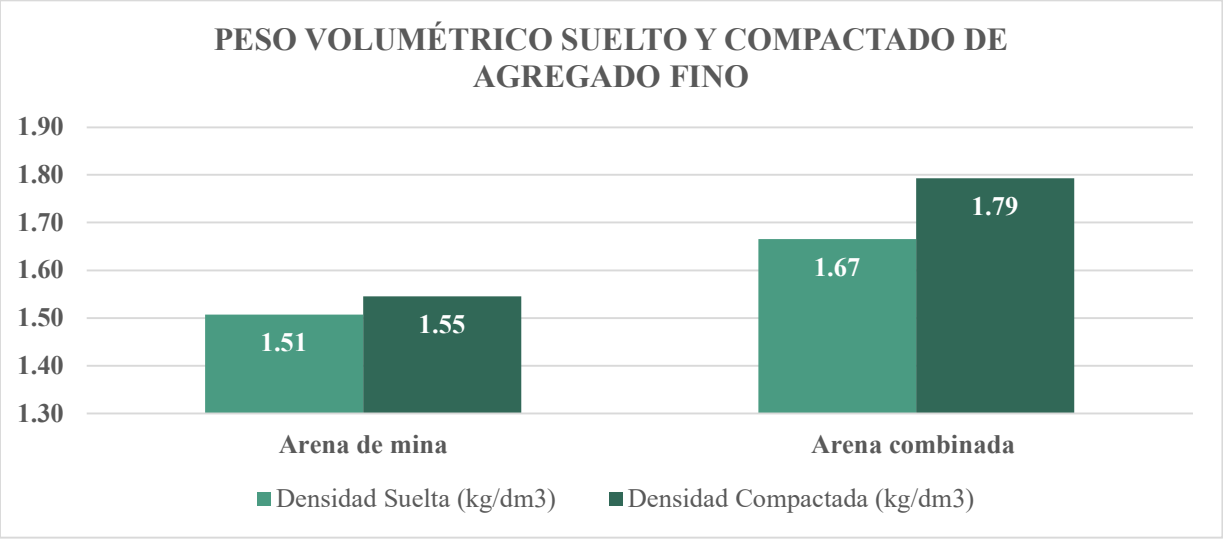


Gráfico 8. Peso volumétrico suelto y compactado del agregado fino

La arena combinada, agregado fino que fue utilizado para la investigación, presenta un peso volumétrico suelto superior en 10.47% y un peso volumétrico compactado superior en 16%, en contraste con la arena de mina. Además, su variación del estado suelto al compactado es de 5.54%.

- *Agregado grueso*

TABLA VIII. PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS

Agregado	Densidad Suelta (kg/dm^3)	Densidad Compactada (kg/dm^3)
GRAVA	1.31	1.41
Cuarzo	1.29	1.32

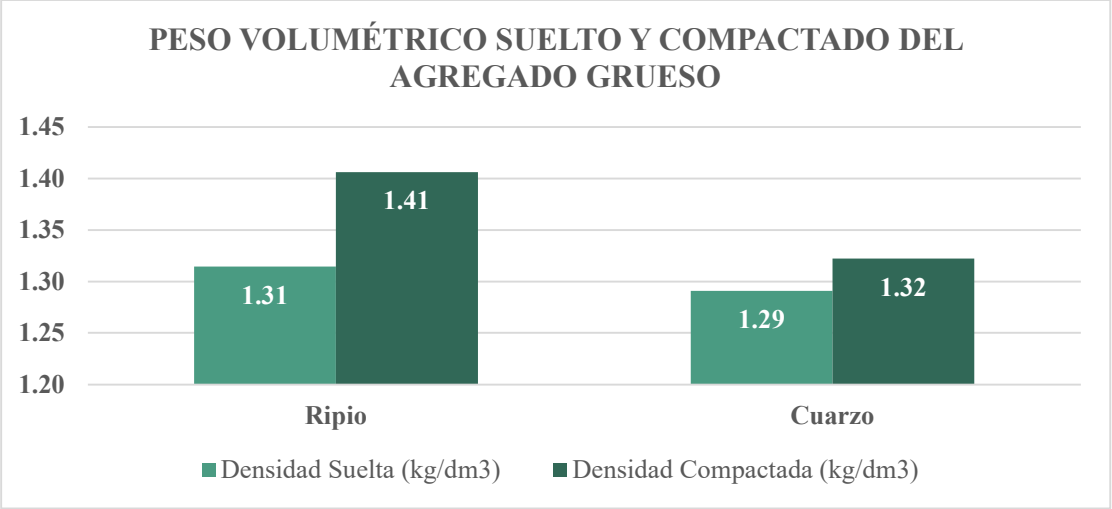


Gráfico 9. Peso volumétrico suelto y compactado del agregado grueso

El cuarzo presentó una densidad suelta de 1.29 kg/dm3, mientras que la grava resultó en 1.31 kg/dm3, lo que se traduce en que el peso volumétrico suelto del cuarzo es 1.53% menor a la grava. De igual forma, la grava posee una densidad compactada de 1.41 kg/dm3, mientras que el cuarzo 1.32 kg/dm3, lo que resulta 6.38% menor. Esta reducción está estrechamente relacionada a la granulometría de ambos agregados, dado que, la de la grava cumplió a cabalidad con los límites establecidos en la Tabla I, mientras que el cuarzo no.

- *Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Fino (NTE INEN 856):*

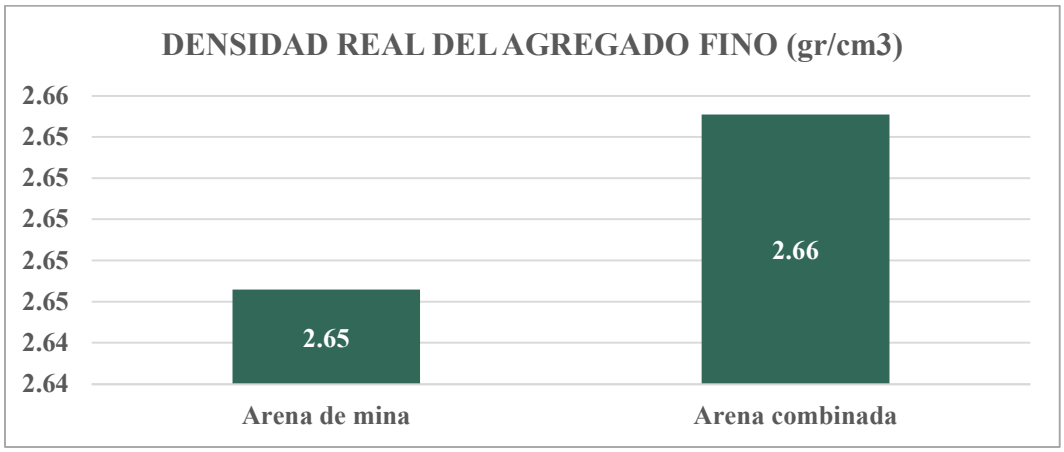
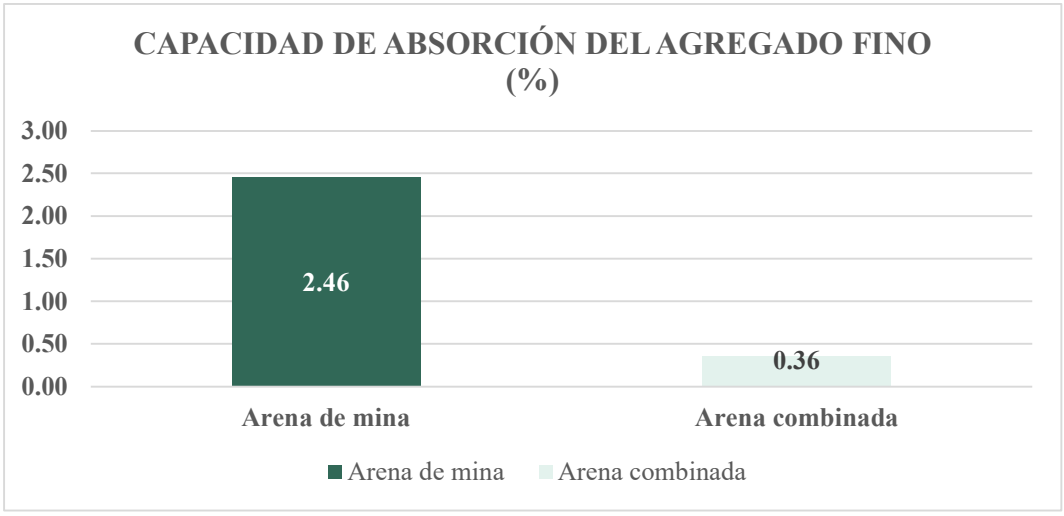


Gráfico 10. Densidad real del agregado fino

La variación entre la densidad de la densidad real de la arena de mina y la arena combinada es menor al 1%, es decir, son similares.



La capacidad de absorción entre ambos tipos de arena es la propiedad del agregado fino en la que se registra mayor variación. La arena combinada presenta una disminución del 85.35% de absorción en contraste con la arena de mina.

- *Densidad real y capacidad de absorción del agregado grueso (NTE INEN 857):*

TABLA IX. DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGREGADOS

Agregado	Densidad real (gr/cm^3)	Capacidad de absorción (%)
Grava	2.62	2.01
Cuarzo	2.65	0.19

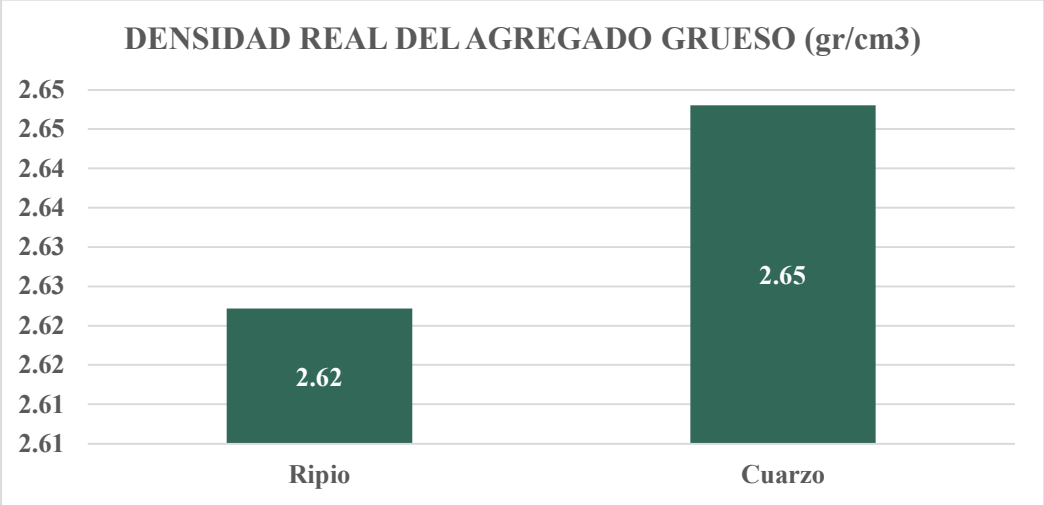
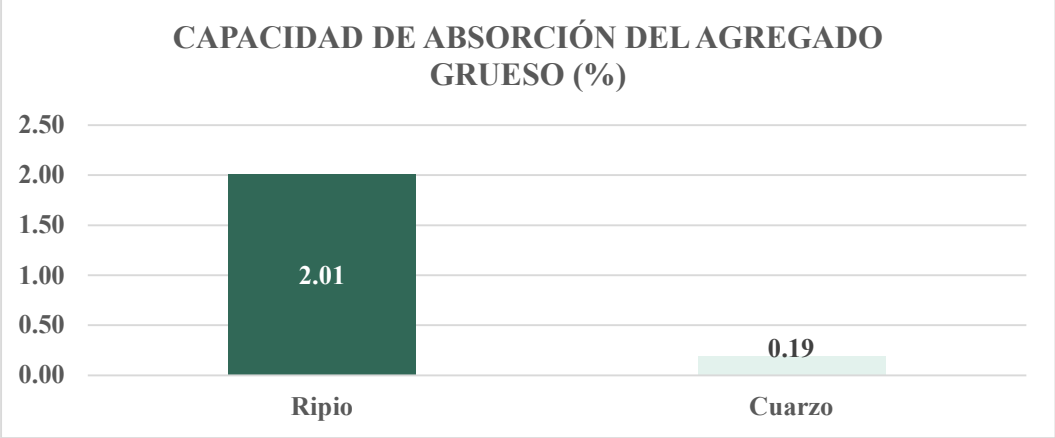


Gráfico 11. Densidad Real y Capacidad de Absorción de los Agregados

La variación entre la densidad de la grava y el cuarzo es menor al 1%, es decir, son similares.



En cuanto a la capacidad de absorción, esta corresponde a la propiedad con el mayor porcentaje de variación. El cuarzo presenta una disminución del 90.50% en contraste con la grava.

- *Densidad real del cemento (NTE INEN 156):*

TABLA X. DENSIDAD REAL DEL CEMENTO

DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
Densidad real del cemento	gr/cm3	2.922	2.917
Densidad real promedio del cemento	gr/cm3	2.920	

La densidad real del cemento corresponde a 2.9 gr/cm3, cuyo valor se encuentra dentro del rango admisible.

- *Densidad óptima de la mezcla de agregados:*

TABLA XI. PESO VOLUMÉTRICO COMPACTADO DE LA MEZCLA

% Mezcla		Peso unitario mezcla (kg/dm^3)	Peso unitario promedio (kg/dm^3)
GRUESO	**FINO**		
100.00%	0.00%	1.509	1.514
		1.520	
90.00%	10.00%	1.653	1.656
		1.660	
80.00%	20.00%	1.819	1.830
		1.840	
70.00%	30.00%	1.949	1.948
		1.948	
60.00%	40.00%	2.004	1.994
		1.984	
50.00%	50.00%	2.048	2.037
		2.025	
40.00%	60.00%	1.997	1.997
		1.997	

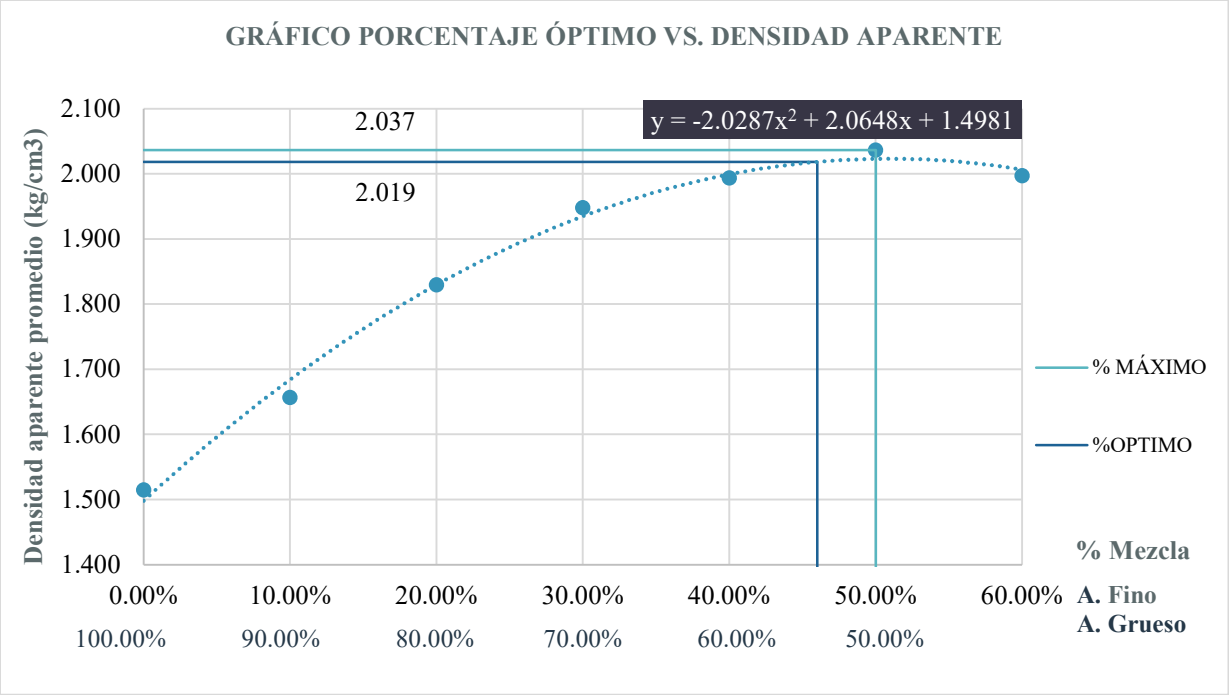


Gráfico 12. Porcentaje Óptimo vs. Densidad Aparente de Mezcla

Porcentaje máximo de agregado fino (%)	50.00%
Porcentaje máximo de agregado grueso (%)	50.00%
Porcentaje óptimo de agregado fino (%)	46.00%
Porcentaje óptimo de agregado grueso (%)	54.00%
Peso unitario máximo (gr/cm^3)	2.037
Peso unitario óptimo (gr/cm^3)	2.019

De acuerdo con la curva, la densidad máxima se encuentra en la coordenada en la cual la arena combinada y la grava se encuentran en una proporción 1:1, punto donde el valor corresponde a 2.037 gr/cm3. Una vez tomada en cuenta la consideración de la resta del 4% al agregado fino, el resultado indica que cuando la mezcla contiene 46% de agregado fino y 54% de agregado grueso, se obtiene el peso unitario óptimo, que corresponde a 2.019 gr/cm3.

b) Propiedades mecánicas

- *Módulo de dureza*

El cuarzo se destaca por su notable dureza, alcanzando un valor de 7 en la escala de Mohs. Este nivel de dureza refleja su resistencia a ser rayado, ubicándolo entre los minerales más duros y haciéndolo ideal para aplicaciones que requieren una alta durabilidad.[29]

- *Módulo de Young*

El cuarzo exhibe una notable rigidez con un módulo de Young de aproximadamente 37 GPa, lo que refleja su capacidad para resistir deformaciones bajo esfuerzo y subraya su robustez estructural.

2) Fase 2:

En la siguiente fase se evaluó la resistencia a compresión en probetas cilíndricas hechas de concreto translúcido mediante el método cuantitativo.

a) Dosificación:

A continuación, se presenta la dosificación obtenida una vez recopilados los datos de las propiedades evaluadas en la Fase 1, para una resistencia de 210 kg/cm2, con su respectiva corrección de humedad.

TABLA XII. DOSIFICACIÓN 210 KG/CM^2

DOSIFICACIÓN AL PESO			
MATERIAL	**CANTIDAD EN Kg POR CADA m³ DE HORMIGÓN**	**DOSIFICACIÓN AL PESO**	**CANTIDAD EN Kg PARA ENSAYO**
W	171.861	0.58	3.418
C	296.313	1.00	5.892
A	887.478	3.00	17.648
R	1028.916	3.47	20.461
TOTAL	**2384.568**	**kg/m³ Densidad del Horm.**	

TABLA XIII. CONTENIDO DE HUMEDAD

DESIGNACIÓN	**GRAVA**		**ARENA**	
Contenido de Humedad	0.098	0.095	0.115	0.107
Contenido de Humedad Promedio	0.097		0.111	

TABLA XIV. CORRECCIÓN POR HUMEDAD

MATERIAL	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD PARA CILINDROS DE ENSAYO	C.A	C.H	CORRECCIÓN		CANTIDAD PARA CILINDROS CORREGIDA	
			%	%	%	kg		
W	3.418	3.418	-	-	-	0.614	4.032	lts
C	5.892	5.892	-	-	-	-	5.892	kg
A	17.648	17.648	0.312	0.097	0.215	0.038	17.610	kg
R	20.461	20.461	2.928	0.111	2.816	0.576	19.884	kg

Del mismo modo, se muestran las dosificaciones utilizadas para cada porcentaje de reemplazo al peso de cuarzo como agregado grueso.

TABLA XV. DOSIFICACIÓN 210 KG/CM^2 0% CUARZO

%Reemplazo	0		
DOSIFICACIÓN AL PESO			
MATERIAL	**CANTIDAD EN Kg POR CADA m³ DE HORMIGÓN**	**DOSIFICACIÓN AL PESO**	**CANTIDAD EN Kg PARA ENSAYO**
W	202.747	0.68	4.032
C	296.313	1.00	5.892
A	885.570	2.99	17.610
R	999.939	3.37	19.884
CZ	0.000	0.00	0.000
TOTAL	2384.568	kg/m³ Densidad del Horm.	

TABLA XVI. DOSIFICACIÓN 210 KG/CM^2 10% CUARZO

%Reemplazo	10		
DOSIFICACIÓN AL PESO			
MATERIAL	**CANTIDAD EN Kg POR CADA m³ DE HORMIGÓN**	**DOSIFICACIÓN AL PESO**	**CANTIDAD EN Kg PARA ENSAYO**
W	202.747	**0.68**	**4.032**
C	296.313	**1.00**	**5.892**
A	885.570	**2.99**	**17.610**
R	899.945	**3.04**	**17.896**
CZ	99.994	**0.34**	**1.988**
TOTAL	2384.568	kg/m³ Densidad del Horm.	

TABLA XVII. DOSIFICACIÓN 210 KG/CM^{2}20% CUARZO

%Reemplazo	20		
DOSIFICACIÓN AL PESO			
MATERIAL	**CANTIDAD EN Kg POR CADA m³ DE HORMIGÓN**	**DOSIFICACIÓN AL PESO**	**CANTIDAD EN Kg PARA ENSAYO**
W	202.747	0.68	4.032
C	296.313	1.00	5.892
A	885.570	2.99	17.610
R	799.951	2.70	15.907
CZ	199.988	0.67	3.977
TOTAL	2384.568	kg/m³ Densidad del Horm.	

TABLA XVIII. DOSIFICACIÓN 210 KG/CM^2 40% CUARZO

%Reemplazo	40		
DOSIFICACIÓN AL PESO			
MATERIAL	**CANTIDAD EN Kg POR CADA m³ DE HORMIGÓN**	**DOSIFICACIÓN AL PESO**	**CANTIDAD EN Kg PARA ENSAYO**
W	202.747	0.68	4.032
C	296.313	1.00	5.892
A	885.570	2.99	17.610
R	599.963	2.02	11.931
CZ	399.976	1.35	7.954
TOTAL	2384.568	kg/m³ Densidad del Horm.	

b) Ensayo de asentamiento (NTE INEN 1578):

TABLA XIX. ASENTAMIENTOS

Reemplazo de cuarzo en mezcla	**Asentamiento**
%	**cm**
0	0.5
10	0.7
20	1.2
40	2

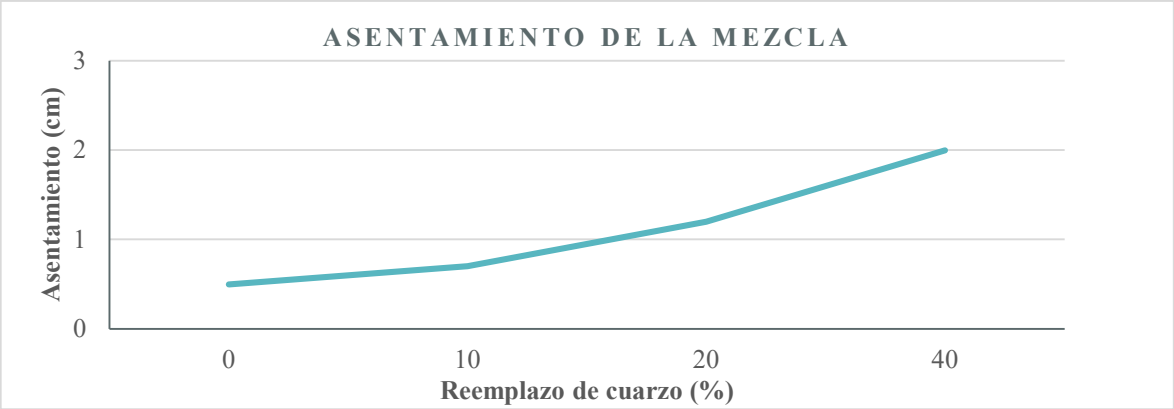


Gráfico 13. Asentamiento de Mezcla en Función del Porcentaje de Reemplazo de Cuarzo

Los valores de asentamiento denotan que a medida que la proporción de cuarzo como reemplazo del agregado grueso aumenta, el nivel de asentamiento también.

Según Pauta[9], la trabajabilidad del hormigón realizado con arena de cuarzo se ve afectada por el módulo de finura de esta, dejando acabados con superficies rugosas y filos visibles. Para la presente investigación se optó por realizar una combinación entre arena de cuarzo y arena de mina, con el objetivo de subsanar este impedimento, sin embargo, los resultados son similares.

c) Ensayo de compresión (NTE INEN 1573):

TABLA XX. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS

Reemplazo de cuarzo como agregado grueso (%)	**Resistencia promedio a los 28 días (kg/cm2)**	**Pérdida de resistencia (%)**
0	420.74	-
10	401.62	4.54
20	398.55	5.27
40	358.76	14.73

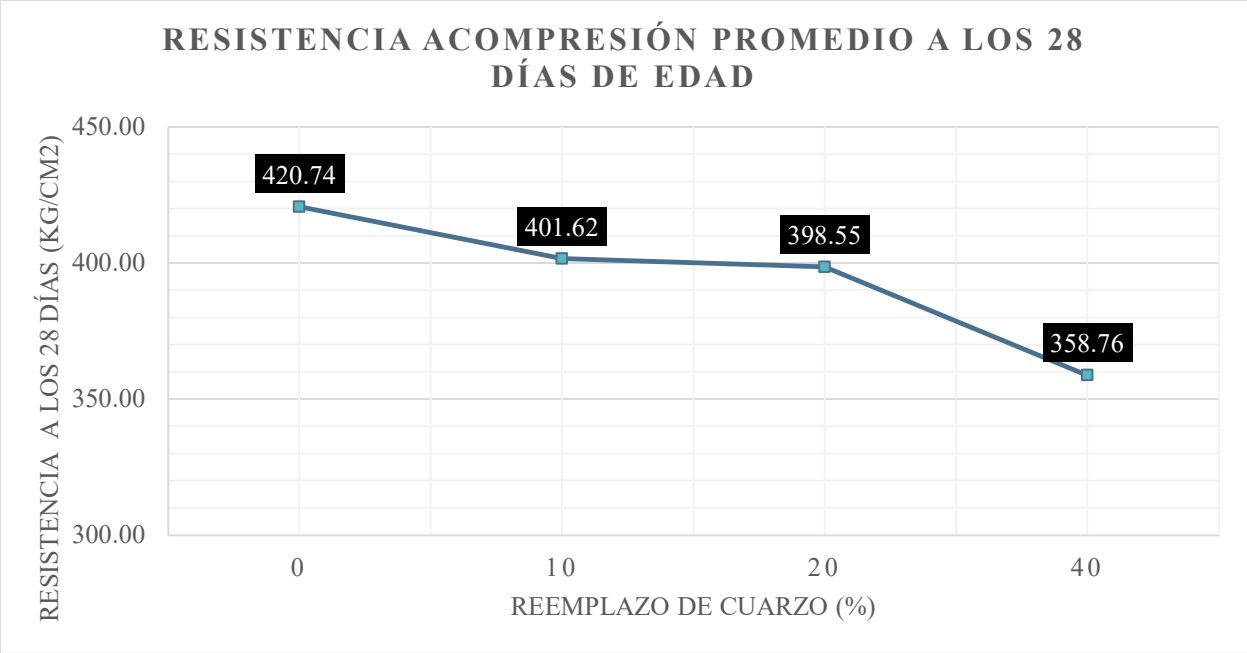


Gráfico 14. Porcentaje de Reemplazo de Cuarzo vs. Resistencia a Compresión a los 28 Días de Edad

Se identificó que a medida que aumenta la proporción de cuarzo, los valores de resistencia a compresión a los 28 días decaen. Es así que, la pérdida de resistencia promedio en porcentaje fue de 4.54%, 5.27% y 14.73% para los reemplazos de 10%, 20% y 40% de cuarzo como agregado grueso, respectivamente.

En contraste con la investigación de Trujillo [6], quien afirma que la resistencia a compresión aumenta en un 3.57% cuando el porcentaje de reemplazo de cuarzo como agregado grueso es menor o igual 25%, los resultados mostrados en el Gráfico 14. demostraron que, a partir del primer reemplazo de cuarzo, el cual fue de 10%, la resistencia decae.

Sin embargo, los resultados obtenidos superan en su totalidad los 210 kg/cm^2, resultado que se atribuye a la arena combinada. Investigadores describen a la arena de cuarzo como un silicato duro, resistente al desgaste y químicamente estable, que posee alta resistencia mecánica. [36]

Finalmente, es importante mencionar que a pesar de su alta resistencia los especímenes presentaron una falla frágil, explosiva.



Gráfico 15. Falla de concreto



Gráfico 16. Falla de concreto

d) Ensayo SEM (Microscopía Electrónica de barrido) (NTE INEN 1727):

Se observan aristas prominentes, algunas con formas más definidas y otras más irregulares, características típicas de un cristal bien formado, aunque en este caso, la presencia de fracturas o imperfecciones añade cierta irregularidad. La estructura general del cristal parece estar compuesta por capas que se extienden a lo largo de su superficie, con una parte superior más lisa y orientada, mientras que en la parte inferior se aprecian bordes más ásperos y posiblemente desgastados.

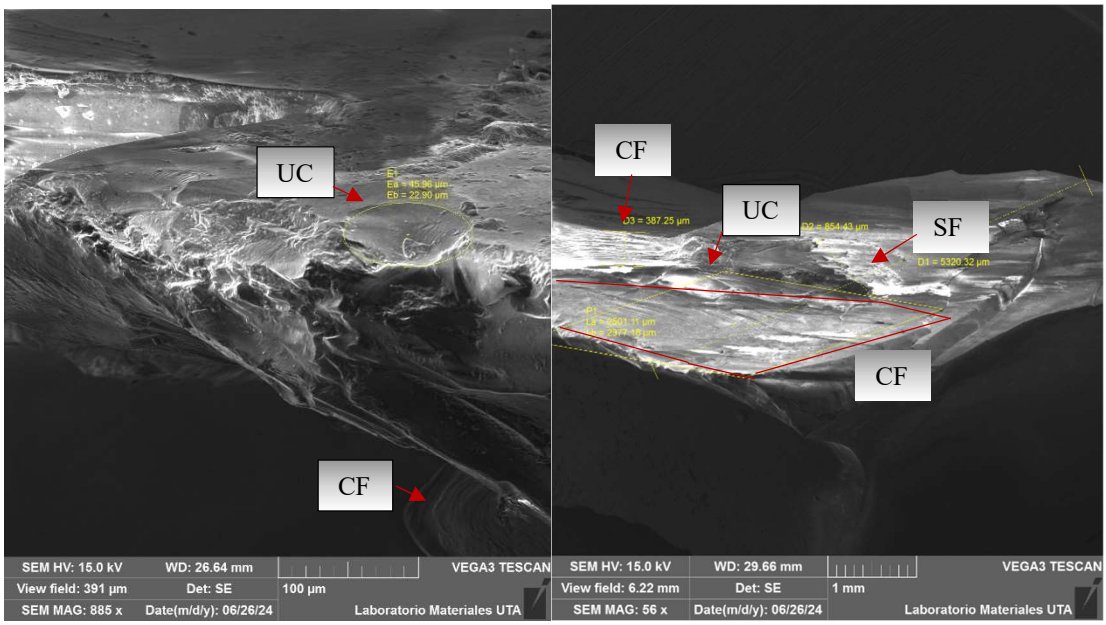


Gráfico 17. Superficie de Cuarzo (Reemplazo de agregado grueso)

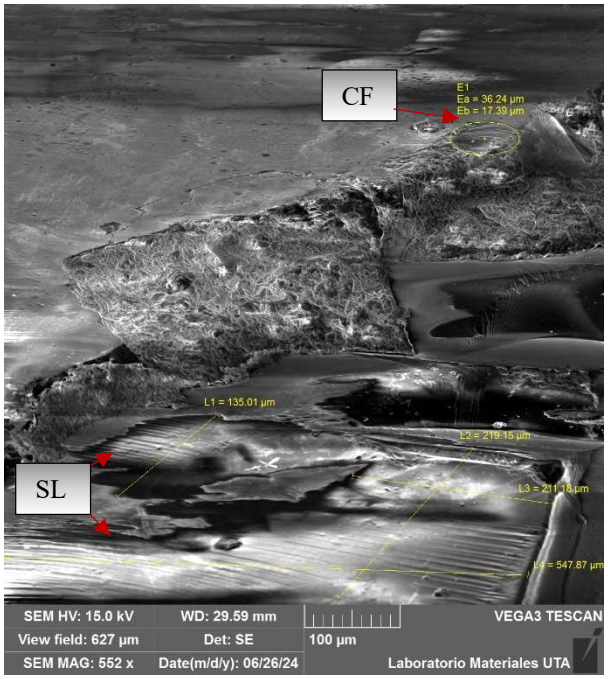


Gráfico 18. Superficie de cuarzo (Reemplazo de agregado grueso) con restos de mezcla seca

Los Gráficos 17 y 18 muestran un análisis SEM (Microscopía Electrónica de Barrido) de una muestra de cuarzo de 5320.332 µm de ancho. A partir de la observación, se pueden identificar varios tipos de fallas y características en la superficie del cuarzo:

TABLA XXI. TIPOS DE FALLAS PREDOMINANTES EN SUPERFICIES LISAS

CF	Fractura concoide
SF	Fractura escalonada
UC	Concavidad “U”
SL	Líneas estiradas

Fuente: [34], [36], [37]

Las fracturas concoides y cóncavas son típicas del cuarzo y se presentan como superficies curvas y lisas. Estas características se pueden observar en varios puntos de la imagen, indicando rupturas naturales o inducidas por la carga. También se pueden observar fallas lisas escalonadas y líneas estiradas en menor cantidad.

Además, existen micro fisuras que se extienden a lo largo de la superficie del cuarzo. Estas fisuras pueden ser el resultado de tensiones internas o impactos externos, afectando la integridad estructural del material.

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

Las micro fisuras y las inclusiones pueden afectar negativamente la resistencia global del material cuando se usa en concreto, ya que dificultan la adhesión con otros componentes de la mezcla.[37]

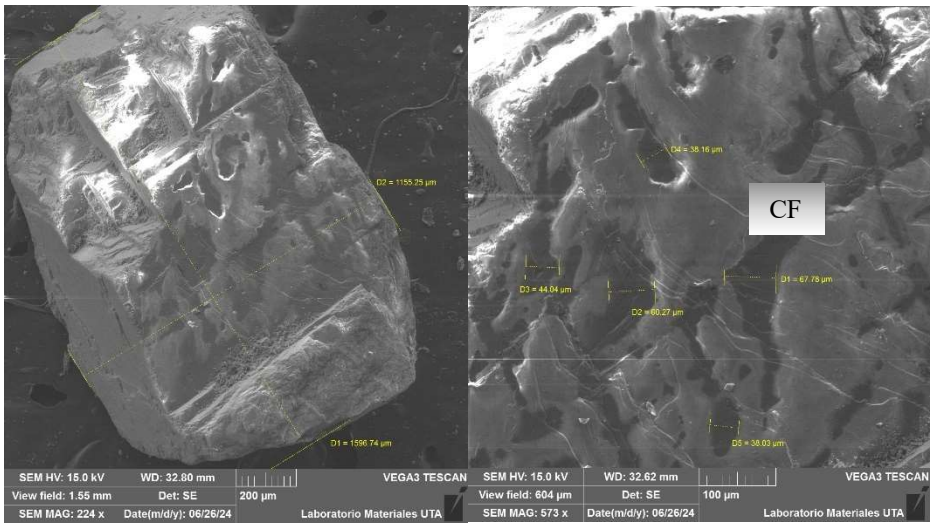


Gráfico 19. Superficie de arena de cuarzo

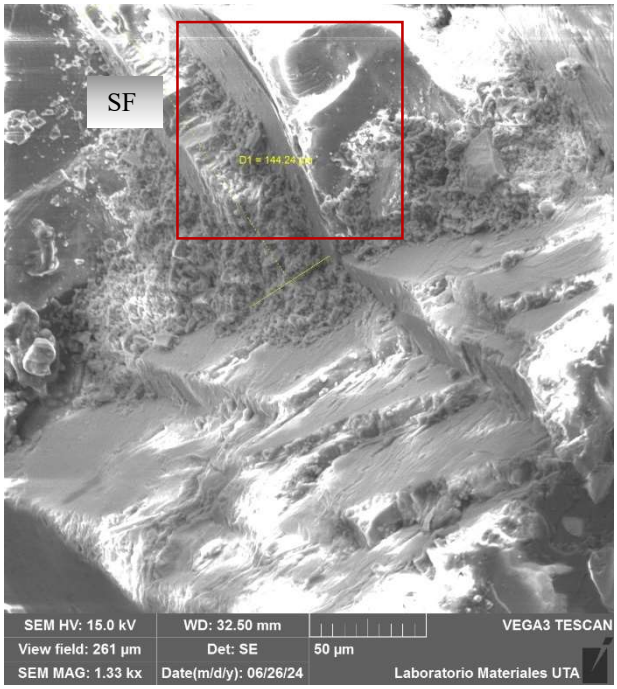


Gráfico 20. Superficie de arena de cuarzo con restos de mezcla

En el Gráfico 19, correspondiente a un grano de arena de cuarzo de 1596.74 x 1155.25 µm aproximadamente, se observan características similares a las del cuarzo cristal de roca, pero con algunas diferencias notables. Las fracturas concoides también están presentes, aunque en menor medida, lo que sugiere una menor homogeneidad en la estructura del grano de arena.

En el área marcada en el Gráfico 20, se identifica una pared lisa cuya adherencia a la mezcla se dificulta, mientras que en la zona donde existe la falla escalonada, a pesar de ser lisa, ha permanecido adherida a una parte de la mezcla. Además, se identifican micro fisuras que se extienden a lo largo de la superficie del grano de arena, indicando la presencia de tensiones internas o impactos externos. En ciertas áreas, la superficie del grano de arena muestra superficies muy lisas y planas, características de una rotura frágil del material.

3) Fase 3

Se determinó la transmitancia luminosa de las probetas de concreto translúcido mediante el método cuantitativo, para lo cual se tabularon los resultados numéricos obtenidos en el ensayo y se interpretaron.

a) Ensayo de transmitancia luminosa (NTE INEN 1727):

La dosificación y porcentajes de reemplazo evaluados corresponden a los mismos presentados en la Fase 2. Cabe recalcar que los especímenes ensayados corresponden a placas, detalladas en el Capítulo II.

Además, se optó por ensayar especímenes con reemplazo del 100% de cuarzo con el objetivo de analizar la transmitancia óptica máxima.

La dosificación utilizada es la misma presentada en la Fase 2.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para transmitancia luminosa en función del porcentaje de reemplazo de cuarzo como agregado grueso.

TABLA XXII. TRANSMITANCIA LUMINOSA

Reemplazo de cuarzo (%)	Transmitancia luminosa (%)
0	0.031
10	0.044
20	0.049
40	0.079
100	0.100

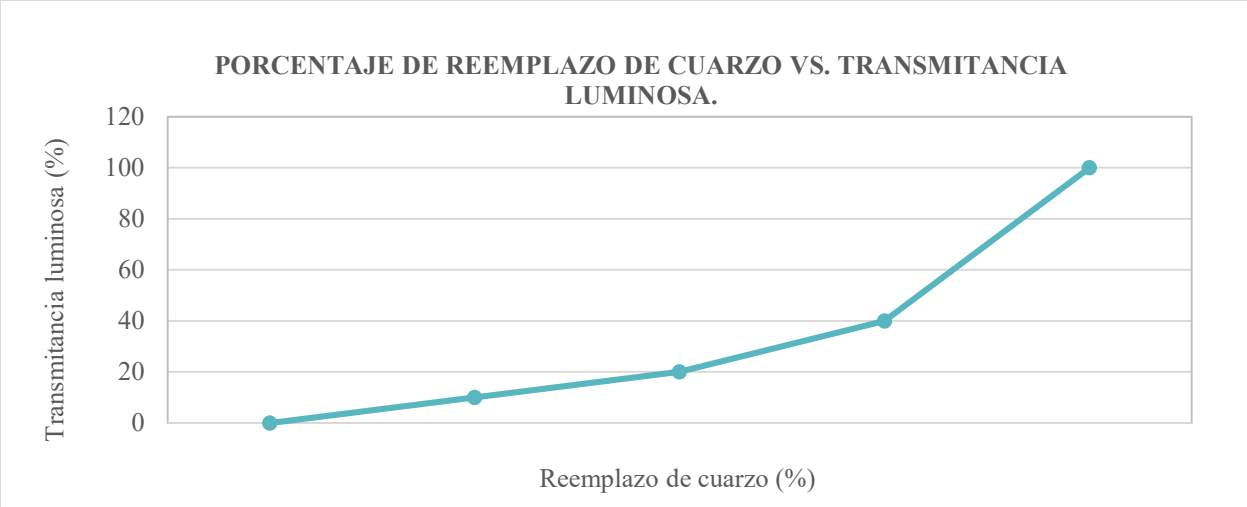


Gráfico 21. Porcentaje de Reemplazo de Cuarzo vs. Transmitancia Luminosa

Mediante el ensayo realizado en el espectrofotómetro se identificó que a medida que aumenta la cantidad de reemplazo de cuarzo, los valores de transmitancia luminosa también.

TABLA XXIII. RESISTENCIA A COMPRESIÓN VS. TRANSMITANCIA LUMINOSA

Reemplazo de cuarzo (%)	Resistencia máxima a los 28 días (kg/cm2)	Transmitancia luminosa (%)
0	420.74	0.011
10	401.62	0.438
20	398.55	0.494
40	358.76	0.786
100	-	1.213

Se identificó que a medida que aumenta la proporción de cuarzo como agregado grueso en la mezcla, la transmitancia luminosa aumenta, y, por otro lado, la resistencia a compresión disminuye.

B. Verificación de hipótesis

La transmitancia luminosa aumenta conforme aumenta la proporción de cuarzo como reemplazo del agregado grueso, según el ensayo de transmitancia luminosa, de acuerdo con el literal a) de la Fase 3 del Capítulo III. Resultados y Discusiones.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Conclusiones

- En la fase 1 los resultados obtenidos para el cuarzo reemplazante del agregado grueso denotaron que el material posee baja capacidad de absorción, correspondiendo esta a 0.19%, cuyo valor coincide con el de la investigación realizada por Zegarra y Neyra [6]. Respecto a su densidad el cuarzo tipo cristal superó por 4.33% al de la investigación mencionada.
- Del análisis de propiedades físicas y mecánicas de materiales se destaca que el cuarzo posee un 90.50% menos de capacidad de absorción que la grava, y del mismo modo, la arena combinada presenta una absorción 85.65% menor a la de la arena de mina. Propiedad que influyó significativamente en la trabajabilidad de la mezcla.
- Por otro lado, Pauta [9]centró su estudio en la arena de cuarzo, la cual presentó un peso específico de 2.66 g/cm^3 y absorción de 0.3%, mientras que, la arena combinada utilizada en la presente investigación, la cual posee 80% de cuarzo, presentó el mismo peso y una absorción similar. (0.36%)
- En la fase 2 se identificó que a medida que aumenta la proporción de cuarzo, los valores de resistencia a compresión a los 28 días decaen. Es así que, la pérdida de resistencia promedio en porcentaje fue de 4.54%, 5.27% y 14.73% para los reemplazos de 10%, 20% y 40% de cuarzo como agregado grueso, respectivamente. Sin embargo, los resultados obtenidos superan en su totalidad los 210 kg/cm2, resultado que se atribuye a la arena combinada. Investigadores describen a la arena de cuarzo como un silicato duro, resistente al desgaste y químicamente estable, que posee alta resistencia mecánica. [36]
- En contraste con la investigación de Trujillo [6], quien afirma que la resistencia a compresión aumenta en un 3.57% cuando el porcentaje de reemplazo de cuarzo como agregado grueso es menor o igual 25%, los resultados mostrados en el Gráfico 14 demostraron que, a partir del primer reemplazo de cuarzo, el cual fue de 10%, la resistencia decae.
- El ensayo SEM realizado a los especímenes de cuarzo permitió visualizar fracturas concoides, micro fisuras y áreas con superficies lisas y planas, típicas de la rotura frágil del material. Estas características indican que el cuarzo puede afectar negativamente la resistencia global del concreto, al dificultar la adhesión con otros componentes de la mezcla por su superficie lisa.

- Finalmente, el ensayo de transmitancia luminosa realizado en el espectrofotómetro permitió concluir que, a mayor porcentaje de reemplazo de cuarzo tipo cristal de roca como agregado grueso, la transmitancia luminosa es mayor. Los especímenes con porcentajes de reemplazo de cuarzo como agregado grueso arrojaron valores de transmitancia luminosa hasta 90 veces mayores a los especímenes sin reemplazo.
- Zegarra y Neyra [6] aseguran que el uso el cuarzo aumenta la traslucidez del concreto hasta un 3.57 % aproximadamente cuando el agregado grueso es reemplazado en 25%, sin embargo, la traslucidez es aumenta conforme la resistencia a compresión disminuye, es decir que mientras más agregado grueso sea reemplazado su resistencia a la compresión se verá reducida. Por otro lado, en la presente investigación el cuarzo aumentó la translucidez del hormigón hasta 1.2% cuando el reemplazo de cuarzo como agregado grueso fue del 100%. La investigación mencionada utilizó un luxómetro para su evaluación de transmitancia luminosa, mientras que la presente, utilizó un espectrofotómetro.

B. Recomendaciones

- Se sugiere analizar la transmitancia luminosa de las placas en función de su espesor.
- Se recomienda utilizar cuarzo en otros tipos de hormigón, por ejemplo, de tipo permeable y autocompactante.
- Además, se sugiere realizar estudios de durabilidad y comportamiento a largo plazo bajo condiciones ambientales reales para garantizar la viabilidad del material en aplicaciones prácticas.

MATERIALES DE REFERENCIA

A. Bibliografía

[1] J. Sreevani, T. Roshni, E. Saipriya, y P. V. V. S. S. R. Krishna, «Litracon: An alternative source for conventional concrete», *E3S Web of Conferences*, vol. 391, EDP Sciences, 5 de junio de 2023. doi: 10.1051/e3sconf/202339101206.

[2] «LitraCon ». Accedido: 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.litracon.hu/en/about-us

[3] R. Construye, «Concreto traslúcido made in México». Accedido: 10 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: https://revistaconstruye.com.mx/concreto-traslucido-made-in-mexico/

[4] S. H. Said, «State-of-the-art developments in light transmitting concrete», *Mater Today Proc*, vol. 33, pp. 1967-1973, ene. 2020, doi: 10.1016/J.MATPR.2020.06.128.

[5] D. Prado y A. Velásquez, «DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO TRANSLÚCIDO APLICANDO AGREGADOS QUE PERMITEN EL PASO DE LUZ, LIMA – 2021», 2022.

[6] F. L. Zegarra Bardales y B. A. Neyra Aguilar, «INFLUENCIA DEL CUARZO REEMPLAZANTE DEL AGREGADO GRUESO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO», 2018.

[7] J. Aguas, «HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON FIBRA DE VIDRIO Y CUARZO», 2015.

[8] A. Leyva, E. Leyva, C. Leyva, y R. Almenares, «Ciencias Holguín», *Ciencias Holguín*, 2010, [En línea]. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181517919014

[9] E. Pauta, «ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE PLACAS DE HORMIÓN TRANSLÚCIDO CON RETÍCULAS DE VIDRIO Y DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA DE POLIPROPILENO», 2023.

[10] A. M. Tahwia, N. Abdelaziz, M. Samy, y M. Amin, «Mechanical and light transmittance properties of high-performance translucent concrete», *Case Studies in Construction Materials*, vol. 17, Elsevier Ltd, 1 de diciembre de 2022. doi: 10.1016/j.cscm.2022.e01260.

[11] A. L. Buchelli, «HORMIGON TRANSLUCIDO», 2015. Accedido: 3 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/8330

[12] B. Huang, Y. Wang, W. Lu, y M. Cheng, «Fabrication and Energy Efficiency of Translucent Concrete Panel for Building Envelope», 2021.

[13] S. Juan y Z. Zhi, «Preparation and Study of Resin Translucent Concrete Products», *Advances in Civil Engineering*, vol. 2019, Hindawi Limited, 2019. doi: 10.1155/2019/8196967.

[14] J. J. Licari y D. W. Swanson, «Test and Inspection Methods», en *Adhesives Technology for Electronic Applications*, Elsevier, 2011, pp. 345-377. doi: 10.1016/b978-1-4377-7889-2.10007-5.

[15] D. Navabi *et al.*, «Developing light transmitting concrete for energy saving in buildings», *Case Studies in Construction Materials*, vol. 18, Elsevier Ltd, 1 de julio de 2023. doi: 10.1016/j.cscm.2023.e01969.

[16] G. Aranxa, M. Alfaro, Y. Alonso, S. Espinola, I. A. Rubén, y V. Díaz, «VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CON DIFERENTES MATERIALES TRANSLÚCIDOS EN EDIFICACIONES URBANAS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA ENTRE EL 2009 Y 2019», 2019.

[17] Adriana LUISI BUCHELLI, «HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON FIBRA ÓPTICA», 2020.

[18] A. Tuaum, S. M. Shitote, y W. O. Oyawa, «Experimental Evaluation on Light Transmittance Performance of Translucent Concrete», *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 13, n.º 2, pp. 1209-1218, 2018. [En línea]. Disponible en: http://www.ripublication.com

[19] S. Paul y A. Dutta, «TRANSLUCENT CONCRETE», *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol. 3, n.º 10, 2013. [En línea]. Disponible en: www.ijsrp.org

[20] K. M. Mosalam y N. Casquero-Modrego, «Sunlight Permeability of Translucent Concrete Panels as a Building Envelope», *Journal of Architectural Engineering*, vol. 24, n.º 3, American Society of Civil Engineers (ASCE), septiembre de 2018. doi: 10.1061/(asce)ae.1943-5568.0000321.

[21] B. Huang, «Light transmission performance of translucent concrete building envelope», *Cogent Engineering*, vol. 7, n.º 1, Cogent OA, 1 de enero de 2020. doi: 10.1080/23311916.2020.1756145.

[22] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, *NTE INEN 696. ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO.* 2011.

[23] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, *NTE INEN 0872: ÁRIDOS PARA HORMIGÓN. REQUISITOS.* 2011.

[24] «Tamizado de Agregados Finos y Gruesos | PDF | Porcentaje | Hormigón». Accedido: 21 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: https://es.scribd.com/document/216421951/Tamizado-de-Agregados-Finos-y-Gruesos

[25] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, *NTE INEN 858. ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS.* 2010.

[26] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, *NTE INEN 856. ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO.* 2010.

[27] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, *NTE INEN 857. ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.* 2010.

[28] A. Jesús. Gómez Soto, «DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA EN VIGAS DE HORMIGÓN, FABRICADO CON MATERIALES PROCEDENTES DE LA CANTERA SAN ROQUE PARA f'c = 21 MPa.», UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, Quito, 2014.

[29] «Cuarzo | Propiedades, precio y aplicación | Propiedades materiales». Accedido: 11 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: https://material-properties.org/es/cuarzo-tabla-de-materiales-aplicaciones-precio/

[30] D. DE Del Módulo Rotura En Vigas De Hormigón, «UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL».

[31] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, *NTE INEN 862: ÁRIDOS PARA HORMIGÓN. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD.* 2011.

[32] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, *NTE INEN 1578: HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO*. 2010.

[33] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, *NTE INEN 1 573. HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO*. 2010.

[34] «(PDF) Microfocus X-ray tomography as a method for characterising macro-fractures on quartz backed tools». Accedido: 26 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/323749961_Microfocus_X-ray_tomography_as_a_method_for_characterising_macro-fractures_on_quartz_backed_tools

[35] INSTITUTO INSTITUTO ECUATORIA ECUATORIANO DE NO DE NORMALIZA NORMALIZACIÓN CIÓN, «VIDRIOS DE SEGURIDAD. DETERMINACIÓN DE LA TRANSMISIÓN LUMINOSA», 2011.

[36] T. Wang, W. Cao, Y. Wang, C. Qu, Y. Xu, y H. Li, «Surface modification of quartz sand: A review of its progress and its effect on heavy metal adsorption», *Ecotoxicol Environ Saf*, vol. 262, p. 115179, sep. 2023, doi: 10.1016/J.ECOENV.2023.115179.

[37] Y. Wang, Q. Cheng, y Q. Zhu, «Surface microscopic examination of quartz grains from rock avalanche basal facies», *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 52, n.º 2, pp. 167-181, 2015, doi: 10.1139/cgj-2013-0284.

B. ANEXOS

TABLA XXIV. GRANULOMETRÍA DE AGREGADO FINO (ARENA DE CUARZO TIPO I)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ARENA DE CUARZO TIPO I						
ORIGEN:			FERRISARIATO			
PESO MUESTRA:	1000	gr.	**PÉRDIDA DE MUESTRA:**	0.45%		
NORMA:	NTE INEN 696		**FECHA:**	26/feb/2024		
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME					
Tamiz	**Abertura (mm)**	**Retenido parcial (gr)**	**Retenido acumulado (gr)**	**% Retenido acumulado**	**% que pasa**	**Límites NTE INEN-872:2011 % que pasa**
3/8	9.5	0	0	0.00%	100.00%	100
#4	4.76	0	0	0.00%	100.00%	95 - 100
#8	2.38	0	0	0.00%	100.00%	80 - 100
#16	1.19	0	0	0.00%	100.00%	50 - 85
#30	0.59	0.2	0.2	0.02%	99.98%	25 - 60
#50	0.297	295.6	295.8	29.71%	70.29%	5 - 30
#100	0.149	250.6	546.4	54.89%	45.11%	0 - 10
#200	0.075	185	731.4	73.47%	26.53%	-
BANDEJA		264.1	995.5	100.00%	0.00%	-
MÓDULO DE FINURA					0.85%	

TABLA XXV. GRANULOMETRÍA DE AGREGADO FINO (ARENA DE CUARZO TIPO II FERRISARIATO)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ARENA DE CUARZO TIPO II

ORIGEN:	FERRISARIATO			
PESO MUESTRA:	1000	gr.	**PÉRDIDA DE MUESTRA:**	0.10%
NORMA:	NTE INEN 696		**FECHA:**	26/feb/2024
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME			

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido parcial (gr)	Retenido acumulado (gr)	% Retenido acumulado	% que pasa	Límites NTE INEN-872:2011 % que pasa
3/8	9.5	0	0	0.00%	100.00%	100
#4	4.76	0	0	0.00%	100.00%	95 - 100
#8	2.38	0	0	0.00%	100.00%	80 - 100
#16	1.19	1.4	1.4	0.14%	99.86%	50 - 85
#30	0.59	677.1	678.5	67.92%	32.08%	25 - 60
#50	0.297	318.7	997.2	99.82%	0.18%	5 - 30
#100	0.149	0.4	997.6	99.86%	0.14%	0 - 10
#200	0.075	0.6	998.2	99.92%	0.08%	-
BANDEJA		0.8	999	100.00%	0.00%	-
MÓDULO DE FINURA					2.68	

TABLA XXVI. GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO (ARENA DE MINA "ALVORTIZ")

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ARENA DE MINA

ORIGEN:	MINA "ALVORTIZ"			
PESO MUESTRA:	1956	gr.	**PÉRDIDA DE MUESTRA:**	0.12%
NORMA:	NTE INEN 696		**FECHA:**	26/feb/2024
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME			

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido parcial (gr)	Retenido acumulado (gr)	% Retenido acumulado	% que pasa	Límites NTE INEN-872:2011 % que pasa
3/8	9.5	0	0	0.00%	100.00%	100
#4	4.76	0.3	0.3	0.02%	99.98%	95 - 100
#8	2.38	263.3	263.6	13.49%	86.51%	80 - 100
#16	1.19	452.3	715.9	36.64%	63.36%	50 - 85
#30	0.59	453	1168.9	59.83%	40.17%	25 - 60
#50	0.297	498.5	1667.4	85.35%	14.65%	5 - 30
#100	0.149	228.4	1895.8	97.04%	2.96%	0 - 10
#200	0.075	54.4	1950.2	99.82%	0.18%	-
BANDEJA		3.5	1953.7	100.00%	0.00%	-
MÓDULO DE FINURA					2.92	

TABLA XXVII. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO (ARENA COMBINADA)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ARENA COMBINADA

ORIGEN:	20% ARENA DE CUARZO TIPO I, 60% ARENA DE MINA "ALVORTIZ", 20% ARENA DE CUARZO TIPO II			
PESO MUESTRA:	1000	gr.	**PÉRDIDA DE MUESTRA:**	0.09%
NORMA:	NTE INEN 696		**FECHA:**	01/mar/2024
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME			

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido parcial (gr)	Retenido acumulado (gr)	% Retenido acumulado	% que pasa	Límites NTE INEN-872:2011 % que pasa
3/8	9.5	0.000	0.000	0.00%	100.00%	100
#4	4.76	0.200	0.200	0.02%	99.98%	95 - 100
#8	2.38	47.800	48.000	4.80%	95.20%	80 - 100
#16	1.19	142.100	190.100	19.03%	80.97%	50 - 85
#30	0.59	338.000	528.100	52.85%	47.15%	25 - 60
#50	0.297	278.500	806.600	80.73%	19.27%	5 - 30
#100	0.149	95.350	901.950	90.27%	9.73%	0 - 10
#200	0.075	60.400	962.350	96.32%	3.68%	-
BANDEJA		36.800	999.150	100.00%	0.00%	-
MÓDULO DE FINURA					2.48%	

TABLA XXVIII. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO (GRAVA)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE GRAVA

ORIGEN:	MINA "ALVORTIZ"			
PESO MUESTRA:	10000	gr.	**PÉRDIDA DE MUESTRA:**	0.10%
NORMA:	NTE INEN 696		**FECHA:**	02/mar/2024
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME			

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido parcial (gr)	Retenido acumulado (gr)	% Retenido acumulado	% que pasa	Límites NTE INEN-872:2011 % que pasa
2"	50.8	0.00	0.00	0.00%	100.00%	-
1 ½"	38.1	0.00	0.00	0.00%	100.00%	100
1"	25.4	79.00	79.00	0.79%	99.21%	90 - 100
3/4"	19.05	2925.00	3004.00	30.07%	69.93%	40 - 85
1/2"	12.7	4282.00	7286.00	72.93%	27.07%	10 - 40
3/8"	9.53	1698.00	8984.00	89.93%	10.07%	0 - 15
#4	4.75	975.00	9959.00	99.69%	0.31%	0 -5
BANDEJA		31.00	9990.00	100.00%	0.00%	-
TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO:					1"	

TABLA XXIX. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO (CUARZO)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO

ORIGEN:	MINA "MUSO"			
PESO MUESTRA:	10000	gr.	**PÉRDIDA DE MUESTRA:**	0.02%
NORMA:	NTE INEN 696		**FECHA:**	02/mar/2024
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME			

Tamiz	Abertura (mm)	Retenido parcial (gr)	Retenido acumulado (gr)	% Retenido acumulado	% que pasa	Límites NTE INEN-872:2011 % que pasa
2"	50.8	0.00	0.00	0.00%	100.00%	-
1 ½"	38.1	0.00	0.00	0.00%	100.00%	100
1"	25.4	3543.89	3543.89	35.45%	64.55%	95 - 100
3/4"	19.05	2419.83	5963.72	59.65%	40.35%	40 - 85
1/2"	12.7	2303.47	8267.19	82.69%	17.31%	10 - 40
3/8"	9.53	1207.66	9474.85	94.77%	5.23%	0 - 15
#4	4.75	410.08	9884.93	98.87%	1.13%	0 -5
BANDEJA		112.97	9997.90	100.00%	0.00%	-
TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO:					1"	

TABLA XXX. DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (ARENA COMBINADA)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

ORIGEN:	20% ARENA DE CUARZO TIPO I, 60% ARENA DE MINA "ALVORTIZ", 20% ARENA DE CUARZO TIPO II		
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME	**FECHA:**	06/mar/2024
NORMA:	NTE INEN 856		

CALCULO DE LA DENSIDAD REAL

DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR
M1	Masa del picnómetro	gr	193.50
M2	Masa del picnómetro + muestra SSS	gr	693.50
M3	Masa del picnómetro + muestra SSS + agua	gr	1003.00
M4=M3-M2	Masa agua añadida	gr	309.50
M5	Masa picnómetro + 500cc de agua	gr	690.00
M6=M5-M1	Masa de 500cc de agua	gr	496.50
DA=M6/500cm3	Densidad del agua	gr/cm3	0.99
M7=M6-M4	Masa del agua desalojada por la muestra	gr	187.00
Msss=M2-M1	Masa del agregado	gr	500.00
Vsss=M7/DA	Volumen del agua desalojada	cm3	188.32
DRA=Msss/Vsss	Densidad real de la arena	gr/cm3	2.655

CÁLCULO DE LACAPACIDAD DE ABSORCIÓN

DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M7	Masa del recipiente	gr	1.96	1.96
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	69.68	71.52
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	67.72	69.56
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	69.43	71.28
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	67.48	69.31
CA=((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	%	0.37	0.35
P2=(CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	0.36	

TABLA XXXI. DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ARENA DE MINA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

ORIGEN:	MINA "ALVORTIZ"		
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME	**FECHA:**	06/mar/2024
NORMA:	NTE INEN 856		

CALCULO DE LA DENSIDAD REAL

DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR
M1	Masa del picnómetro	gr	193.50
M2	Masa del picnómetro + muestra SSS	gr	693.50
M3	Masa del picnómetro + muestra SSS + agua	gr	1002.40
M4=M3-M2	Masa agua añadida	gr	308.90
M5	Masa picnómetro + 500cc de agua	gr	690.00
M6=M5-M1	Masa de 500cc de agua	gr	496.50
DA=M6/500cm3	Densidad del agua	gr/cm3	0.99
M7=M6-M4	Masa del agua desalojada por la muestra	gr	187.60
Msss=M2-M1	Masa del agregado	gr	500.00
Vsss=M7/DA	Volumen del agua desalojada	cm3	188.92
DRA=Msss/Vsss	Densidad real de la arena	gr/cm3	2.647

CÁLCULO DE LACAPACIDAD DE ABSORCIÓN

DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M7	Masa del recipiente	gr	1.94	1.99
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	88.74	106.51
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	86.80	104.52
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	86.67	103.99
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	84.73	102.00
CA=((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	%	2.44	2.47
P2=(CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	2.46	

TABLA XXXII. DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (GRAVA)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (GRAVA)

ORIGEN:	MINA "ALVORTIZ"		
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME	**FECHA:**	06/mar/2024
NORMA:	NTE INEN 857		

CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL

DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR
M1	Masa de la canastilla en el aire	gr	1301.00
M2	Masa de la canastilla en el agua	gr	1134.00
M3	Masa de la canastilla + muestra SSS en el aire	gr	5313.00
M4	Masa de la canastilla + muestra SSS en el agua	gr	3618.00
DA	Densidad real del agua	gr/cm3	1.00
M5 = M3-M1	Masa de la muestra SSS en el aire	gr	4012.00
M6 = M4-M2	Masa de la muestra SSS en el agua	gr	2484.00
VR=(M5-M6)/DA	Volumen real de la muestra	cm3	1530.02
DR=M5/VR	Densidad real	gr/cm3	2.622

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN

DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M7	Masa del recipiente	gr	2.00	2.03
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	153.74	170.42
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	151.73	168.39
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	150.85	166.97
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	148.85	164.94
CA=((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	%	1.94	2.09
P2=(CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	2.01	

TABLA XXXIII. DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (CUARZO)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (CUARZO)

ORIGEN	MINA "MUSO"		
ENSAYADO POR	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME	**FECHA**	08/mar//2024
NORMA	NTE INEN 857		

CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL

DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR
M1	Masa de la canastilla en el aire	gr	1236.00
M2	Masa de la canastilla en el agua	gr	1071.00
M3	Masa de la canastilla + muestra SSS en el aire	gr	6144.00
M4	Masa de la canastilla + muestra SSS en el agua	gr	4128.00
DA	Densidad real del agua	gr/cm3	1.00
M5 = M3-M1	Masa de la muestra SSS en el aire	gr	4908.00
M6 = M4-M2	Masa de la muestra SSS en el agua	gr	3057.00
VR=(M5-M6)/DA	Volumen real de la muestra	cm3	1853.45
DR=M5/VR	Densidad real	gr/cm3	2.648

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN

DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M7	Masa del recipiente	gr	68.00	69.00
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	177.00	183.50
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	109.00	114.50
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	176.87	183.20
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	108.87	114.20
CA=((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	%	0.12	0.26
P2=(CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	0.19	

TABLA XXXIV. PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO (ARENA DE MINA)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y COMPACTADO DE LA ARENA DE MINA

ORIGEN:	MINA "ALVORTIZ"		
MASA RECIPIENTE:	0.637 Kg.		
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME		
VOLUMEN RECIPIENTE:	3.02 dm^3	**FECHA:**	25/jun/2024
NORMA:	NTE INEN 858:2010		

Agregado	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso Unitario (kg/dm^3)	Peso Unitario Promedio (kg/dm^3)
SUELTO	5.180	4.543	1.504	1.507
	5.198	4.561	1.510	
COMPACTADO	5.295	4.658	1.542	1.546
	5.315	4.678	1.549	

TABLA XXXV. PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO (ARENA COMBINADA)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

DENSIDAD APARENTE SUELTA Y COMPACTADA DEL AGREGADO FINO (ARENA COMBINADA)

ORIGEN:	MINA "ALVORTIZ"			
MASA RECIPIENTE:	0.637 Kg.			
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME			
VOLUMEN RECIPIENTE:	3.02 dm³		**FECHA:**	26/jun/2024
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
Agregado	**Agregado + Recipiente (kg)**	**Agregado (kg)**	**Peso Unitario (kg/dm³)**	**Peso Unitario Promedio (kg/dm³)**
SUELTO	5.675	5.038	1.668	1.665
	5.657	5.020	1.662	
COMPACTADO	6.061	5.424	1.796	1.793
	6.044	5.407	1.790	

TABLA XXXVI. PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO (GRAVA)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

PESO VOLUMÉTRICO SUELTOY COMPACTADA DEL AGREGADO GRUESO				
ORIGEN:	MINA "ALVORTIZ"			
MASA RECIPIENTE:	9.8 Kg.			
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME			
VOLUMEN RECIPIENTE:	20.84 dm³		**FECHA**	11/mar/2024
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
Agregado	**Agregado + Recipiente (kg)**	**Agregado (kg)**	**Peso Unitario (kg/dm³)**	**Peso Unitario Promedio (kg/dm³)**
SUELTO	37.360	27.560	1.322	1.314
	37.020	27.220	1.306	
COMPACTADO	39.140	29.340	1.408	1.406
	39.060	29.260	1.404	

TABLA XXXVII. PESO VOLUMÉTRICO SUELTOY COMPACTADA DEL AGREGADO GRUESO (CUARZO)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

PESO VOLUMÉTRICO SUELTOY COMPACTADA DEL AGREGADO GRUESO				
ORIGEN:	MINA "MUSO"			
MASA RECIPIENTE:	9.8 Kg.			
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME			
VOLUMEN RECIPIENTE:	20.84 dm^3	**FECHA:**		
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
Agregado	**Agregado + Recipiente (kg)**	**Agregado (kg)**	**Peso Unitario (kg/dm^3)**	**Peso Unitario Promedio (kg/dm^3)**
SUELTO	36.523	26.723	1.282	1.291
	36.873	27.073	1.299	
COMPACTADO	37.025	27.225	1.306	1.322
	37.684	27.884	1.338	

TABLA XXXVIII. DENSIDAD REAL DEL CEMENTO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

DENSIDAD REAL DEL CEMENTO

TIPO:	CEMENTO BLANCO ARGOS		
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME	**FECHA:**	13/mar/2024
NORMA:	NTE INEN 156		

CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL

DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
Ma	Masa del frasco + gasolina	gr	328.00	328.00
V1	Lectural Inicial de la gasolina	cm3	0.50	0.50
Mp	Masa del frasco + gasolina + cemento	gr	392.00	391.00
V2	Lectura Final de la gasolina	cm3	22.40	22.10
V3 = V2 - V1	Volumen Desalojado de gasolina	cm3	21.90	21.60
Mc = Mp - Ma	Masa del cemento usado	gr	64.00	63.00
DRC = Mc / V3	Densidad del cemento	gr/cm3	2.922	2.917
	Densidad real promedio	gr/cm3	2.920	

TABLA XXXIX. PESO VOLUMÉTRICO COMPACTADO DE LA MEZCLA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

PESO VOLUMÉTRICO COMPACTADO DE LA MEZCLA

ORIGEN:	MINA "ALVORTIZ"		
MASA RECIPIENTE:	9.8 Kg.		
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME		
VOLUMEN RECIPIENTE:	20.568 dm³	**FECHA:**	01/abr/2024
NORMA:	NTE INEN 858:2010		

% Mezcla		**Cantidad (kg)**		**Fino añadido (kg)**	**Agregado + Recipiente (kg)**	**Agregado (kg)**	**Peso unitario mezcla (kg/dm³)**	**Peso unitario promedio**
GRUESO	**FINO**	**GRUESO**	**FINO**	**FINO**	**AGREGADO FINO + GRUESO**			
100.00%	0.00%	40.00	0.00	0.00	40.840	31.040	1.509	1.514
					41.060	31.260	1.520	
90.00%	10.00%	40.00	4.44	4.44	43.800	34.000	1.653	1.656
					43.940	34.140	1.660	
80.00%	20.00%	40.00	10.00	5.56	47.220	37.420	1.819	1.830
					47.640	37.840	1.840	
70.00%	30.00%	40.00	17.14	7.14	49.880	40.080	1.949	1.948
					49.860	40.060	1.948	
60.00%	40.00%	40.00	26.67	9.53	51.020	41.220	2.004	1.994
					50.600	40.800	1.984	
50.00%	50.00%	40.00	40.00	13.33	51.920	42.120	2.048	2.037
					51.460	41.660	2.025	
40.00%	60.00%	40.00	60.00	20.00	50.880	41.080	1.997	1.997
					50.880	41.080	1.997	

TABLA XL. DOSIFICACIÓN PARA 210 KG/CM^2

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

DOSIFICACIÓN PARA RESISTENCIA DE 210 KG/CM^2

ORIGEN:	MINA "ALVORTIZ"		**FECHA:**	
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME		18/abr/2024	
MÉTODO:	DENSIDAD ÓPTIMA			

DOSIFICACIÓN MÉTODO DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL

DATOS DE ENSAYOS			**DATOS DE TABLAS**		
f'c	**210**	**Kg/cm²**	**W/C**	**0.58**	
Asentamiento	**6-9**	**cm**	**CP (%)**	**POV + 2% + 8%(POV)**	
DRC	2.920	gr/cm³	**CÁLCULOS**		
DRA	2.655	gr/cm³	DRM	2.637	kg/dm³
DRR	2.622	gr/cm³	POV	23.459	%
DSA	1.665	gr/cm³	CP	273.355	dm³
DSR	1.314	gr/cm³	C	296.313	Kg
POA	46	%	W	171.861	lts
POR	54	%	A	887.478	kg
DOM	2.019	gr/cm³	R	1028.916	kg
CANTIDAD REQUERIDA	**9**	**cilindros ***	**VR**	**0.0141**	**m3**
RENDIMIENTO	**59.34**	**%**	**VN**	**0.0199**	**m3**

DOSIFICACIÓN AL PESO

MATERIAL	**CANTIDAD EN Kg POR CADA m³ DE HORMIGÓN**	**DOSIFICACIÓN AL PESO**	**CANTIDAD EN Kg PARA ENSAYO**
W	171.861	**0.58**	**3.418**
C	296.313	**1.00**	**5.892**
A	887.478	**3.00**	**17.648**
R	1028.916	**3.47**	**20.461**
TOTAL	**2384.568**	**kg/m³ Densidad del Horm.**	

NOMENCLATURA:

DRC	Densidad Real del Cemento	CP (%)	Cantidad de Pasta en %
DRA	Densidad Real de la Arena	DRM	Densidad Real de la Mezcla
DRR	Densidad Real dla grava	POV	Porcentaje Óptimo de Vacios
DSA	Densidad Suelta de la Arena	CP	Cantidad de Pasta
DSR	Densidad Suelta dla grava	C	Cantidad de Cemento

POA	Porcentaje Óptimo de Arena	W	Cantidad de Agua
POR	Porcentaje Óptimo de GRAVA	A	Cantidad de Arena
DOM	Densidad Óptima de la Mezcla	R	Cantidad de GRAVA
W/C	Relación Agua Cemento	VR	Volumen Requerido
		VN	Volumen Necesario

TABLA XLI. CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

CONTENIDO DE HUMEDAD

ORIGEN:	MINA "ALVORTIZ" y FERRISARIATO		
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME	**FECHA:**	20/may/2024
NORMA:	NTE INEN 862		

CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA GRAVA Y ARENA

DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	GRAVA		ARENA	
M1	Masa del recipiente	gr	634.5	645.6	666.5	651.75
M2	Masa del recipiente + muestra humeda	gr	2634.50	2645.8	1187.50	1165.25
M3	Masa del recipiente+ muestra seca	gr	2632.54	2643.9	1186.9	1164.7
M4=M2-M3	Masa del agua	gr	1.96	1.90	0.60	0.55
	Masa de la muestra húmeda	gr	2000.00	2000.20	521.00	513.50
M5=M3-M1	Masa de la muestra seca o del solido	gr	1998.04	1998.30	520.40	512.95
C.H.=(M4/M5)*100	Contenido de Humedad	%	0.098	0.095	0.115	0.107

C.H.	Contenido de Humedad Promedio	%	**0.097**	**0.111**

TABLA XLII. DOSIFICACIÓN 210 KG/CM2 CON CORRECCIÓN DE HUMEDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

DOSIFICACIÓN RESISTENCIA 210 KG/CM2 CORREGIDA

ORIGEN:	MINA "ALVORTIZ"	**FECHA:**
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME	20/may/2024
MÉTODO:	DENSIDAD ÓPTIMA	
%Reemplazo	0	

MATERIAL	CANTIDAD EN Kg POR CADA m³ DE HORMIGÓN	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD EN Kg PARA ENSAYO
W	202.747	**0.68**	**4.032**
A	885.570	**2.99**	**17.610**
R	999.939	**3.37**	**19.884**
CZ	0.000	**0.00**	**0.000**
TOTAL	**2384.568**	**kg/m³ Densidad del Horm.**	

TABLA XLIII. DOSIFICACIÓN 210 KG/CM2 10% CUARZO CON CORRECCIÓN DE HUMEDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

DOSIFICACIÓN RESISTENCIA 210 KG/CM2 CORREGIDA

ORIGEN:	MINA "ALVORTIZ"	**FECHA:**
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME	20/may/2024
MÉTODO:	DENSIDAD ÓPTIMA	
%Reemplazo	10	

DOSIFICACIÓN AL PESO CON CORRECCIÓN DE HUMEDAD

MATERIAL	CANTIDAD EN Kg POR CADA m³ DE HORMIGÓN	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD EN Kg PARA ENSAYO
W	202.747	**0.68**	**4.032**
A	885.570	**2.99**	**17.610**
R	899.945	**3.04**	**17.896**
CZ	99.994	**0.34**	**1.988**
TOTAL	**2384.568**	**kg/m³ Densidad del Horm.**	

TABLA XLIV. DOSIFICACIÓN 210 KG/CM2 20% CUARZO CON CORRECCIÓN DE HUMEDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

DOSIFICACIÓN RESISTENCIA 210 KG/CM2 CORREGIDA

ORIGEN:	MINA "ALVORTIZ"	**FECHA:**
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME	20/may/2024
MÉTODO:	DENSIDAD ÓPTIMA	
%Reemplazo	20	

DOSIFICACIÓN AL PESO CON CORRECCIÓN DE HUMEDAD

MATERIAL	CANTIDAD EN Kg POR CADA m³ DE HORMIGÓN	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD EN Kg PARA ENSAYO
W	202.747	**0.68**	**4.032**
A	885.570	**2.99**	**17.610**
R	799.951	**2.70**	**15.907**
CZ	199.988	**0.67**	**3.977**
TOTAL	**2384.568**	**kg/m³ Densidad del Horm.**	

TABLA XLV. DOSIFICACIÓN 210 KG/CM2 40% CUARZO CON CORRECCIÓN DE HUMEDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

DOSIFICACIÓN RESISTENCIA 210 KG/CM2 CORREGIDA

ORIGEN:	MINA "ALVORTIZ"		**FECHA:**
ENSAYADO POR:	PAMELA GIOVANNA JÁCOME JÁCOME		20/may/2024
MÉTODO:	DENSIDAD ÓPTIMA		
%Reemplazo	40		

DOSIFICACIÓN AL PESO CON CORRECCIÓN DE HUMEDAD

MATERIAL	CANTIDAD EN Kg POR CADA m³ DE HORMIGÓN	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD EN Kg PARA ENSAYO
W	202.747	**0.68**	**4.032**
C	296.313	**1.00**	**5.892**
A	885.570	**2.99**	**17.610**
R	599.963	**2.02**	**11.931**
CZ	399.976	**1.35**	**7.954**
TOTAL	**2384.568**	**kg/m³ Densidad del Horm.**	

TABLA XLVI. RESISTENCIA A COMPRESIÓN 0% Y 10%

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

ORIGEN:	Laboratorio FICM	**NORMA:**	NTE INEN 1573
ENSAYADO POR:	Pamela Jácome	**FECHA:**	12/6/2023

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

% Reemplazo	No.	Diámetro	Area	Carga (P)	Carga (P)	Esf. Compresión	Esf. Compresión Promedio	Perdida Resistencia
		cm	cm2	KN	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%
0	1	10.00	78.54	337.73	33773	430.01	420.74	0%
	2	10.00	78.54	338.44	33844	430.92		
	3	10.00	78.54	367.13	36713	467.44		
	4	10.00	78.54	247.94	24794	315.69		
	5	10.00	78.54	346.30	34630	440.92		
	6	10.00	78.54	316.28	31627.59	402.69		
	7	10.00	78.54	341.99	34199.05	435.44		
	8	10.00	78.54	338.62	33862.4	431.15		
	9	10.00	78.54	339.59	33958.72	432.38		
10	1	10.00	78.54	286.92	28691.93	365.32	401.62	4.54%
	2	10.00	78.54	342.38	34238.46	435.94		
	3	10.00	78.54	300.44	30044.33	382.54		
	4	10.00	78.54	324.66	32466.25	413.37		
	5	10.00	78.54	286.38	28638.24	364.63		
	6	10.00	78.54	321.80	32179.99	409.73		
	7	10.00	78.54	335.56	33555.67	427.24		
	8	10.00	78.54	319.74	31973.62	407.10		
	9	10.00	78.54	321.02	32101.69	408.73		

TABLA XLVII. ENSAYO A COMPRESIÓN 20% Y 40%

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

ORIGEN:	Laboratorio FICM	**NORMA:**	NTE INEN 1573
ENSAYADO POR:	Pamela Jácome	**FECHA:**	12/6/2023

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

% Reemplazo	No.	Diámetro	Area	Carga (P)	Carga (P)	Esf. Compresión	Esf. Compresión Promedio	Perdida Resistencia
		cm	cm2	KN	Kg	kg/cm2	kg/cm2	%
20	1	10.00	78.54	308.11	30811.22	392.30	398.55	5.27%
	2	10.00	78.54	316.07	31607.15	402.43		
	3	10.00	78.54	323.04	32304.16	411.31		
	4	10.00	78.54	319.96	31996.12	407.39		
	5	10.00	78.54	315.71	31570.75	401.97		
	6	10.00	78.54	314.88	31487.66	400.91		
	7	10.00	78.54	302.72	30272.16	385.44		
	8	10.00	78.54	300.42	30042	382.51		
	9	10.00	78.54	316.29	31629	402.71		
40	1	10.00	78.54	299.77	29977.04	381.68	358.76	14.73%
	2	10.00	78.54	287.17	28717.11	365.64		
	3	10.00	78.54	294.22	29422.03	374.61		
	4	10.00	78.54	282.06	28205.52	359.12		
	5	10.00	78.54	270.36	27035.78	344.23		
	6	10.00	78.54	285.46	28546.14	363.46		
	7	10.00	78.54	243.61	24361.2	310.18		
	8	10.00	78.54	286.37	28637	364.62		
	9	10.00	78.54	286.94	28694	365.34		

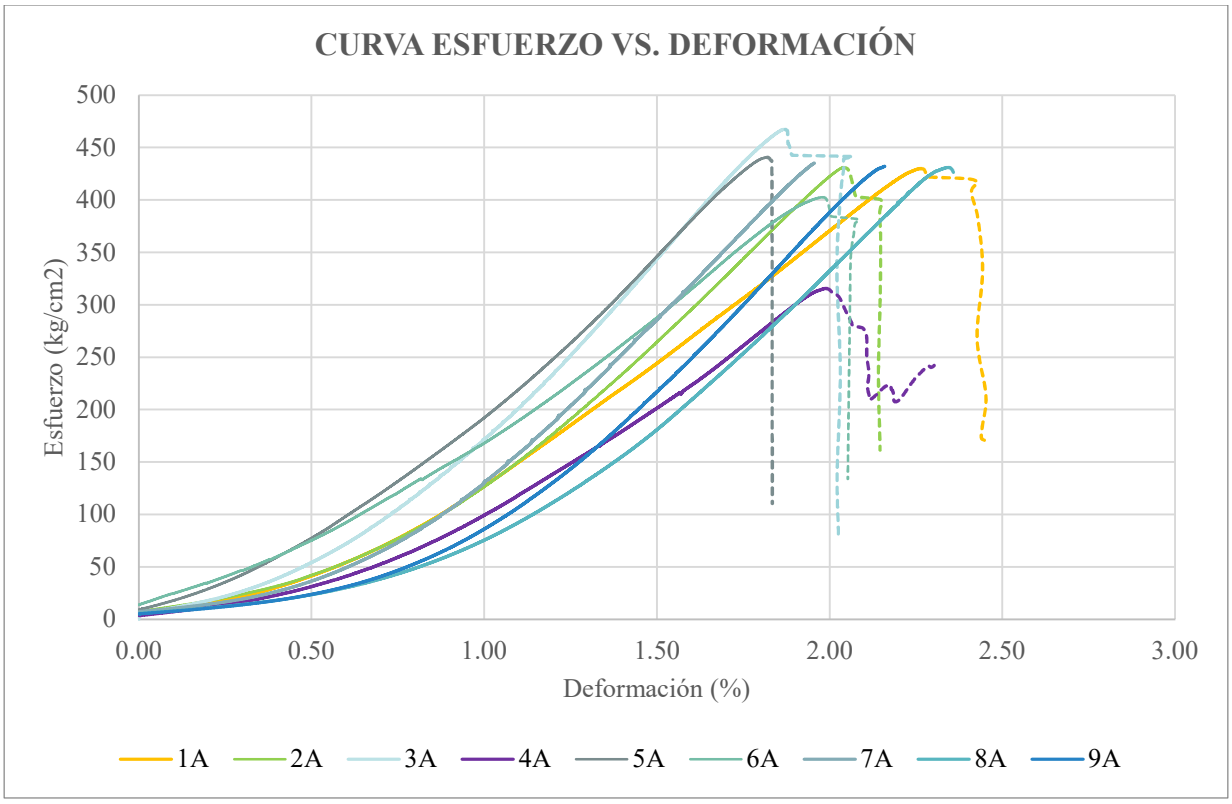


Gráfico 22. Curva Esfuerzo Deformación Reemplazo 0% Cuarzo

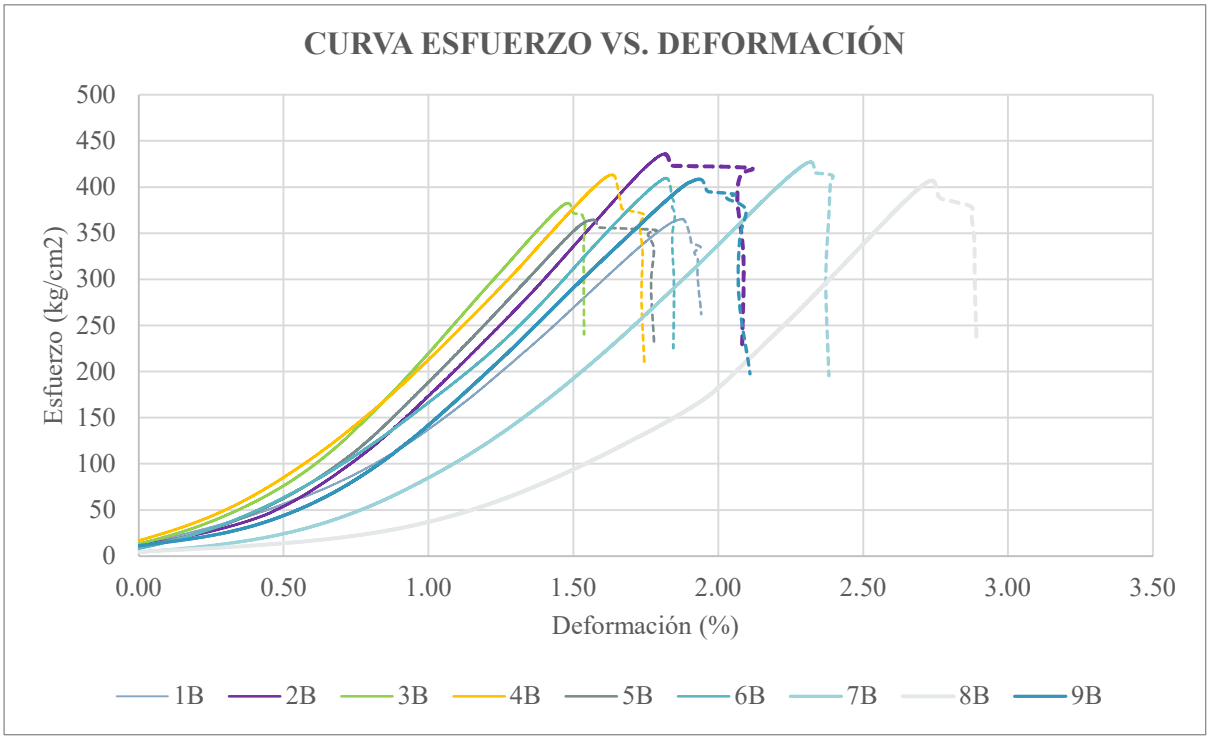


Gráfico 23. Curva Esfuerzo Deformación 10% Reemplazo Cuarzo

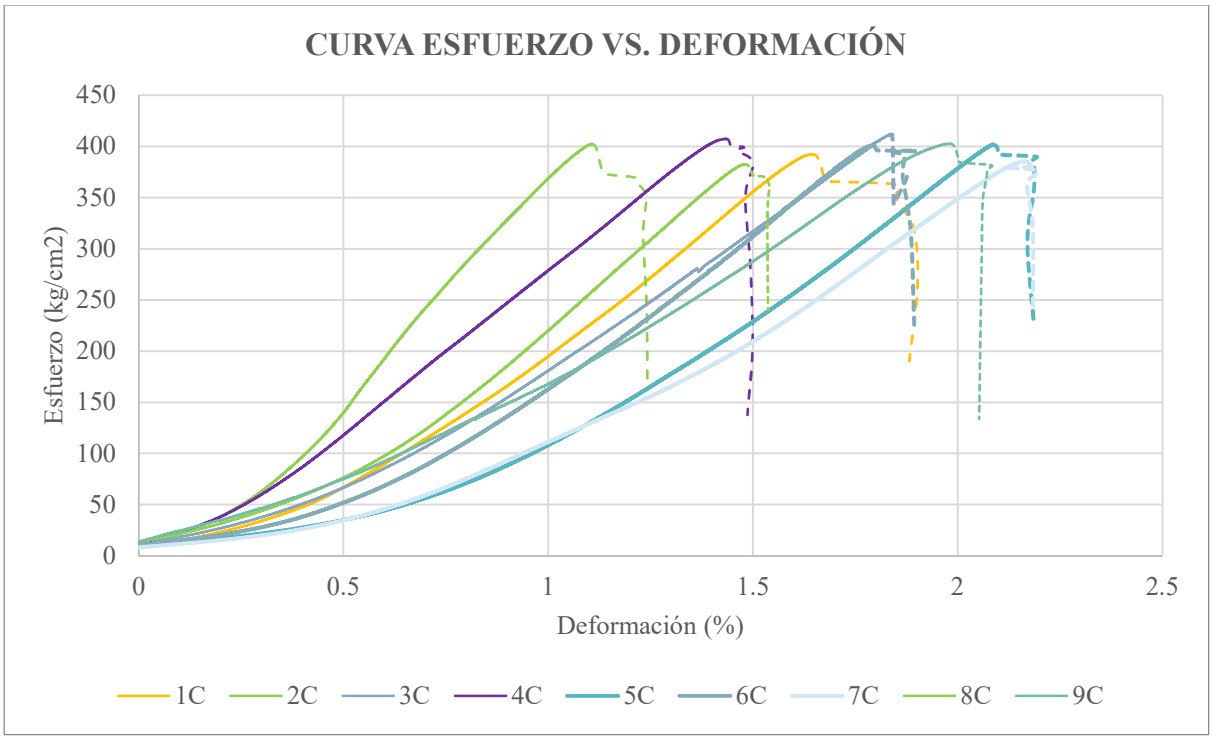


Gráfico 24. Curva Esfuerzo Deformación 20% Reemplazo Cuarzo

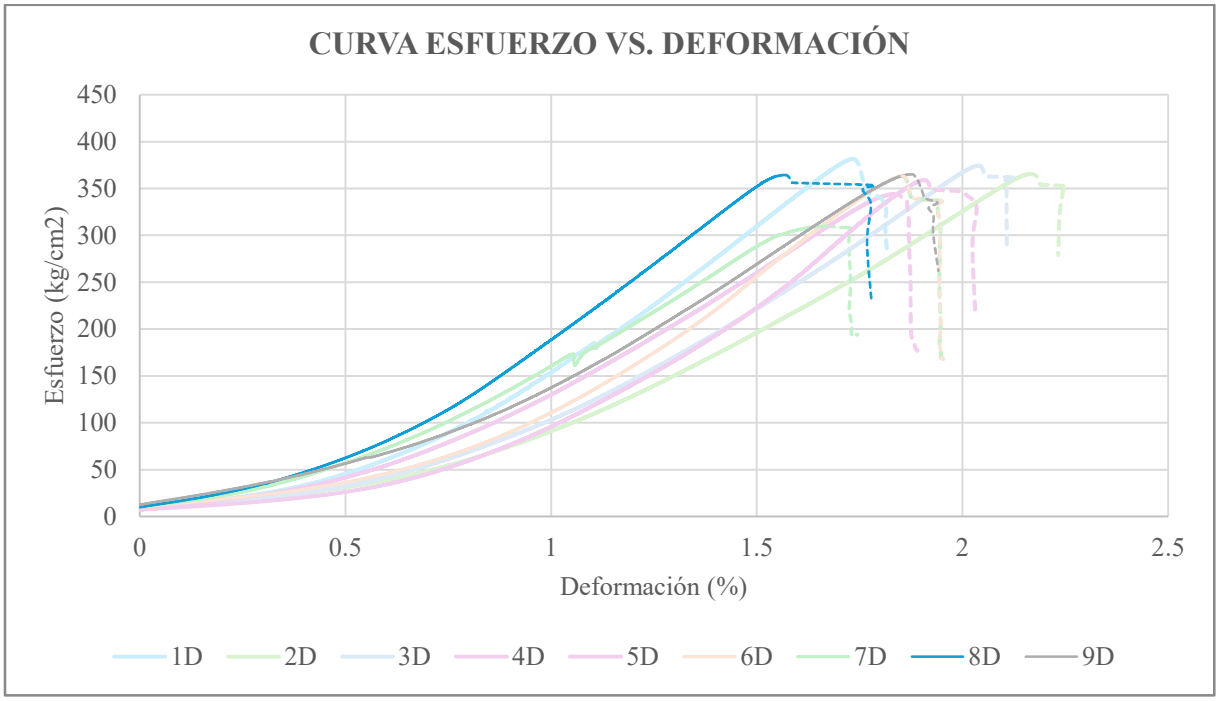


Gráfico 25. Curva Esfuerzo Deformación 40% Reemplazo Cuarzo

TABLA XLVIII. DOSIFICACIÓN PARA 210 KG/CM2 PLACA CON 0% DE REEMPLAZO DE CUARZO COMO AGREGADO GRUESO

%Reemplazo	**0**		
DOSIFICACIÓN AL PESO			
MATERIAL	**CANTIDAD EN Kg POR CADA m³ DE HORMIGÓN**	**DOSIFICACIÓN AL PESO**	**CANTIDAD EN Kg PARA ENSAYO**
W	171.861	0.58	0.114
C	296.313	1.00	0.167
A	887.478	3.00	0.498
R	1028.916	3.47	0.563
CZ	0.000	0.00	0.000
TOTAL	**2384.568**	**kg/m³ Densidad del Horm.**	

TABLA XLIX. DOSIFICACIÓN PARA 210 KG/CM^2 PLACA CON 10% DE REEMPLAZO DE CUARZO COMO AGREGADO GRUESO

%Reemplazo	**10**		
DOSIFICACIÓN AL PESO			
MATERIAL	**CANTIDAD EN Kg POR CADA m³ DE HORMIGÓN**	**DOSIFICACIÓN AL PESO**	**CANTIDAD EN Kg PARA ENSAYO**
W	202.747	0.68	4.032
C	296.313	1.00	5.892
A	885.570	2.99	17.610
R	899.945	3.04	17.896
CZ	99.994	0.34	1.988
TOTAL	2384.568	**kg/m³ Densidad del Horm.**	

TABLA L. DOSIFICACIÓN PARA 210 KG/CM^2 PLACA CON 20% DE REEMPLAZO DE CUARZO COMO AGREGADO GRUESO

%Reemplazo	**20**		
	DOSIFICACIÓN AL PESO		
MATERIAL	**CANTIDAD EN Kg POR CADA m³ DE HORMIGÓN**	**DOSIFICACIÓN AL PESO**	**CANTIDAD EN Kg PARA ENSAYO**
W	171.861	0.58	0.114
C	296.313	1.00	0.167
A	887.478	3.00	0.498
R	823.133	2.78	0.450
CZ	205.783	0.69	0.113
TOTAL	**2384.568**	**kg/m³ Densidad del Horm.**	

TABLA LI. DOSIFICACIÓN PARA 210 KG/CM^2 PLACA CON 40% DE REEMPLAZO DE CUARZO COMO AGREGADO GRUESO

%Reemplazo	**40**		
	DOSIFICACIÓN AL PESO		
MATERIAL	**CANTIDAD EN Kg POR CADA m³ DE HORMIGÓN**	**DOSIFICACIÓN AL PESO**	**CANTIDAD EN Kg PARA ENSAYO**
W	171.861	0.58	0.114
C	296.313	1.00	0.167
A	887.478	3.00	0.498
R	617.350	2.08	0.338
CZ	411.566	1.39	0.225
TOTAL	**2384.568**	**kg/m³ Densidad del Horm.**	

TABLA LII. DOSIFICACIÓN PARA 210 KG/CM^2 PLACA CON 100% DE REEMPLAZO DE CUARZO COMO AGREGADO GRUESO

%Reemplazo	**100**		
	DOSIFICACIÓN AL PESO		
MATERIAL	**CANTIDAD EN Kg POR CADA m³ DE HORMIGÓN**	**DOSIFICACIÓN AL PESO**	**CANTIDAD EN Kg PARA ENSAYO**
W	171.861	0.58	0.114
C	296.313	1.00	0.167
A	887.478	3.00	0.498
R	617.350	2.08	0.000
CZ	411.566	1.39	0.563
TOTAL	**2384.568**	**kg/m³ Densidad del Horm.**	

TABLA LIII. TRANSMITANCIA LUMINOSA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

ORIGEN:	ASTROVID	**NORMA:**	NTE INEN 1727
ENSAYADO POR:	Pamela Jácome	**FECHA:**	24/6/2024

ENSAYO DE TRANSMITANCIA LUMINOSA

% Reemplazo	No.	Espesor	Transmitancia	Transmitancia promedio	Aumento transmitancia
		cm	%	%	%
0	1	4.00	0.0100	0.011	0.0000
	2	4.00	0.0120		
	3	4.00	0.0090		
	4	4.00	0.0130		
10	1	4.00	0.4250	0.438	0.4273
	2	4.00	0.4130		
	3	4.00	0.4320		
	4	4.00	0.4830		
20	1	4.00	0.4980	0.494	0.4833
	2	4.00	0.4930		
	3	4.00	0.4970		
	4	4.00	0.4890		
40	1	4.00	0.7500	0.786	0.7748
	2	4.00	0.7950		
	3	4.00	0.8010		
	4	4.00	0.7970		
100	1	4.00	1.2100	1.213	1.2018
	2	4.00	1.2140		
	3	4.00	1.2120		
	4	4.00	1.2150		



Gráfico 26. Ensayo de Granulometría del Cuarzo (Agregado Grueso)



Gráfico 27. Arena de Mina Tamizada

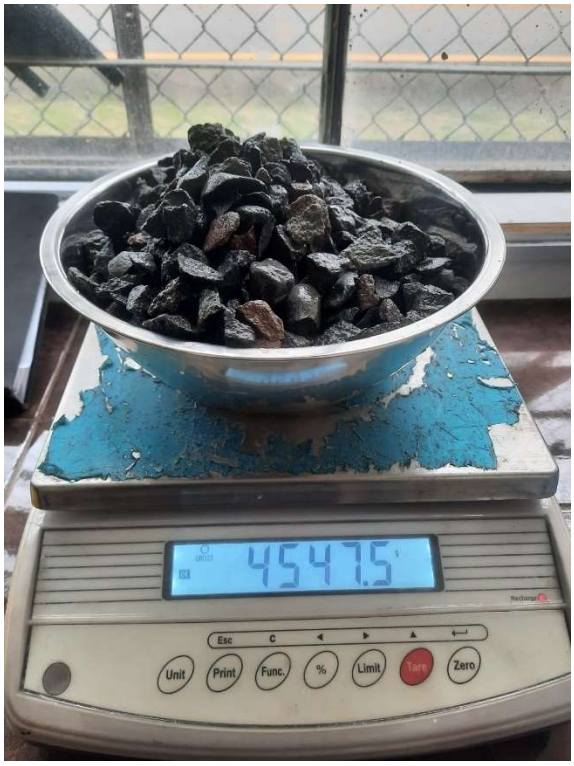


Gráfico 28. Grava en estado SSS



Gráfico 29. Densidad Suelta y Compactada de la grava (Agregado Grueso)



Gráfico 30. Densidad Aparente de la Mezcla de Agregados



Gráfico 31. Peso volumétrico suelto y compactado



Gráfico 32. Peso volumétrico suelto y compactado de la arena



Gráfico 33. Ensayo de capacidad de absorción de arena combinada

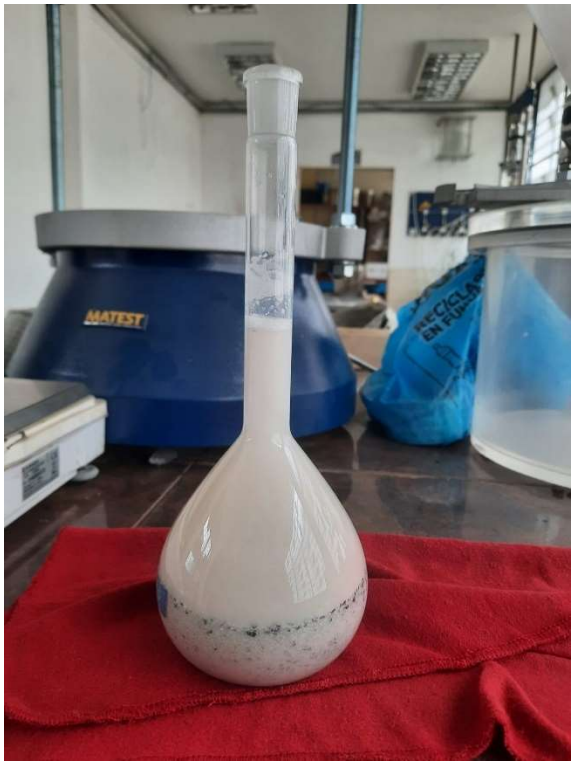


Gráfico 34. Ensayo de densidad real de arena combinada



Gráfico 35. Ensayo de densidad de cemento



Gráfico 36. Ensayo de densidad de cemento



Gráfico 37. Arena Combinada

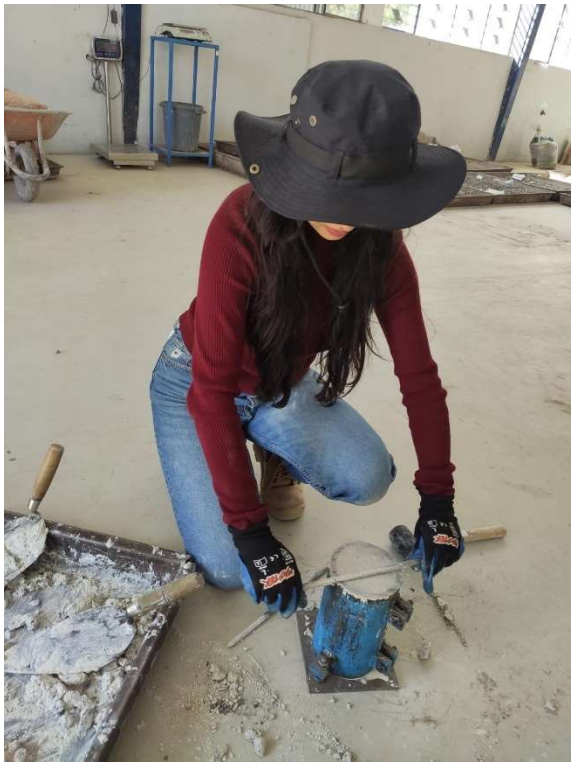


Gráfico 38. Enrasamiento de cilindros



Gráfico 39. Elaboración de cilindros



Gráfico 40. Ensayo de Compresión

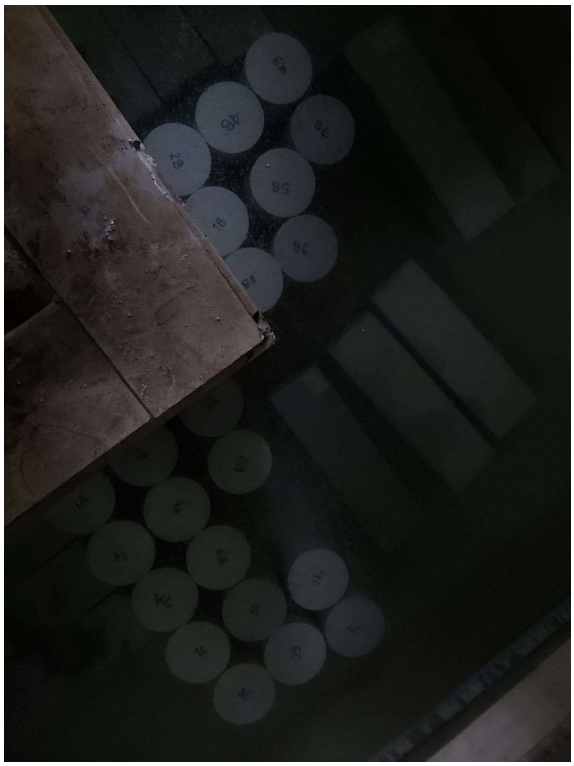


Gráfico 41. Curado de Cilindros



Gráfico 42. Falla de cilindros de control



Gráfico 43. Falla frágil



Gráfico 44. Varillado de Cilindros



Gráfico 45. Ensayo de asentamiento



Gráfico 46. Espectrofotómetro



Gráfico 47. Ensayo de transmitancia luminosa



Gráfico 48. Equipo Ensayo SEM

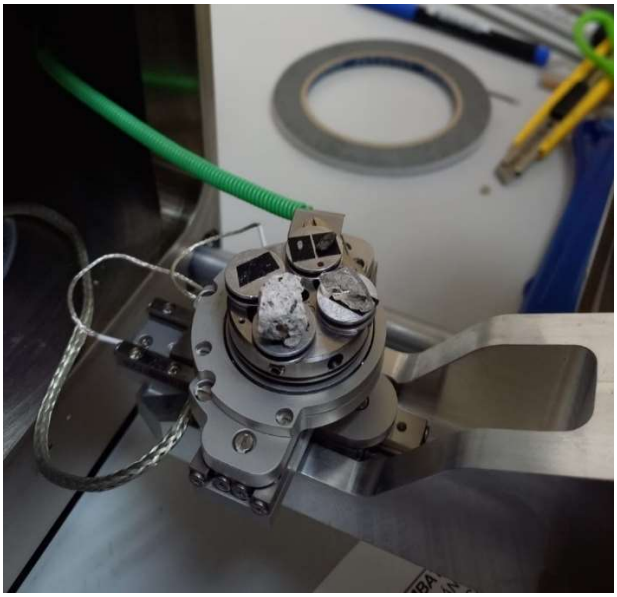


Gráfico 49. Muestra para ensayo SEM

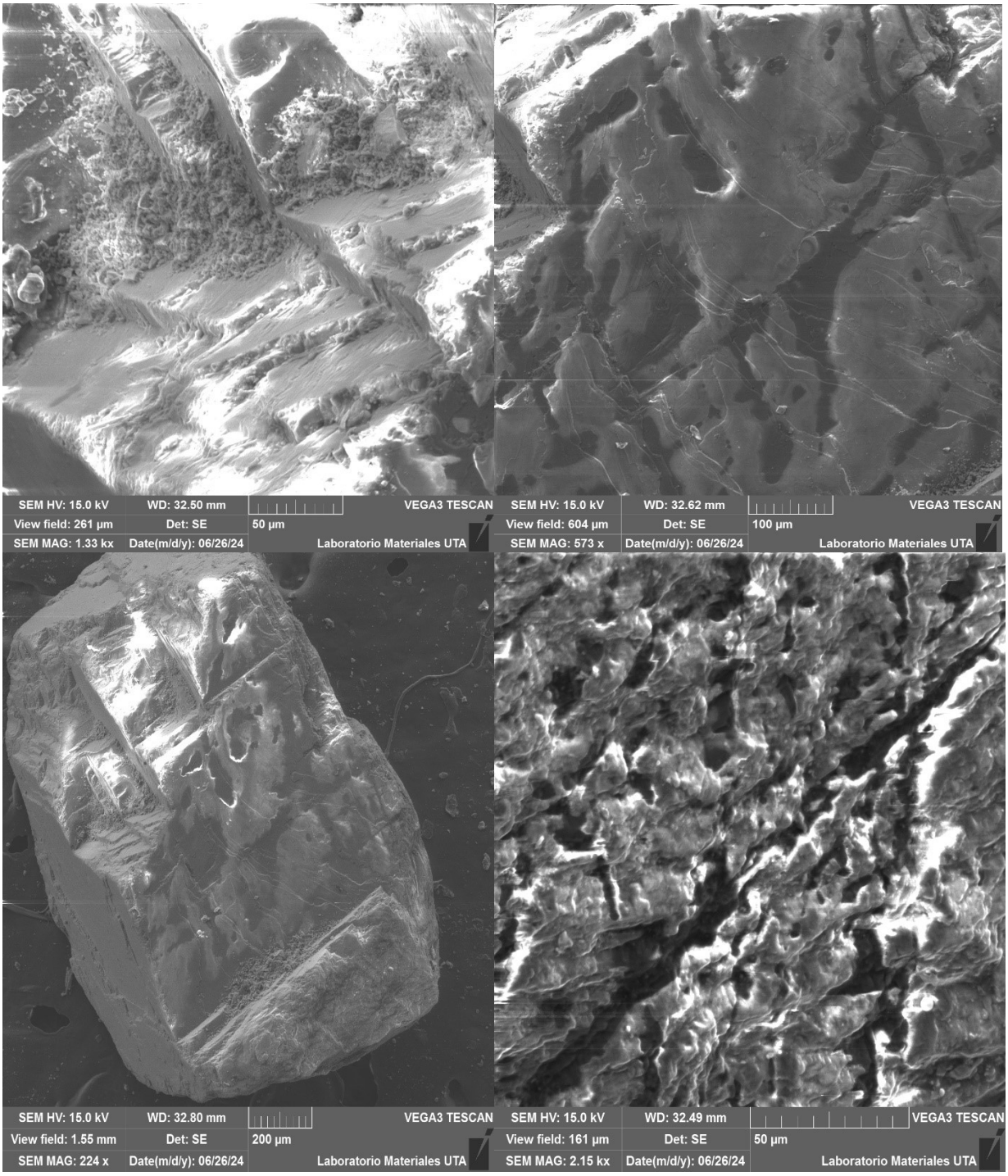


Gráfico 50. Resultados de ensayo SEM (arena de cuarzo)

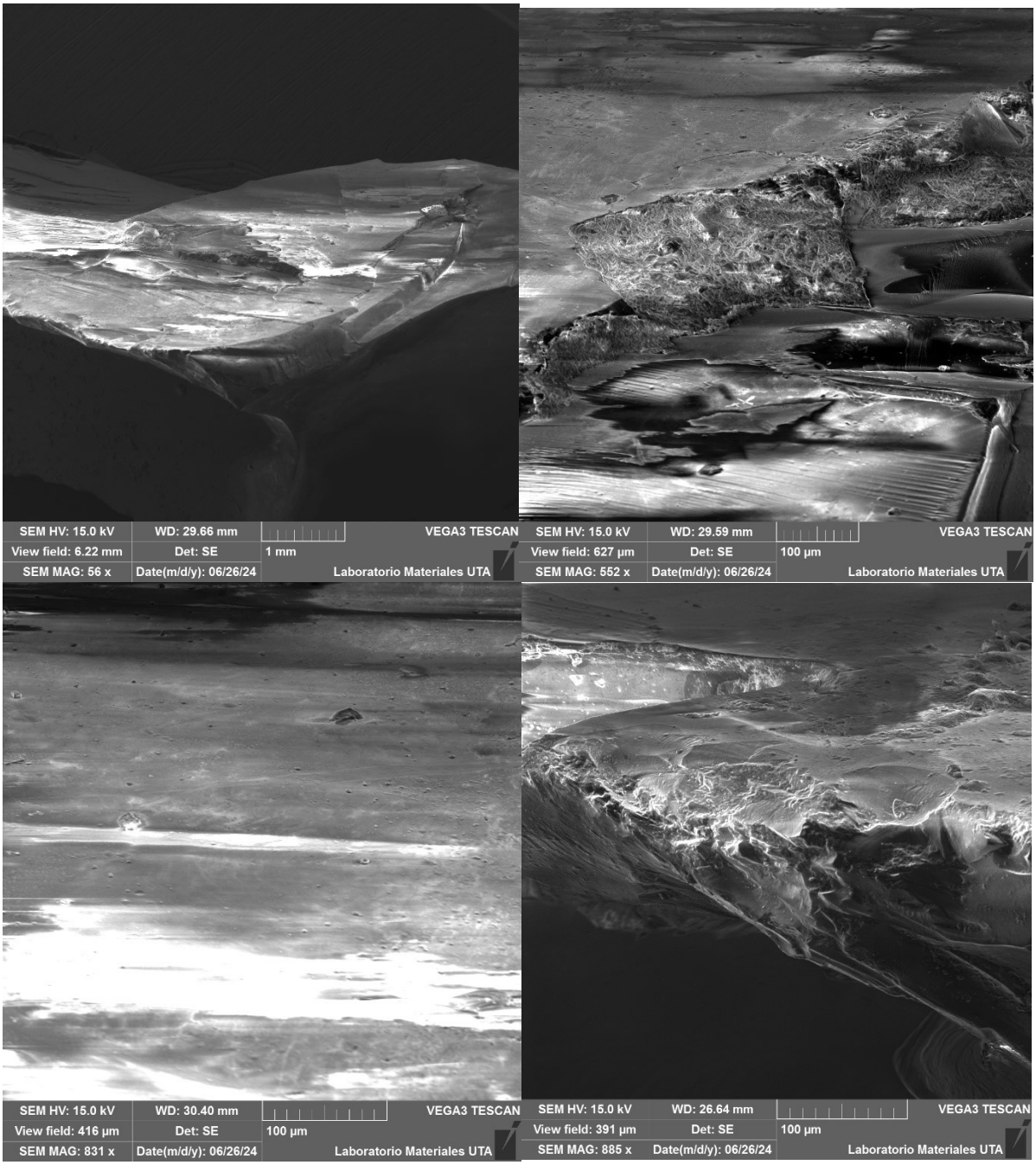


Gráfico 51. Resultados obtenidos por ensayo SEM (Cuarzo)