

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Resistencia a la Compresión de un Concreto
Autocompactante $F'_c=210$ Kg/cm² sustituyendo el cemento
por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Camones Espinoza Jhonni Farfán

Asesor:

Solar Jara Miguel Ángel (orcid.org/0000-002-2361-2064)

Chimbote – Perú

2023

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE	2
ÍNDICE DE TABLAS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS	iii
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA.....	31
2.1. Tipo y diseño de investigación	31
2.2. Población y muestra.....	32
2.3. Técnicas e Instrumentos de Investigación	32
III. RESULTADOS	35
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
VII. AGRADECIMIENTO	63
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
Anexo 01	70
Anexo 02	72
Anexo 03	74
Anexo 04	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites permisibles para el agua de mezclado y curado. Norma NTP 339.088	21
Tabla 2. Características del mármol	23
Tabla 3. Características físico mecánicas del mármol	24
Tabla 4-. Características físico mecánicas del mármol y mármol Travertino	24
Tabla 5. Composición química del mármol	24
Tabla 6. Conceptuación y operacionalización de variables	28
Tabla 7. Diseño de investigación	31
Tabla 8. Diseño de investigación	32
Tabla 9. Composición química del polvo de mármol mediante el ensayo de fluorescencia de rayos X (FRX).	35
Tabla 10. Ensayo de resistencia a la compresión de concreto patrón a los 07 días	37
Tabla 11. Ensayo de resistencia a la compresión de concreto patrón a los 14 días	38
Tabla 12. Ensayo de resistencia a la compresión de concreto patrón a los 28 días	39
Tabla 13. Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con adición de 10% de polvo de mármol a los 7 días	40
Tabla 14. Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con sustitución de 10% de polvo de mármol a los 14 días	41
Tabla 15. Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con sustitución de 10% de polvo de mármol a los 28 días	42
Tabla 16. Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con sustitución de 15% de polvo de mármol a los 7 días	43
Tabla 17. Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con sustitución de 15% de polvo de mármol a los 14 días	44
Tabla 18. Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con sustitución de 15% de polvo de mármol a los 28 días	45
Tabla 19. Análisis comparativo de resistencia a la compresión de concretos a los 7 días	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mármol en estado natural	22
Figura 2. Ensayo a compresión de concreto patrón a los 07 días	37
Figura 3. Ensayo de resistencia a la compresión de concreto patrón a los 14 días	38
Figura 4-. Ensayo de resistencia a la compresión de concreto patrón a los 28 días	39
Figura 5. Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con adición de 10% de polvo de mármol a los 7 días	39
Figura 6. Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con sustitución de 10% de polvo de mármol a los 14 días	40
Figura 7. Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con sustitución de 10% de polvo de mármol a los 28 días	40
Figura 8. Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con sustitución de 15% de polvo de mármol a los 7 días	41
Figura 9. Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con sustitución de 15% de polvo de mármol a los 14 días	41
Figura 10. Análisis comparativo de resistencia a la compresión de concretos a los 7 días	47
Figura 11. Análisis comparativo de resistencia a la compresión de concretos a los 14 días	47
Figura 12. Análisis comparativo de resistencia a la compresión de concretos a los 28 días	47
Figura 13. Análisis comparativo de resistencia a la compresión de concretos a los 28 días	50

Palabras claves:

Tema	:	Resistencia a la Compresión
Especialidad	:	Ingeniería del Concreto

Key Word:

Tema	:	Compressive Strength
Especialidad	:	Concrete Engineering

Líneas de Investigación - OCDE

Líneas de Investigación	:	Construcción y Gestión de la Construcción
Área		Ingeniería civil
Sub – Área		Ingeniería civil
Disciplina		Ingeniería civil

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "**Resistencia a la Compresión de un Concreto Autocompactante $F'c=210$ Kg/cm² sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023**" del (a) estudiante: **CAMONES ESPINOZA JHONNI FARFAN**, identificado(a) con Código N° **1413100297**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **29%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 11 de enero de 2024

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



NOTA: Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

TÍTULO

Resistencia a la Compresión de un Concreto Autocompactante $F'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general Determinar la Resistencia a la Compresión de un Concreto Autocompactante $F'c=210$ Kg/cm² sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023, la hipótesis consistió en que la sustitución del cemento por 10% y 15% con polvo de mármol incrementa significativamente la Resistencia a la compresión de un Concreto Autocompactante $F'c=210$ Kg/cm². El tipo de investigación fue aplicada, experimenta en el diseño, la muestra lo conformaron 36 probetas de concreto, se aplicó la observación y la ficha de registro de dato como instrumento. Se concluyó que la sustitución de cemento por 10% de polvo de mármol genera mayor resistencia a la compresión con 239.39 kg/cm², para el concreto patrón 215.61 kg/cm², y, 180.00 kg/cm² para el concreto con sustitución de cemento por 15% de polvo de mármol. Se determinaron las propiedades físicas y mecánicas, y la composición química del polvo de mármol. El peso específico del polvo de mármol promedio obtenido en 90% de cemento y 10% de mármol fue 3.161 gr/cm³ y, en 85% de cemento y 15% de polvo de mármol fue 3.351 gr/cm³. La relación A/C del concreto patrón fue 0.684 para los tres casos.

Palabras claves: Resistencia a la compresión, concreto autocompactante, polvo de mármol, sustitución de cemento, composición química, propiedades físicas y mecánicas.

ABSTRACT

The general objective of this research was to determine the Compressive Strength of a Selfcompacting Concrete $F'_c = 210 \text{ Kg} / \text{cm}^2$ replacing cement by 10% and 15% with marble powder, Chimbote 2023, the hypothesis was that the replacement of cement by 10% and 15% with marble powder significantly increases the Compressive Strength of a Selfcompacting Concrete $F'_c = 210 \text{ Kg} / \text{cm}^2$. The type of research was applied, experiments in the design, the sample was made up of 36 concrete specimens, observation and the data record sheet were applied as an instrument. It was concluded that the substitution of cement by 10% marble powder generates greater compressive strength with $239.39 \text{ kg} / \text{cm}^2$, for standard concrete $215.61 \text{ kg} / \text{cm}^2$, and, $180.00 \text{ kg} / \text{cm}^2$ for concrete with cement substitution by 15% marble powder. The physical and mechanical properties and chemical composition of the marble powder were determined. The specific weight of the average marble powder obtained in 90% cement and 10% marble was $3,161 \text{ gr/cm}^3$ and, in 85% cement and 15% marble powder was $3,351 \text{ gr/cm}^3$. The A/C ratio of the standard concrete was 0.684 for all three cases.

Keywords: Compressive strength, self-compacting concrete, marble powder, cement substitution, chemical composition, physical and mechanical properties.

I. INTRODUCCIÓN

Con la finalidad de conocer el estado actual de la resistencia a la compresión de un tipo de concreto autocompactante patrón cuando se le sustituye el cemento en peso por polvo de mármol, se han estudiado y analizado diversas investigaciones antecedentes internacionales , nacionales y locales, en ese sentido, se ha estudiado la investigación internacional de Moreno et al (2022) en la tesis de grado denominada “Residuos de mármol en materiales para la construcción: una revisión del uso del polvo de mármol en morteros, concretos y ladrillo” realizada en la Universidad Autónoma de Coahuila, México; se trazaron el objetivo de revisar los trabajos en donde se usaron el polvo de mármol como sustitución del cemento y otros elementos constructivos. El estudio fue descriptivo y documental. Encontraron resultados como que el polvo de mármol ha sido utilizado como suplente en parte del cemento en proporciones no mayores del 10-15%, que la añadidura de polvo de mármol aumenta la resistencia a la compresión en morteros, concretos y la fabricación de ladrillos. La reducción de la cantidad de cemento usado en el concreto y morteros proyecta una reducción de costos, porque la diferencia del valor comercial respecto al polvo de mármol es mayor en el cemento, usar el polvo de mármol en la fabricación de ladrillos disminuye el costo de las piezas. Concluyeron que en el caso del concreto se ha comprobado que es proporcional la pérdida de resistencia con el incremento de la sustitución de polvo de mármol. Encontraron que la porcentualidad máxima de añadidura de polvo de mármol por cemento es del 10 % para que la resistencia no sea afectada. Para la aplicación de polvo de mármol en concreto se concluye que fue similar que, en la aplicación de polvo de mármol en ladrillos, esto significa que la resistencia a compresión con porcentajes bajos de polvo de mármol no se ve afectada.

En la investigación antecedente de Chochos y Jácome (2020) en la tesis de grado titulada “Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas entre el hormigón tradicional y el hormigón con inclusión de residuos de mármol” ejecutada en una universidad ecuatoriana; se trazaron el objetivo de analizar las

propiedades mecánicas y físicas del concreto hecho con residuos de mármol en el espacio estudiado. Aplicó tipo de estudio experimental y documental, método inductivo, deductivo y aplicada. Encontró como resultados que las mezclas cumplieron satisfactoriamente con la resistencia a la compresión especificada de 21MPa para 28 días, la composición que no logró la resistencia fue la denominada RAM75, esto se debió a la cantidad de finos que tuvo la arena de mármol, la cual afectó de manera significativa a la resistencia a la compresión, no obstante, para 56 días llegó a 21.26 MPa. Este incremento de la resistencia fue porque la composición de cemento fue de tipo puzolánico. Concluyó que el aditivo adicionado al concreto le dio más trabajabilidad a la mezcla porque la resistencia en los primeros días de la elaboración del concreto disminuyó.

También se ha analizado la investigación de Izquierdo, Soto y Ramalho (2018) en el artículo científico en donde se plantearon el objetivo general determinar las características mecánicas y físicas del concreto utilizando polvo elaborado de compuestos desechados de origen orgánico. El estudio fue experimental. Los resultados indicaron que el hormigón presentó superior resistencia a la compresión que el hormigón que tuvo inferior cantidad de cemento (proporción a/c de 15:1), que las mezclas de 5% de polvo y razón a/c de 10:1 presentaron valores mayores al 2,1% superiores a la resistencia a la compresión del concreto patrón. Las mescolanzas ricas en cemento que tuvieron razón a/c de 6:1 con reemplazo de polvo de hasta un 10% tuvieron mejor desempeño mecánico, 13% superior, en relación al hormigón padrón. Concluyeron que el polvo orgánico como material de relleno en el hormigón puede sustituir parte del cemento debido a que se pueden lograr hormigones más resistentes y densos y con menor absorción específica e índice de vacíos.

Asimismo, a nivel nacional, **Villanueva (2022)** en la tesis de grado desarrollada en una universidad nacional, se planteó como objetivo principal realizar el establecimiento de la influencia del polvo de mármol en función a las características de concreto autocompactante. Aplicó enfoque cuantitativo, tipo aplicada de nivel explicativa, diseño de la investigación experimental. Trabajó

con una población conformada por el diseño de mezcla en donde se usó concreto con característica de auto compactación, relación entre agua y cemento de 0.45, TMN ½” adicionado con polvo de mármol, las cantidades aplicadas fueron 5%,10% y 15% con relación a la materia prima con características de auto compactación. Tuvo como resultado que suplir el material con características de auto compactación por polvo de mármol en porcentajes de 0%, 5%,10% y 15%, influyó de manera significativa en las características del concreto en estado fresco (habilidad para rellenar espacios de construcción, característica de fluidez, capacidad de paso, tiempo en que el concreto es fraguado y capacidad de absorción de aire), que sustituir el material con características de auto compactación por polvo de mármol en varias cantidades porcentuales (0%, 5%,10% y 15%) influyó de forma significativa en la propiedad de resistencia a la compresión. Concluyó que el estudio de laboratorio permitió mostrar que producir concreto con características de auto compactación con cemento Andino y con reemplazo en varias mezclas con polvo de mármol mejoraron las propiedades del concreto que producir con cemento Inka.

También se ha analizado la investigación de **Briceño y Navarro (2021)** en la tesis realizada en una universidad de Trujillo, Perú; se trazó el objetivo general de evaluar cuantitativamente la influencia del polvo de mármol reciclado en las características físicas del concreto en estado fresco y concreto duro diseñado a $f'c=175$ y $f'c=210$ kg/cm². Aplicó enfoque cuantitativo, de diseño experimental. Aplicó dosificación ACI 211. Tuvo como resultado que la aplicación del polvo de mármol incrementó más la característica estructural de la resistencia a la compresión cuando se añadió 1.5% de polvo de mármol. El asentamiento disminuyó cuando se le agrego polvo de mármol reciclado a los concretos, pasando de 4” desde concreto patrón hasta a 2.73” para concretos con 2% de polvo de mármol. Concluyó que la resistencia obtenida con mayor valor estudiada fue con el 1.5% de polvo de mármol reciclado adicionado, el peso unitario se incrementó ligeramente hasta el 1.0% de polvo de mármol reciclado adicionado a las mezclas de concreto 175 kg/cm² y 210 kg/cm². Concluyó

además que la cantidad óptima de mármol reciclado fue 1.5% debido a que se obtuvo la mejor resistencia a la compresión, un asentamiento adecuado dentro del diseño de mezcla de cemento, agregados, aditivos, etc., elaborado y un peso por unidad dentro de lo solicitado.

En la misma dimensión nacional, se estudió la investigación antecedente de Huamán y Maza (2021) en la tesis de grado desarrollada en una universidad en Lima, Perú; los investigadores se trazaron el objetivo de realizar la determinación cuantitativa y porcentual de a materia prima, tales como, polvo de mármol, agregados y aditivos superplastificantes con el propósito de perfeccionar las características mecánicas y físicas de un con características de auto compactación en el espacio de estudio; el estudio fue documental, bibliográfica y descriptiva, aplicaron el método deductivo de enfoque cuantitativo, tipo de investigación exploratorio, de diseño experimental. La población de esta investigación estuvo conformada por mezclas cementicios, la muestra fue estructurada por 225 probetas de concreto. Tuvo como resultados que la adición del polvo de mármol aumentó de manera significativa a la resistencia a la compresión de un concreto con características de auto compactación, se encontró que la adecuada dosis y sustitución de polvo de mármol permitieron incrementar hasta el 19% en la resistencia a la compresión con relación a la muestra control, en la adición de 10% de polvo de mármol. Se identificaron resistencias superiores de 791 kg/cm² y 617 kg/cm² a los 28 días de curado para adiciones del 10% de polvo de mármol. Concluyeron que la adición del porcentaje óptimo porcentaje de polvo de mármol y aditivo superplastificante incrementaron la resistencia a la compresión del concreto autocompactante.

La investigación antecedente de Arimana y Taquiri (2020) en la tesis de grado desarrollada en una universidad de Lima Perú; se trazaron el objetivo general de realizar la evaluación de la resistencia a la compresión y flexión del concreto patrón adicionando cantidades porcentuales de 5%, 10%, 15% de residuos de mármol. El estudio fue aplicado, trabajó con datos numéricos, es decir, con

enfoque cuantitativo, el estudio implicó hacer diseño con experimento. La población lo constituyó el concreto de resistencia patrón con resistencia a la compresión de 210 kg/cm² y concreto con adición de mármol. Trabajó con probetas de concreto patrón con porcentualidades de (5%, 10%, 15%) de adición de mármol. Tuvo como resultados que la característica de la resistencia a la compresión del concreto patrón con adición del 5%, 10%, 15% de residuos de mármol fue que, concreto con adición de 15% incremento la resistencia a la compresión en 18.3% en función al concreto patrón. La resistencia indicada del concreto patrón en 28 días fue 222.2 kg/cm². Del concreto con 5% de restos de mármol en 28 días fue 232.8 kg/cm², tuvo incremento de 4.8%. La resistencia a la compresión del concreto con adición del 10% fue 239.9 kg/cm², con incremento de 8%. La resistencia a la compresión del concreto con la adición de 15% fue 262.8 kg/cm², en este caso el incremento fue 18.3% en función al concreto patrón. Concluyó que la adición porcentual de residuos de mármol incrementó la resistencia a la compresión del concreto.

El estudio de Goicochea e Inga (2018) en la tesis de grado titulada “La marmolina y su influencia en las características estructurales de concretos de alta resistencia $f'c = 350$ kg/cm² y $f'c = 400$ kg/cm² para la ciudad de Trujillo” desarrollada en la Universidad privada Antenor Orrego, Trujillo Perú; se trazaron el objetivo de establecer la influencia de marmolina en las propiedades de concreto, de resistencia $f'c = 350$ kg/cm² y 400 kg/cm² en estado fresco y endurecido. El estudio fue cuantitativo, trabajaron con población de 176 probetas de concreto; 44 de 350 kg/cm², 44 de 350kg/cm² con 10% de marmolina, 44 de 400 kg/cm² y 44 de 400 kg/cm² con 10% marmolina, aplicaron método ACI. Tuvo como resultado que la adición de marmolina, el peso unitario se incrementó debido a que este material llena los espacios vacíos volviéndolo más compacto, se encontró que la marmolina no interfiere directamente con la temperatura del concreto. Que la adición de 10% de marmolina a la mezcla del concreto incrementó la resistencia a la compresión en 10% en los dos patrones

investigados en 28 días. Concluyeron que la adición de marmolina en ambos patrones de concreto incrementó la resistencia a la compresión en 10%.

La investigación de Quiliche, Jharol Sthiward (2018) en la tesis de grado elaborada en una universidad norteña, específicamente en Trujillo, Perú; se planteó el objetivo de realizar la evaluación de la influencia de adicionar polvo de mármol con adición de un superplastificante en la resistencia a la compresión, del concreto con características de auto compactación. Trabajó investigación experimental, de diseño bifactorial, trabajó con la población de concreto autocompactante y con muestra de 189 probetas de concreto. Tuvo como resultados un aumento en la resistencia a la compresión de 12 % y 13 % a los 28 y 56 días de 418 Kg/cm² y 451 Kg/cm², con referencia a la patología la porosidad, se evidenció mejoras significativas en las propiedades de resistencia con un valor de 10 %, en ese sentido, se evidenció relación directa con el aumento de la resistencia a la compresión explicado por la presencia de baja porosidad y capacidad de absorción, logrando que el concreto de auto compactación configure un concreto de considerable duración. El adicionar polvo de mármol incrementó la resistencia a la compresión, los valores de resistencia a la compresión encontrados en el laboratorio a los 28 y 56 días de 438 Kg/cm² y 519 Kg/cm², generando un aumento de 17 % y 30 % a los 28 y 56 días de curado, con referencia a la porosidad, se encontró 8 %, en función a ello se estableció que el polvo de mármol se constituyó como una adición que mejoró las características estructurales del concreto en duraciones de curado superior a los 28 días. Concluyó que adicionar polvo de mármol aumenta la resistencia a la compresión del concreto.

En la finalidad de comprender el estado actual de las investigaciones similares al presente estudio en el ámbito local, se ha estudiado la investigación antecedente de Naveda y Muñoz (2019) en la tesis de grado desarrollada en la Universidad César Vallejo, Chimbote, Perú; se trazaron como objetivo principal establecer la resistencia de compresión sustituyendo porcentaje de arcilla con ceniza por peso de cemento. Trabajo investigación cuasi experimental con grupos control y

experimental, la población estuvo conformado por 45 tubos o recipientes de concreto delineadas para resistir la compresión de 210 kg/cm²; trabajó con diseño de mezcla y en donde implicó sustituir cemento por la combinación de un 10% de arcilla con 5% de ceniza de concha de abanico y por la combinación de 10% de arcilla con 10% de la ceniza indicada. La técnica aplicada fue la observación, mientras que el instrumento fueron los protocolos estandarizados por la normativa. Encontraron que la resistencia a la compresión del concreto patrón a los 28 días fue de 216 kg/cm². La resistencia a la compresión del concreto con adición de 15% fue de 225.5 kg/cm², la resistencia en el concreto con 20% no cumplió con la resistencia requerida a los 28 días, esto se debió a que se tuvo 205.7 kg/cm². 5. Mientras que la resistencia con renovación de cemento por 10% de arcilla más el 5% de ceniza de concha tuvo mayor resistencia, y la mezcla de diseño de 10% de arcilla, con adición de 10% de ceniza de concha entre 7, 14 y 28 días fue menor. Concluyeron que la resistencia a la compresión en el reemplazo el 10 % de arcilla más 5% de la ceniza de concha fue superior a la resistencia estudiada del concreto patrón y de la resistencia a la compresión reemplazando el 10 % de arcilla más el 10% de ceniza de concha no consiguió ser mayor a la resistencia a la compresión del concreto patrón.

Fundamentación Científica. La actual investigación se fundamenta en los principios básicos de la Ingeniería Civil, así como en la tecnología del concreto, y también en los fundamentos teóricos de la resistencia a la compresión del concreto añadido con polvo de mármol.

Resistencia a la Compresión del concreto. La resistencia a la compresión del concreto es una propiedad mecánica de la misma, el valor de esta propiedad, depende de los tipos de materiales y sus respectivas calidades que se usan en el diseño del concreto, así como de los siguientes factores: materiales que lo componen, la relación de agua y cemento utilizada, tamaño máximo de los agregados, la edad del concreto, etc. de acuerdo con la literatura científica, existen tres factores están concatenados con la microestructura de concreto y que pueden afectar a la variable resistencia, estos son, tamaño de los cristales, la

porosidad, así como la heterogeneidad (Hernández et al, 2018; Wendner et al, 2014).

La resistencia a la compresión es considerada como una característica muy importante del concreto por presentar características favorables para la industria de la construcción, tales como la durabilidad y la permeabilidad, la resistencia a la compresión es la capacidad del concreto de resistir cargas o fuerzas sobre dicho concreto (Mastali & Dalvand, 2017; Aspilcueta, 2015). También se puede entender cómo una medida de mayor valor o máxima de la resistencia del concreto sometido a una fuerza externa, esta variable es calculada mediante ensayos en el laboratorio, en donde una probeta de concreto es sometida a una fuerza hasta que el concreto presente fisuras o roturas, estas pruebas se realizan con la finalidad de determinar que el concreto demuestre que pueda soportar cargas o resistencias a la compresión contemplada en el proyecto de construcción. Para efectos de computar la resistencia a la compresión se aplica la siguiente fórmula cuando el concreto tiene la forma cilíndrica (Rivva, 2014; Metha y Monteiro, 2013):

$$f'_c = \frac{F}{\pi d^2 G}$$

Donde:

F': Hace referencia a la Resistencia en que se rompe el concreto (kg/cm²).

G: Hace referencia a la carga máxima de rotura (kg).

D: Es el diámetro de la probeta (cm).

Concreto autocompactante. Se denomina concreto autocompactante a un concreto de alta fluidez, la misma que puede ser puesto por su propio peso, este tipo de concreto tiene la capacidad de llenar los encofrados sin la necesidad de aplicar vibración, a pesar de ello, logra adecuada solidez, sin producir exudación ni segregación. (Okamura & Ouchi, 2003; Okamura, 1997).

También se define como que es en concreto convencional con la adición de superplastificante, la diferencia que presenta con los concretos convencionales

consiste en que no requiere de que en el proceso constructivo se realice el proceso de vibración, esto es porque en el caso de concreto con características de auto compactación se acomoda por su propio peso y presenta la característica de ser bastante impermeable. (Neville y Brooks, 2010; Okamura et al, 2000).

El concreto con características de auto compactación es una clase de concreto que tiene la capacidad de fluir dentro del encofrado, este concreto se llena de forma natural, se consolida gracias a su propio peso, no requiere de ningún proceso de compactación o de vibración, tampoco concreto en estado endurecido porque dispone de homogeneidad como comportamiento mecánico, así como también durabilidad (Chután, 2004; Steven et al, 2004).

Propiedades del concreto autocompactante. Este tipo de concreto tiene propiedades específicas lo cuales los obtiene con la adición de aditivos, los cuales pueden ser reductores de agua que dispongan considerable nivel para que pueda minimizar las cantidades de agua y los materiales ya que de esta forma garantiza la fluidez de la mezcla, asimismo puede tener un tipo de aditivo que avale la viscosidad del concreto recién elaborado, cuyo propósito es minimizar la segregación y la pérdida de concreto (Álvarez, 2014; Ambrosie y Pera, 2001).

Aplicaciones del concreto autocompactante. El concreto autocompactante puede utilizarse en construcciones prefabricadas, las edificaciones y cualquier obra civil en general, el uso de este tipo de concretos, ayuda a construir estructuras esbeltas, la misma que es complejas obtenerla con procesos constructivos actuales o normales (Álvarez, 2014). Puede Contribuir positivamente en los procesos constructivos actuales, tales como procesos de compactación, Si la compactación se minimiza, el proceso constructivo puede ser racionalizado, así como también nuevos procesos de construcción pueden ser desarrollados, en donde se tenga en cuenta los encofrados, soportes, encofrados, diseños estructurales, etc. (Okamura & Ouchi, 2003). También puede ser utilizado en la construcción de estructuras bastante complejas, en donde puede ser difícil trabajar con concreto no fluido, este tipo de concreto, también puede ser utilizado

en el proceso constructivo de represas, bloques de concreto, túneles, fuentes, diversos tipos de tuberías, columnas, bóvedas, etc. (Chután, 2004).

Ventajas del concreto autocompactante. El concreto autocompactante presenta las siguientes ventajas, ayuda en la reducción el proceso de echar el concreto en la cavidad del encofrado, minimiza el tiempo y costo de mano de obra, así como de la maquinaria necesaria para realizar el proceso constructivo con concretos, perfecciona la compactación en refuerzo y adherencia, contribuye con el mejoramiento en el proceso de realizar el acabado en la superficie de las estructuras, ayuda en la eliminación de resanado de superficies, facilita considerablemente la colocación del concreto en estructuras bastante complejas y densamente armadas, contribuye en la mejora de las durabilidad de la estructura debido a que no deja espacios vacíos o poros, otorga mayor resistencia a la compresión con la misma cantidad de aglomerante, ayuda en el bosquejo dando mayor libertad al arquitecto en el diseño estructural, este tipo de concreto fluye en áreas de encofrado más reducidas, ayuda en la reducción de la contaminación por ruido debido a que no es necesario el uso de vibradores, así como también ayuda en la reducción de riesgos que puedan afectar la salud de los operarios (Serrano, 2010; Okamura & Ouchi, 2003).

Desventajas del concreto autocompactante. Asimismo, este tipo de concreto, también presenta desventajas, y son los siguientes, requiere de un estricto control en el proceso de dosificación, caso contrario el concreto puede generar segregación y exudación, otra desventaja consiste en que se pueden generar juntas frías cuando durante el proceso de vaciado se descuida su continuidad (Efnarc; 2002; Ambrosie y Pera, 2001).

Concreto. Se define en concreto como un material consistente o muy sólido compuesto por diversos materiales, tales como agua, agregados los cuales pueden ser grueso o fino, cemento de un determinado tipo. El concreto sin acero en su interior es reconocido como concreto ciclópeo, con acero en su interior es conocido como concreto estructurado (Omary, et al, 2016; Rivva, 2015).

Diseño de mezcla. Se entiende como diseño de mezcla al proceso en dónde se elabora una determinada dosificación considerada como óptima en la combinación de materia prima que se utiliza en el proceso de fabricación del concreto, para conseguir un adecuado diseño de mezcla de concreto, se debe tener en cuenta, las especificaciones técnicas del proyecto a la cual se le va a aplicar el concreto. Una de las normas bastante utilizadas en el diseño de concreto es la norma ACI (Abanto, 2017; Mehta, 2000).

Cemento. Es conceptualizado como un material de construcción que se presenta en forma de polvo gris, y que, mezclado con el agua, agregados y aditivos de acuerdo a un diseño preestablecido, logran propiedades estructurales mecánicas adecuadas para la construcción civil. Por lo tanto, al cemento se le considera como un aglomerante porque logra cohesionar a todos los materiales que conforman el concreto. (Rivva, 2014). Para el diseño de un concreto con características de auto compactación se usa cualquier clase de cemento, aunque, el uso del cemento adecuado está sujeto al trabajo que va a realizar el concreto, la finura, la disponibilidad del cemento en el mercado y la calidad del concreto que requiere el diseño, es decir, la resistencia a la compresión, la trabajabilidad y duración del concreto (Álvarez, 2014). Por otro lado, el diseño de concreto debe cumplir con la Norma Técnica Peruana NTP 334.009 o la Norma Técnica Americana ASTM C150 (ASTM, 2009).

Características del cemento. Finura: Es una propiedad del cemento que determina en la liberación de calor, así como en la rapidez del proceso de hidratación, la propiedad de finura del cemento, cuando es mayor propicia mayor velocidad e hidratación lo cual conduce a un mejor desarrollo de la resistencia, en este caso se debe cumplir con la norma ASTM C325, C430 (Neville y Brooks, 2010).

Consistencia: La consistencia del cemento hace referencia al movimiento relativo o dinámica interna del concreto recién elaborado, al concreto de cemento con mortero elaborado recientemente, esto se refiere a la capacidad de fluir del concreto, la cual le da ciertas características para la trabajabilidad en el proceso

de construcción con el concreto, esta característica del concreto tiene que cumplir necesariamente con lo estipulado en la norma ASTM C230 (Mehta, 200; Pasquel, 1998).

Fraguado: El fraguado es una propiedad del cemento que se relaciona con la dureza y con la reducción de la propiedad de la flexibilidad plástica del concreto. la rapidez con que se endurece el concreto se denomina velocidad de fraguado, la misma que está normada, Por lo tanto, estas normas establecen un tiempo desde el inicio de la elaboración del concreto hasta el final del proceso de fraguado. esta propiedad debe cumplir la norma ASTM C150 (Mehta, 200; Pasquel, 1998).

Resistencia a la compresión: Esta característica estructural del concreto hace referencia a la habilidad de poder soportar fuerzas o cargas sobre la superficie del concreto, generalmente esta característica o propiedad es medida a los 7, 14, 21 y 28 días, esta propiedad orienta del uso que se debe dar al concreto, siendo el concreto patrón con una resistencia de compresión de 210 Kg/cm² el más utilizado en la industria de la construcción. Para calcular este tipo de propiedad se efectúa el ensayo de compresión cumpliendo con lo señalado por NTP 339.034 (Hernández et al, 2018).

Agregados. Los agregados que se utilizan en elaboración del concreto son definidos como partículas de rocas o pétreas que tienen un origen generalmente natural, que presentan un determinado tamaño o dimensión y que están limitadas por la NTP 400.037 (Garavito, 2017). Los agregados pueden ser finos o gruesos, para el caso del concreto autocompactante se utilizan los mismos tipos de agregados usados en el concreto de tipo convencional; para el concreto autocompactante se utiliza una cantidad de agregados gruesos menor o igual en cantidad que el agregado que se usa en la elaboración del concreto, en ese sentido, la relación de agregado fino con la totalidad de áridos o agregados existe importancia significativa debida a las propiedades puedan mejorar al aumentar dicha relación; cuando el contenido de agregado grueso supera cierto límite, la

mezcla es bloqueada muy aparte del contenido de viscosidad del concreto (Okamura & Ouchi, M, 2003; Gutiérrez, 2003).

Clasificación de los agregados. Debido a que los diseños de concretos pueden variar en función de la resistencia a la compresión deseada, los agregados desequilibran en elaboración del concreto, pueden ser clasificados de acuerdo al tamaño considerados como partículas menores y mayores de 4.75mm (Tamiz N° 4), Las cuales pueden ser agregado de piedra o grueso y agregado de arena también denominado fino (NORMA TÉCNICA PERUANA, 2015). Agregado fino: Se le define como un conjunto de partículas generados por acción natural denominado disgregación, aunque también puede ser por proceso artificial, el agregado fino pasa generalmente al 100% el tamiz normal de 9.5mm (Tamiz 3/8") de acuerdo con la Norma NTP 400.011, asimismo, debe cumplir con los límites alcanzados por la norma ASTM C33 y NTP 400.037 (NORMA TÉCNICA PERUANA, 2015).

El uso del agregado fino en el proceso de elaboración el concreto autocompactante tiene que cumplir con lo establecido de forma similar para el concreto convencional, esto significa que las partículas de los agregados deben estar muy limpias, libre de contaminantes y polvos, materia orgánica, materia salina, entre otras partículas que pueden ser dañinos para la estructuración del concreto que sea. para el concreto a autocompactante se debe tener en cuenta que el contenido de arena fina debe tener un tamaño entre 0.074 mm (tamiz N° 200) y 4.75 mm (tamiz N° 4), la cantidad adecuada o deseada de agregado fino debe estar entre 40 % a 50 % teniendo en cuenta siempre las propiedades del concreto. Las partículas del agregado cuando son menores a 0.150 mm (malla N° 100) son considerados como finos (EFNARC, 2002). En la elaboración de un concreto autocompactante, en el proceso se desarrolla con cuidado adecuado el contenido de humedad del agregado fino (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2016).

Agregado grueso. El agregado es definido como aquí el agregado que puede ser retenido en su totalidad por el tamiz regulado 4.75mm (Tamiz N° 4) además debe

cumplir los límites señalados en la norma ASTM C33 y NTP 400.037 de acuerdo con la Norma NTP 400.011 (NORMA TÉCNICA PERUANA, 2015). Para el caso de la elaboración de un concreto autocompactante existen limitaciones en cuanto al uso del agregado grueso con el propósito de alcanzar una mezcla conveniente y uniforme y, de esta manera, evitar problemas de bloqueo para que la masa pueda fluir en estado fresco por las cavidades del encofrado (Sánchez, 2014). En ese sentido, el tamaño máximo normal del agregado grueso tiene que estar entre 16 y 20 mm; no obstante, de acuerdo con las revisiones de investigaciones antecedentes, se ha podido encontrar el que en la elaboración del concreto y autocompactante se han empleado agregado por esos cuyas partículas tenían un tamaño de hasta 40 mm.

Para el proceso de elaboración del concreto autocompactante se debe tener en cuenta la consistencia de la granulometría ya que es de importancia, se debe tener en cuenta que el agregado grueso y la elaboración del concreto presentan tendencias que mejorar la resistencia debido a la cohesión sólida de las partículas angulares, por el contrario, en agregados gruesos redondeados mejora en el flujo y a qué presentan menos fricción interna. la mezcla de los agregados que presentan granulometría discontinua ha demostrado ser mejores que los que presentan granulometría continúa, esto se explica porque experimentan mayor fricción interna, pero pueden reducir el flujo. (Efnarc, 2002).

Propiedades físicas de los agregados. Estas propiedades de los agregados se consideran como de gran importancia, las propiedades consideradas para esta investigación son el peso específico, porosidad, distribución volumétrica y la humedad de las partículas o granulometrías. Estas propiedades deben ser determinadas mediante el ensayo o pruebas en laboratorio con la finalidad de que sean comparadas con valores referenciales previamente establecidos para un determinado tipo de diseño de mezcla, estas propiedades físicas sirven como indicadores que van a configurar la capacidad de las resistencias o propiedades estructurales de importancia como las mecánicas del concreto (Ferrel y Moreano, 2019; Pasquel, 1998).

Granulometría. Hace referencia a la distribución en función al tamaño de cada una de las partículas que contiene el agregado grueso o fino, estos tamaños de partículas son separados mediante el uso de tamices que viene en diferentes tamaños; El agregado debe tener un cierto tipo de granulometría con la cual se logra una densidad máxima del concreto y con una característica adecuada de trabajabilidad del concreto (Rivva, 2014).

Granulometría del Agregado Fino: Un agregado es granulométricamente fino en función al módulo de finura, esto significa que el tamaño de una partícula de agregado fino debe estar presentar granos finos con tamaños apropiados y señalados por NTP 400.037 o ASTM C 33. (Rivva, 2014). Al agregado fino también se le debe ver como una cantidad suficiente de materia natural que pasa por la malla N° 50 con la finalidad de que el concreto tenga una característica de trabajabilidad adecuada, también debe tener una cantidad máxima de 3% a 5% de partículas que pasen por la malla N° 200 (Rivva, 2014). De acuerdo con la ASTM C33 este tipo de material de la construcción no debe tener más de 45% de materia retenida entre dos tipos de tamices regulados inmediatos, el módulo de finura tiene que ser superior a 2.3 e inferior a 3.1, la variación no tiene que ser más que 0.2 del valor característico de la fuente de donde se ha obtenido el agregado (Steven, et al, 2004; Al-Rousan, 2007).

Granulometría del Agregado Grueso: El tamaño de las partículas de este material, de preferencia, debe ser continúa y contribuir en el logro de la densidad máxima del concreto seguido de una trabajabilidad adecuada teniendo en cuenta las condiciones del trabajo con la mezcla. La granulometría de las Delgado grueso está normado en NTP 400.037 o ASTM C33 en donde se indica que el tamaño de las partículas de este material debe estar equilibrado y nivelado en los límites aceptables (Rivva, 2014).

Módulo de fineza. Este indicador propio de los materiales de tipo finos y gruesos es definido como la sumatoria de las porcentualidades que son detenidos y acumulados de la serie Standard hasta el Tamiz No 100, en donde, esta cantidad es dividida entre 100. El modelo de fineza se aplica a piedra y arena con la

finalidad de caracterizar independientemente a cada agregado OA la mezcla de agregados. el modelo de fineza se fundamenta en que las granulometrías que tengan similar módulo de fineza de tamaño particular demandan similar cuantía de agua en la producción de concreto con igual característica de flexibilidad plástica y resistencia, por lo tanto, el modelo de fineza es un indicador que se debe tener en cuenta en el diseño y control de mezcla, así como también los estándares ASTM C136 y NTP 400.012. (Pasquel, 1998). De acuerdo con la Norma NTP 400.012, el cálculo del módulo de fineza implica la sumatoria porcentual acumulada retenida del material de los siguientes tamices (N°30; N°16; N°8; N°4; 3/8"; 3/4"; 1 1/2"; 3" y 6") para luego dividirlo entre 100 (NORMA TÉCNICA PERUANA, 2015).

Módulo de fineza del Agregado Fino: En el cálculo del módulo de fineza de este material considerado como fino debe aplicarse la siguiente formula:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ ret. acum. } \left(\frac{3}{8}, N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100 \right)}{100}$$

Módulo de fineza del Agregado grueso: En el cálculo del módulo de fineza de este material debe aplicarse la siguiente formula:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ ret. acum. } (3", 1.1/2", 3/4", 3/8", N^{\circ}4)}{100}$$

Peso específico y absorción. Este indicador de los agregados se define como el cociente del peso del agregado entre su propio volumen sin tener en cuenta los espacios vacíos que existen entre estos materiales, este indicador está normado por los estándares internacionales ASTM C127 y ASTM C128 en donde se establece el proceso estandarizado para su cálculo en el laboratorio (NORMA TÉCNICA PERUANA, 2015; Pasquel, 1998).

Cálculo del peso específico del Agregado Fino: Esta propiedad o característica de la muestra simbolizado como (P_{em}) es conceptualizado como la relación a temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario del material agregado (incluye poros permeables y no permeables, no incluye a los poros entre estos materiales); la masa en el aire de igual volumen de agua destilada sin gas (NORMA TÉCNICA PERUANA, 2015; Pasquel, 1998).

$$P_{em} = \frac{A}{B + S - C}$$

Peso específico de agregado saturado con superficie seca (P_{esss}): se le define como la relación, en condiciones de temperatura constante de la masa en el aire de un volumen unitario del material, incluye también a la masa de agua de los poros llenos hasta llenarse por inmersión en agua por un día (no incluyen los poros que pudieran existir entre estos materiales), confrontada con la masa en el aire de un igual volumen de agua destilada sin gas (NORMA TÉCNICA PERUANA, 2015; Pasquel, 1998).

Peso específico aparente (P_{ea}): Este indicador es la relación en condiciones de temperatura constante del agregado en el aire de un volumen unitario de una cantidad impenetrable de agregado, a la masa del aire en la misma cantidad de volumen de agua destilada y que está sin presencia de gas (NORMA TÉCNICA PERUANA, 2015; Pasquel, 1998).

$$P_{ea} = \frac{A}{B + A - C}$$

Donde: A = hace referencia al peso en el aire de la muestra seca en el horno, se mide en gramos. B = Peso del picnómetro llenado de agua, se mide en gramos. C = Hace referencia al peso del picnómetro con la muestra y el agua hasta la marca de calibración, se mide en gramos.

Absorción: El indicador absorción se considera como la capacidad del agregado rellenar con agua a los vacíos que se encuentran en el interior de la partida, la formación se desarrolla por la capilaridad, generalmente no se llega a llenar completamente los poros debido a la presencia de aire que se encuentra en el interior. esta característica es de considerable importancia porque refleja en el concreto la reducción de agua de mezcla, y porque influye en las características de resistencia y trabajabilidad, es necesario que se tenga en cuenta este indicador para realizar las correcciones que se estimen conveniente. Se calcula mediante la siguiente fórmula (Abanto, 2017):

$$\%Absorción = \frac{S - A}{A} * 100$$

Donde: A = Peso en el aire de la muestra seca en el horno, se mide en gramos. S = hace referencia al peso de la muestra saturada seca en la superficie, se mide en gramos.

Peso unitario. Se considera peso unitario a la división del peso del material con el volumen total, abarca a los espacios vacíos (ASTM C29 y NTP 400.017). La Norma ASTM C29 establece un método estandarizado para su evaluación, en el estado de reacomodo de las partículas después de haber sido compactadas en un molde de metal presionándolas mediante 25 golpes con una vara de 5/8" en 3 capas. El valor del peso unitario logrado se aplica en métodos de diseño de mezclas con la finalidad de calcular las proporciones y realizar transformaciones de dosis en pesos a dosis en volumen. Se utiliza la fórmula siguiente (Pasquel, 1998):

$$PU = \frac{A - B}{V}$$

Donde: A: Peso del recipiente más agregado, se mide en kilogramos. B: Peso del receptáculo, se mide en kilogramos. V: Volumen del receptáculo, se mide en m³.

Porcentaje de vacíos. Este indicador es una medida del volumen indicado en forma de porcentaje de los espacios que separa a las partículas de los agregados, qué porcentaje de vacíos depende del acomodo que pueda existir entre partículas, en ese sentido, su valor es relativo, su cálculo está reglamentada por ASTM C29 y NTP 400.017. La fórmula de cálculo es la siguiente (Abanto, 2017):

$$\%Vacios = \frac{((Pem * Da) - PU)}{Pem * Da} * 100$$

Donde: PU: es el peso unitario del material (kg).

Pem: es el Peso específico del agregado.

Da: es la densidad del agua (kg/m³).

Contenido de humedad. Es conceptuado como el volumen cuantitativo de agua que es retenida en un tiempo dado por las partículas del agregado, este indicador es de mucha importancia debido que ayuda en el incremento del agua de mezcla en concreto, por lo tanto, es necesario tener en cuenta paralelamente con el indicador absorción para realizar las adecuaciones pertinentes en el proceso de dar proporción a las mezclas, (Abanto, 2017; Pasquel, 1998) La fórmula de cálculo de esta variable o indicador es la siguiente:

$$\%w = \frac{Ph - Ps}{Ps} * 100$$

Donde:

Ps: Indica el peso de la muestra seca en el horno (gr).

Ph: Indica el peso de muestra húmeda (gr).

Agua. El líquido elemento utilizada en el preparativo y proceso de curado del concreto auto compactante está sujeto al cumplimiento del estándar nacional NTP 339.088, en donde se especifica que el agua debe cumplir con las descripciones específicas y similares a un concreto convenido y de preferencia debe ser potabilizada. (Rivva, 2015). El agua es utilizada en la elaboración del

concreto Porque hidrata el cemento generando reacciones químicas de hidratación, funciona como lubricante para generar trabajabilidad en la mezcla en concreto; uno de los problemas que se puede presentar en el uso del agua consiste en la presencia cuantitativa de impurezas que pueden generar reacciones químicas con capacidad de alterar la conducta normal del concreto (Rivva, 2015; Pasquel, 1998).

Calidad del agua. La calidad del agua en el uso de la producción de concreto es de suma importancia y está normado por el estándar nacional NTP 339.088, norma que admite que son idóneas para la elaboración y curado del concreto, al agua que presenta las características y presencia de sustancias diluidas que aparecen en la siguiente tabla:

Tabla 1

Límites permisibles para el agua de mezclado y curado. NTP 339.088

DESCRIPCIÓN	LÍMITE PERMISIBLE	
Solidos en suspensión	5000 ppm	Máximo
Materia Orgánica	3 ppm	Máximo
Alcalinidad (NaCHC03)	1000 ppm	Máximo
Sulfatos (ion SO4)	600 ppm	Máximo
Cloruros (ion Cl-)	1000 ppm	Máximo
pH	5 a 8	

Aditivo. Se considera como aditivo aquellas sustancias o productos que se adicionan al concreto en una cuantía no mayor al 5% en masa y con referencia al contenido del cemento con la finalidad de cambiar las características inherentes y características propias del concreto en sus estados fresco o endurecido. también se define el aditivo como una sustancia que no es agua, cemento, fibras o refuerzos, ni agregado; se adiciona al concreto antes o durante el proceso de mezcla (Sánchez, 2014).

Aditivo superplastificante. El aditivo superplastificante también distinguido como minimizador del líquido elemento de rango alto, categorizado como de tipo F, es un aditivo que contribuye en la generación de fluidez en el concreto. para el proceso de elaboración del concreto autocompactante, para el interés de la presente investigación, se va a utilizar el aditivo superplastificante que consideren investigador durante el proceso de generación de mezcla (Sánchez, 2014).

Polvo de mármol. El mármol es una composición de rocas calizas considerada como metamórfica, es compacta con alto nivel de cristalización, tiene como componentes al carbonato cálcico, la cual cubre el 90% de su estructura, el 10% de sus componentes generan la variedad de tipos este material, así como también definen sus características físicas. Por el hecho de ser una roca, presenta características de alta resistencia, alta presión y alta temperatura, las cuales le convierten en un material muy importante para ser adicionado al diseño de un concreto cuando se requiere modificar las resistencias a la compresión de dicho concreto (Betancourt, 2015).

La calcita (CaCO_3) constituye el 90% y Dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ constituye el 10% de la estructura del mármol, también contiene cuarzo, pirita, mica, arcilla, óxido de hierro, entre otros componentes, como impurezas, el mármol existe en la naturaleza en grandes cantidades de tonos y con características físicas. El mármol es una imitación de la piedra caliza, se convirtió en mármol debido a la presencia de las altas temperaturas y altas presiones, así como también, altos niveles de cristalización, este mineral natural presenta alto brillo inicial debido a la presencia de cera y presencia de químicos. El mármol se utiliza en los procesos de la construcción civil, en la construcción en general, en la escultura y la decoración (Santos et al, 2012).

Figura 1.

Mármol en estado natural



Características del mármol. El mármol presenta varias características que pueden contribuir positivamente en la resistencia de cualquier diseño de concreto, entre ellos se tiene a la durabilidad, la cual hace referencia a su brillo y belleza en todo el periodo de uso, es fácil y simple darle mantenimiento, otra propiedad es la conductividad térmica debido a que está en la capacidad de soportar temperaturas bastante altas, Otra propiedad es el color, existen varios colores de mármol, la piedra que le otorga belleza, es por ello que es usado como material ornamental (ARQHYS, 2012).

Tabla 2 *Características del mármol*

Mármol	Características y propiedades físicas
Roca precursora (protolito)	Caliza y roca dolomítica
Tipo de metamorfismo (origen y formación)	Regional y de contacto
Temperatura de formación	Altas temperaturas (1.065 ° F / 575 ° C o más)
Composición química	En su mayoría CaCO ₃ (calcita) un 90% y [CaMg (CO ₃) ₂] (dolomita) hasta el 10%
Color	Blancos, grises, azules, rojos, verdes, pardos, cremas, amarillos, rosas
Presión de formación	2 a 4 Kbar
Densidad o peso específico	2.71 gr/cm ³

Tamaño de grano	1 mm a 2 cm
Principal mineral	Calcita
Otros minerales	Dolomita, diópsido, grafito, tremolita, actinolita
Textura	Poligonal, sacaroidea, roca metamórfica granular
Estructura	Roca metamórfica no foliada.

Usos del Mármol. El mármol es un mineral que se encuentra en estado natural, para que pueda ser utilizado debe ser previamente habilitado, y debe dársele ciertas características geométricas para que pueda ser utilizado como materia prima en paredes, techos, pisos, y cualquier otra estructura de alguna edificación que se desea aplicar. otro uso que se le da al mármol es en la producción de cal viva como materia prima. se usa en la construcción de estatuas, tengo ordenamientos funerarios, nichos, y los residuos como el polvo de mármol puede utilizarse como aditivos en el proceso de construcción del concreto (Betancourt, 2019).

Propiedades físico mecánicas del mármol. El mármol presenta diversas propiedades físico mecánica, los cuales pueden ser utilizados en las diversas aplicaciones que se tiene de este mineral, la siguiente tabla presente algunas de las propiedades físico mecánicas del mármol (Arimana, 2020).

Tabla 3 *Características físico mecánicas del mármol*

Características físico mecánicas	Valor
Densidad aparente	2550 kg/m ³
Porosidad abierta	4.9%
Resistencia a la compresión (Valor medio)	149.3 Mpa
Resistencia a la compresión normalizada	119.5 Mpa
Resistencia a la flexión	14.8 Mpa
Disminución de la Resistencia a la flexión	1 %
Resistencia a la flexión bajo carga	14.8 Mpa
Carga de rotura para anclajes	2150 N
Absorción de agua	3.24 gr/m ²

Tabla 4 Características físico mecánicas del mármol y mármol Travertino

Roca	Peso específico tn/m ³	Absorción del agua		Comprensión Kg /cm ²	Resisten ia a		
		Peso %	Porosidad %		Tracción kg/cm ²	Choque golpes	Rozamiento cm ³
Mármol	2,65 – 2,85	0,2- 0,6	0,4 – 1,8.	800 - 1800	60 -150	8 – 10	15 - 40
Travertino	2,40 – 2,50	2 - 5	4 - 10	200 – 600	40 - 100	8 – 10	15 - 40

Composición del mármol. El mármol, químicamente está compuesto de calcita, cuyo símbolo químico es CaCO₃, también contiene Dolomita CaMg (CO₃)₂, Aparte de estos dos componentes químicos, el mármol también está compuesto por sílices, las cuales se encuentran como silicatos y óxidos de hierro (Santos et al, 2012). El polvo de mármol también muestra en su composición química a los óxidos de aluminio, óxidos de hierro y óxidos de manganeso, por lo tanto, presenta una composición parecida a la del cemento portland, estos dos elementos sumados al dióxido de silicio representan a los componentes considerados como más activos del cemento Portland (Santos et al, 2012), la siguiente tabla indica los componentes del mármol.

Tabla 5 Composición química del mármol.

Componentes	Valor (%)
CaCO ₃	95
Fe	0.04
Al	0.10
SiO ₂	1.02

Fuente: Santos et al (2012)

Características del polvo mármol. Presenta las mismas características que el mármol en su estado natural, con la diferencia de las solidez y cohesión de los elementos que lo componen cuando está en polvo, el polvo de mármol se obtiene cuando el mármol es habilitado o trabajado en las canteras, así como también en los talleres de habilitación del mármol para su uso como materia prima en la construcción de edificaciones (Santos et al, 2012). Se considera el polvo de

mármol como que es una visión considerablemente eficiente en el mejoramiento de la cohesión de las mezclas del concreto, de acuerdo con la literatura científica, el polvo de mármol ayuda a sustituir al agregado fino hasta un 10% sin que se afecte a la resistencia a la compresión (Santos et al, 2012).

Dimensiones de propiedades mecánicas del concreto autocompactante $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Fluidez del concreto: Fluidez del concreto auto compactante $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con sustitución de 10% de polvo de mármol, Fluidez del concreto auto compactante $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con sustitución de 15% de polvo de mármol

Resistencia a la compresión con 10% de sustitución de polvo de mármol: Resistencia a la compresión de concreto autocompactante con sustitución de 10% de polvo de mármol a los 7 días, Resistencia a la compresión de concreto autocompactante con sustitución de 10% de granito pulverizado a los 14 días, Resistencia a la compresión de concreto autocompactante con adición de 10% de granito pulverizado a los 28 días (Rivva, 2015).

Resistencia a la compresión con 15% de sustitución de polvo de mármol: Resistencia a la compresión de concreto autocompactante con sustitución de 15% de granito pulverizado a los 7 días, Resistencia a la compresión de concreto autocompactante con sustitución de 15% de granito pulverizado a los 14 días, Resistencia a la compresión de concreto autocompactante con sustitución de 15% de granito pulverizado a los 28 días (Neville y Brooks, 2010).

Justificación de la Investigación. El presente estudio se justifica socialmente debido aquí con la contribución del diseño de un concreto autocompactante con resistencia $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ Con sustitución de polvo de mármol que va a sustituir al cemento en los porcentajes de 10 % y 15% va a beneficiar a las empresas constructoras, a los dueños de las construcciones con un concreto cuya resistencia a la compresión va a ser mayor que la resistencia del concreto autocompactante patrón.

Así mismo, el estudio también se justifica económicamente porque con el aporte y el establecimiento de la resistencia a compresión va a contribuir con edificaciones más sólidas, más seguras y de menor costo, tanto para las empresas constructoras, como para los futuros dueños de los proyectos de edificación. Por otro lado, se justifica teóricamente porque las Variables de la presente investigación se van a fundamentar en los principios básicos de la ingeniería civil, en los cimientos tecnológicos y científicos del concreto, específicamente en concretos autocompactantes, así como también en las teorías fundamentales de los atributos mecánicos del concreto, tal como es el caso de la resistencia estudiada.

Asimismo, la presente investigación se justifica en la práctica debido a que, los resultados y aportes del presente estudio van a poder ser utilizados en la práctica por las empresas constructoras cuando se propongan elaborar concretos para los diversos tipos de obra civiles.

Problema. Realidad problemática. La construcción civil es una de las ramas del saber humano que se dedica a la construcción de infraestructura de viviendas, estructuras de transporte, edificaciones públicas y privadas, etc., en todas ellas, utiliza como elemento de construcción al concreto, la cual puede ser ciclópeo o concreto armado. Los concretos utilizados pueden ser el concreto convencional, así como también, el concreto autocompactante. En la producción del concreto se aplica el modelamiento de concreto, este diseño es elaborado en relación a la resistencia estudiada que se requiere como cumplimiento del expediente técnico. A nivel internacional, en el enfoque del propósito de incrementar o disminuir la resistencia a la compresión se han utilizado elementos diversos para añadirlos al diseño de concreto reemplazando en cantidad o volumen al cemento o agregados (Rivva, 2014).

Debido a que los procesos constructivos presentan complejidades en la geometría de los componentes a construir, en ese sentido se requiere, y el concreto presente ciertas características de fluidez y solidez, estos requisitos los cumple el concreto autocompactante. Por otro lado, los mismos procesos constructivos requieren de

concretos cuya resistencia estudiada sean superiores al valor de la resistencia investigada del concreto patrón, en ese sentido se puede cambiar de diseño de mezcla, o también, adicionar ciertos elementos constructivos que puedan acrecentar la resistencia investigada, y de esta manera cumplir con los requerimientos de las especificaciones técnicas del proyecto de construcción (Ambrosie y Pera, 2001).

A nivel nacional, las empresas constructoras han utilizado diversos mecanismos con la finalidad de incrementar o de reducir una característica muy importante en concreto, la cual es la resistencia a la compresión, así como también, han utilizado concreto autocompactante con y sin adición de elementos que puedan haber variado la resistencia a la compresión de dicho concreto. los elementos o materia prima o insumos que se han adicionado han sido, polvo de roca, virutas de acero, cenizas vegetales, residuos de concreto, etc., con los cuales han podido disminuir o aumentar significativamente la resistencia objeto de estudio del presente estudio (Abanto, 2017).

En el desarrollo de este estudio se trata de conocer que resistencias a la compresión adoptarían diseño de mezcla de concreto autocompactante de $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ cuando se le añade polvo de mármol en un 10% y 15% sustituyendo al cemento en la ecuación del diseño de mezcla. En función a ello, se tiene los problemas del desconocimiento de los atributos mecánicos y químicos del polvo de mármol de la cantera que se va a extraer, se desconoce la Resistencia a la Compresión de un Concreto Autocompactante $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ cuando se le sustituye al cemento por 10% con polvo de mármol a los 7, 14 y 28 días. Se desconoce la Resistencia a la Compresión de un Concreto Autocompactante $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ cuando se sustituyendo el cemento por 15% con polvo de mármol a los 7, 14 y 28 días. También se desconoce cuál de los dos diseños de mezcla tendrán mayor Resistencia a la Compresión de los concretos Autocompactantes en los 7, 14 y 28 días.

Dada la realidad problemática, con este estudio se pretende, primeramente, conocer los atributos físicos y mecánicos del polvo de mármol que se va a extraer

de una cantera de la localidad, se va a establecer las resistencias del concreto autocompactante patrón cuando se sustituyendo el cemento por 15% con polvo de mármol a los 7, 14 y 28 días, por último, se van a comparar las resistencias a la compresión de los tres diseños de concreto.

Formulación de problema. ¿Cuál es la Compresión de un Concreto Autocompactante $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023?

Conceptuación y operacionalización de variables

Tabla 6 *Conceptuación y operacionalización de variables.*

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
V1: Polvo de mármol	Es el mármol triturado que se obtiene mediante procesos de corte y molienda (Santos et al, 2012)	La variable Sustitución del cemento por 10% y 15% con polvo de mármol se va a medir mediante	Fluidez del concreto Preparación del polvo de mármol Diseño de mezcla	Fluidez en sustitución de 10% de polvo de mármol Fluidez en sustitución de 15% de polvo de mármol Selección de cantera Obtención Pesos requeridos Almacenamiento Diseño de mezcla con 10% de polvo de mármol Diseño de mezcla con 10% de polvo de mármol	Númerica De razón

Objetivos Específicos.

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del polvo de mármol
- Determinar la composición química del polvo de mármol mediante el ensayo de fluorescencia de rayos X (FRX).
- Determinar el peso específico del polvo de mármol.
- Determinar la relación A/C del concreto patrón y Experimental.
- Determinar el grado de alcalinidad PH del concreto patrón y concreto experimental.
- Determinar la resistencia a compresión del concreto patrón y concreto experimental a los 7, 14 y 28 días
- Analizar y comparar resultados mediante la validez estadística.

II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Como tipo fue aplicada porque se van a aplicar los conocimientos científicos de la Resistencia a la compresión de concreto autocompactantes y los fundamentos teóricos de la Tecnología del Concreto y los conocimientos de los materiales de construcción. Va a ser de enfoque cuantitativo porque todos los datos con se va a procesar serán numéricos. La investigación será de tipo aplicada porque se van a aplicar los conocimientos de ambas variables en la determinación de las resistencias de la compresión de los tres diseños de mezcla de concreto autocompactantes (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014).

Diseño de investigación: Como diseño se trabajó de tipo experimental dado que se tuvo que añadir porcentajes en peso de polvo de mármol con la finalidad de cambiar las conductas de las resistencias investigadas de cada diseño de mezcla. Se tuvieron que diseñar concretos autocompactantes, el primer diseño sin adición de polvo de conteo, luego al segundo diseño se le va a añadir 10% de polvo de mármol, y al tercer diseño se le va a añadir 15% de polvo de mármol (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014). El esquema fue el siguiente:

Tabla 7 *Diseño de investigación*

Muestra	Sustitución de polvo de mármol	Días de curado		
		7	14	28
Concreto autocompactante Patrón		O1	O2	O3
Concreto con 10% de polvo de mármol	X	O1	O2	O3
Concreto con 15% de polvo de mármol	X	O1	O2	O3

Dónde:

O1, O2, O3 son las observaciones o mediciones de la resistencia a la compresión del concreto auto compactante.

X es la sustitución porcentual del polvo de mármol.

2.2. Población y muestra

Población: Estuvo estructurada por la totalidad de probetas de concreto autocompactante que se van a utilizar en el estudio, tanto en concreto base o patrón, y para el concreto con sustitución de 10% y 15% de polvo de mármol.

Muestra: Estuvo conformada por 36 probetas con concreto autocompactante con agregados, las cantidades de probetas asignadas para cada de diseño de mezcla se presenta a continuación.

Tabla 8 *Diseño de investigación*

Concreto Autocompactante	Número de probetas
Patrón	12
Con 10% de polvo de mármol	12
Con 10% de polvo de mármol	12
Total	36

Dónde:

O1, O2, O3 son las observaciones o mediciones de la resistencia de compresión del concreto auto compactante.

X es la sustitución porcentual del polvo de mármol.

2.3. Técnicas e Instrumentos de Investigación

Técnica: Se aplicaron técnicas de la observación y análisis de los diferentes parámetros de las pruebas de ensayo en el proceso de determinación de la resistencia ya indicada de los concretos con características de auto compactación.

Instrumento: El instrumento de recolección de datos fueron la ficha de registro de dato y los laboratorios de resistencia a la compresión de los concretos. Los datos se obtuvieron de las pruebas de rotura a la fuerza de compresión de las probetas en la máquina de prueba de fuerza de compresión en el laboratorio en donde se realizó la prueba de ensayo. El procesamiento de datos se tuvo que llevar a cabo usando Microsoft Excel para los cálculos en función de los rangos de valores obtenidos en el laboratorio.

Validación: El instrumento tuvo que ser validado con la finalidad de que deba medir la variable que debe medir, el método que fue utilizado fue el método conocido como Juicio de Expertos, en ese sentido, el instrumento y la hoja de registro de datos tuvieron que ser entregados a cada uno de los tres expertos, ellos, en función a sus propios criterios validaron al instrumento; previo a ello, el investigador entregó un juego de una matriz de validación a tres expertos ingenieros civiles para que validen a los instrumentos, se tuvo que aceptar la validación del instrumento debido a que obtuvieron un promedio de 80% o superior.

Confiabilidad: La confiabilidad del instrumento va a ser calculada utilizando el método de Alfa de Cronbach, con este método se va a determinar si el instrumento, aplicado varias veces a un mismo objeto de estudio devuelve el mismo resultado. Se va a aceptar que el instrumento es confiable si el valor de alfa es mayor igual a 0.80.

Procedimiento

Fase 1: Se tuvo que diseñar las mezclas, en total serán tres mezclas, una para el concreto autocompactante base o patrón, una para el concreto con sustitución de 10 de polvo de mármol, y la tercera para la sustitución de 15% de polvo de mármol.

Fase 2. Se tuvieron que recabar la cantidad suficiente de polvo de mármol, se tuvo que tener especial cuidado en que el material estuviera libre de contaminantes.

Fase 3. Se consiguieron todos los materiales para la elaboración del concreto, estos fueron, agua, agregados, plastificantes, y polvo de mármol.

Fase 4. Se desarrolló la producción de las mezclas de concreto y se llenaron en 12 probetas para cada una, luego se dejaron las probetas en un lugar seguro y expuesto al medio ambiente.

Fase 5. Se llevaron a cabo las pruebas de resistencias investigadas a los 7, 14 y 28 días de las probetas de concreto por cada tipo de diseño.

Fase 6. Se registraron los datos en la ficha de registro de datos

Fase 7. Los datos alcanzados en el ensayo fueron verificados en su llenado y marcado. Luego se van a procesar en Microsoft Excel para la realización de los cálculos y las estadísticas que hubiere a lugar calcular.

III. RESULTADOS

3.1. Respuesta al objetivo específico 1

Determinar las propiedades físicas y mecánicas del polvo de mármol.

Las propiedades físicas encontradas coeficiente de absorción es de 0.2%, la densidad del mármol es de 2,69 Kg/dm³ y la dureza es de 3.3 kg/cm². Estos atributos mecánicos fueron resistencia mecánica a la rotura del mármol bajo esfuerzos compresivos uniaxiales es 391 kg/cm² en promedio, la resistencia a compresión es 723.4 Kg/cm², la resistencia a la tracción es de 216.5 kg/cm², la resistencia a flexión es de 156.8 Kg/cm², mientras que la resistencia al impacto es 36.7 cm.

3.2. Respuesta al objetivo específico 2

Determinar la composición química del polvo de mármol mediante el ensayo de fluorescencia de rayos X (FRX).

La composición química elemental del polvo de mármol en % obtenido de la masa total realizado en el ensayo de mármol calcinando por FRXDE fueron los siguientes: Oxido de aluminio (Al₂O₂), dióxido de silicio (SiO₂), dióxido de azufre (SO₂), óxido de potasio (K₂O), óxido de calcio (CaO), óxido de manganeso (MnO), óxido férrico (Fe₂O₃), óxido de cobre (CuO), óxido de zinc (ZnO), óxido de estroncio (SrO) y dióxido de circonio (ZrO₂). La siguiente tabla indica respectivamente la concentración porcentual de masa y normalizado al 100%

Tabla 9

Composición química del polvo de mármol mediante el ensayo de fluorescencia de rayos X (FRX).

Oxido	concentración de % masa	Normalizado al 100%
-------	----------------------------	------------------------

Al ₂ O ₃	6.816	7.528	SiO ₂	12.499	13.806
SO ₂		2.955			3.275
K ₂ O		2.531			2.795
C _a O		61.303			67.713
MnO		0.281			0.311
Fe ₂ O ₃		2.618			2.892
CuO		1.012			1.117
ZnO		0.437			0.483
SrO		0.064			0.071
ZrO ₂		0.008			0.009
Total		90.534			100.060

Fuente. Resultados de laboratorio de Arqueometría

3.3. Respuesta al objetivo específico 3

Determinar el peso específico del polvo de mármol.

El peso específico del polvo de mármol promedio obtenido en 90% de cemento y 10% de mármol fue 3.161 gr/cm³ y, en 85% de cemento y 15% de polvo de mármol fue 3.351 gr/cm³

3.4. Respuesta al objetivo específico 4

Determinar la relación A/C del concreto patrón y Experimental.

Relación A/C del concreto patrón

La relación A/C del concreto patrón fue 0.684, 29.21 lts/bolsa

Relación A/C del concreto Experimental con 10% de polvo de mármol

La relación A/C del concreto Experimental con 10% de polvo de mármol fue 0.684, 29.52 lts/bolsa

Relación A/C del concreto Experimental con 15% de polvo de mármol

La relación A/C del concreto Experimental con 15% de polvo de mármol fue 0.684, 30.13 lts/bolsa

3.5.Respuesta al objetivo específico 5

Determinar el grado de alcalinidad PH del concreto patrón y concreto experimental

El grado de alcalinidad PH del concreto patrón encontrado fue 12.4, esto indica que fue extremadamente alcalino, mientras que el grado de alcalinidad PH del concreto con adición de 10% de polvo de mármol fue 12.08, lo cual indicó que fue experimental extremadamente alcalino, y la del concreto patrón con adición de 15% de polvo de mármol fue 12.05, lo cual fue extremadamente alcalino.

3.6.Respuesta al objetivo específico 6

Determinar la resistencia a compresión del concreto patrón y concreto experimental a los 7, 14 y 28 días.

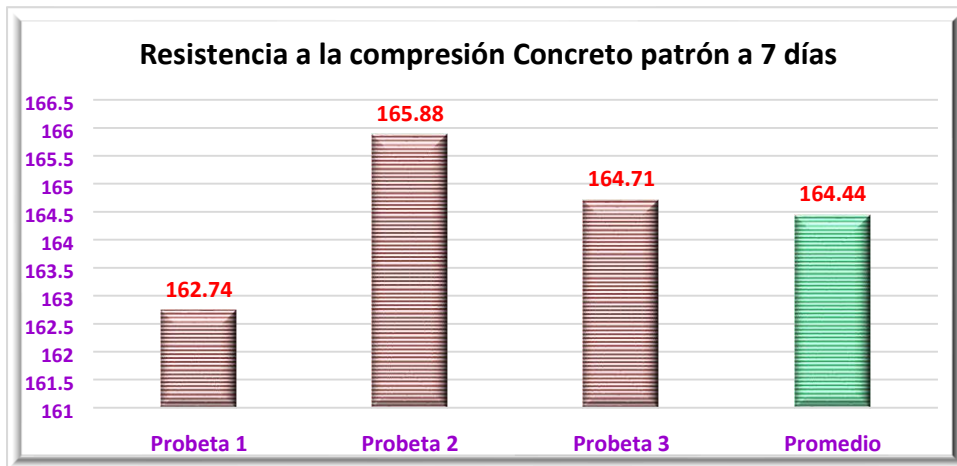
Ensayo a compresión a los 7 días concreto patrón

Tabla 10

Ensayo de resistencia a la compresión de concreto patrón a los 07 días

Probetas	F'c (Kg/cm2)	%
Probeta 1	162.74	77.49
Probeta 2	165.88	78.99
Probeta 3	164.71	78.43
Promedio	164.44	78.30

Figura 2 *Ensayo a compresión de concreto patrón a los 07 días*



En de la resistencia investigada del concreto patrón se la prueba de laboratorio encontró que, en 7 días, en la probeta 1 la resistencia fue 162.74 Kg/cm², en la probeta 2, fue de 165.88 Kg/cm² y en la probeta 3, se tuvo 164.71 Kg/cm². El promedio de las resistencias investigadas a los 7 días en las 3 probetas fue 164.44 Kg/cm², mientras que el promedio porcentual fue el 78.30% del concreto patrón, es decir, le faltó 21.60% de la resistencia para igualar a la resistencia base o patrón 210 Kg/cm².

Ensayo a compresión a los 14 días del concreto patrón

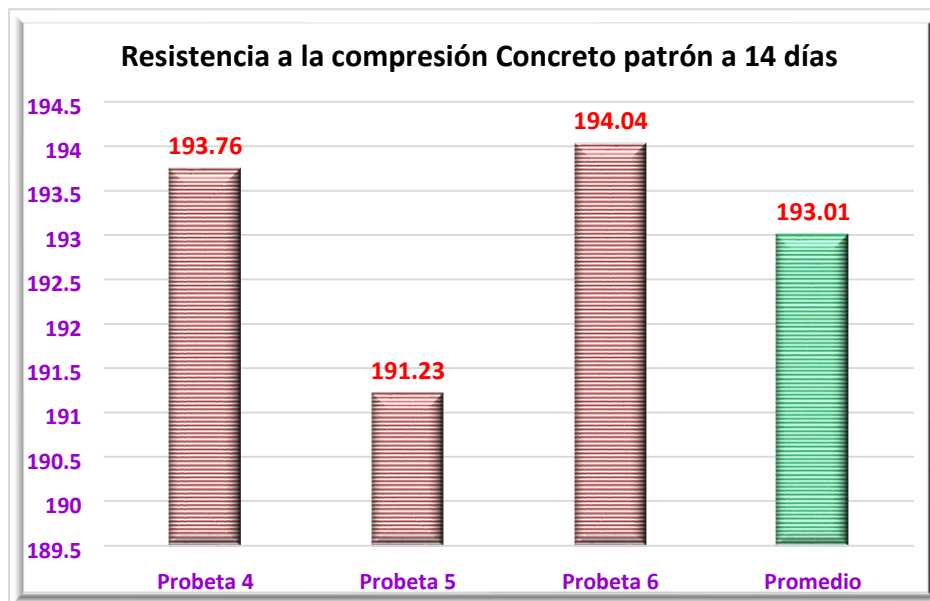
Tabla 11

Ensayo de resistencia a la compresión de concreto patrón a los 14 días

Probetas	F'c (Kg/cm²)	%
Probeta 4	193.76	92.27
Probeta 5	191.23	91.06
Probeta 6	194.04	92.40
Promedio	193.01	91.91

Figura 3

Ensayo de resistencia a la compresión de concreto patrón a los 14 días



En de la resistencia investigada del concreto patrón se

la prueba de laboratorio

encontró que, en 14 días, en la probeta 4 se tuvo 193.76 Kg/cm², en la probeta 5, fue de 191.23 Kg/cm² y en la probeta 6, se tuvo 194.04 Kg/cm². La media de la resistencia a la compresión a los 14 días en las 3 probetas fue 193.01 Kg/cm², mientras que la media aritmética porcentual fue el 91.1% del concreto patrón, es decir, le faltó 8.9% de la resistencia para igualar a la resistencia base o patrón 210 Kg/cm².

Ensayo a compresión a los 28 días del concreto patrón

Tabla 12

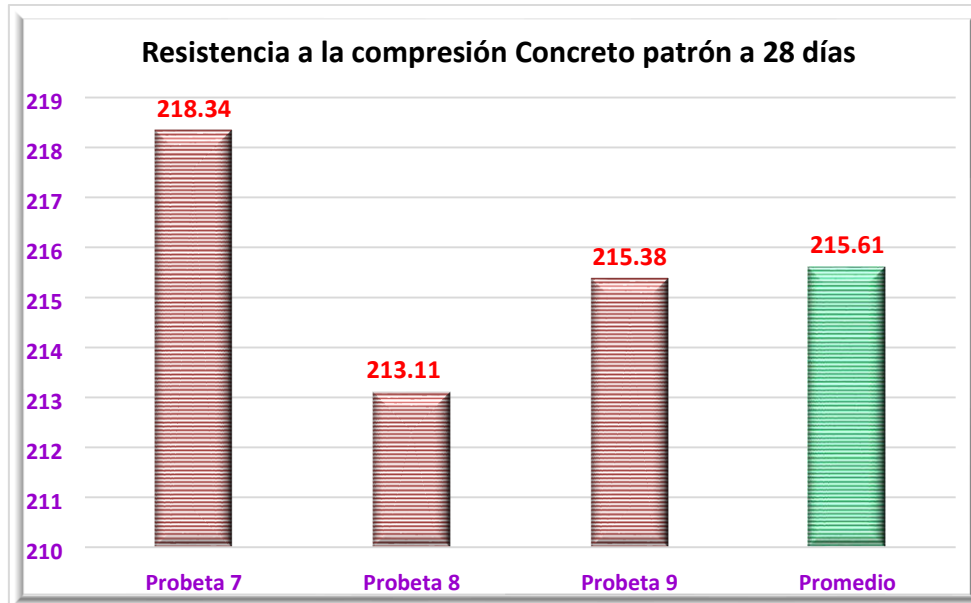
Ensayo de resistencia a la compresión de concreto patrón a los 28 días

Probetas	F´c (Kg/cm²)	%
Probeta 7	218.34	103.97
Probeta 8	213.11	101.48
Probeta 9	215.38	102.56
<u>Promedio</u>	<u>215.61</u>	<u>102.67</u>

Figura 4

Ensayo de resistencia a la compresión de concreto patrón a los 28 días

En de la resistencia investigada del concreto patrón se



la prueba de laboratorio

encontró que, en 28 días, en la probeta 7 se tuvo 218.34 Kg/cm², en la probeta 8, fue de 215.7 Kg/cm² y en la probeta 9, se tuvo 213.11 Kg/cm². La media aritmética de la resistencia a la compresión a los 28 días en las 3 probetas fue 215.38 Kg/cm², mientras que la media aritmética porcentual fue el 102.67% del concreto patrón teórico, es decir, el concreto patrón diseñado fue superior en 2.67% a la resistencia a la compresión teórica de 210 Kg/cm².

Resistencia a la compresión concreto con sustitución de cemento por 10% de polvo de mármol Ensayo a compresión a los 7 días del concreto con sustitución de cemento por 10% de polvo de mármol

Tabla 13

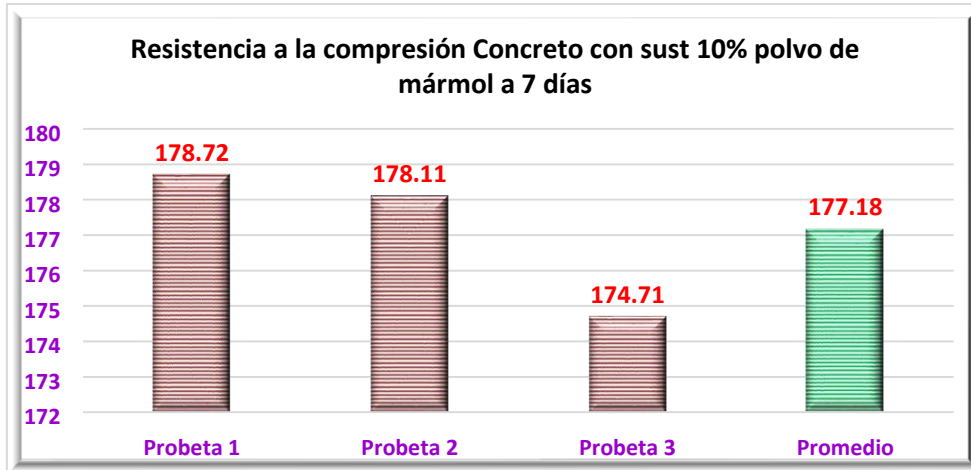
Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con adición de 10% de polvo de mármol a los 7 días

Probetas	F'c (Kg/cm ²)	%
Probeta 1	178.72	85.10
Probeta 2	178.11	84.82
Probeta 3	174.71	83.20
Promedio	177.18	84.37

En de la resistencia investigada del concreto patrón se

Figura 5

Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con sustitución de 10% de polvo de mármol a los 7 días



En el ensayo de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución de 10% de polvo de mármol por cemento en peso, se encontró que, en 7 días, en la probeta 1 se tuvo un valor de 178.72 Kg/cm², en la probeta 2 fue de 178.11 Kg/cm² y en la probeta 3, se tuvo 174.71 Kg/cm². La media aritmética de la resistencia a la compresión en 7 días en las 3 probetas fue 177.18 Kg/cm², mientras que la media aritmética porcentual fue el 84.37% del concreto patrón, es decir, le faltó 15.63% de la resistencia para igualar a la resistencia patrón 210 Kg/cm².

Ensayo a compresión a los 14 días del concreto con sustitución de cemento por 10% de polvo de mármol

Tabla 14

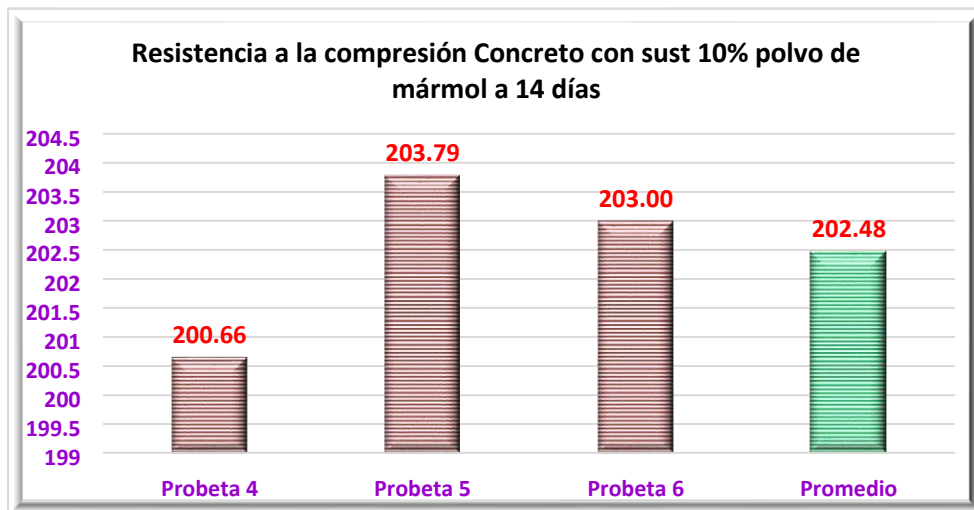
Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con sustitución de 10% de polvo de mármol a los 14 días

Probetas	F'c (Kg/cm²)	%
Probeta 4	200.66	95.55
Probeta 5	203.79	97.04
Probeta 6	203.00	96.67
Promedio	202.48	96.42

Figura 6

Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con sustitución de 10% de polvo de mármol a los 14 días

En el ensayo de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución de
en



sustitución

10% de polvo de mármol por cemento en peso, se encontró que, en 14 días, en la probeta 4 el valor fue 200.66 Kg/cm², en la probeta 5, el valor encontrado fue 203.79 Kg/cm² y en la probeta 6, se tuvo 203.00 Kg/cm². La media aritmética de la resistencia a la compresión en 14 días en las 3 probetas fue 202.48 Kg/cm², mientras que la media aritmética porcentual fue el 96.42% del concreto patrón, es decir, le faltó 3.58% de la resistencia para igualar a la resistencia patrón 210 Kg/cm².

Ensayo a compresión a los 28 días del concreto con sustitución de cemento por 10% de polvo de mármol

Tabla 15

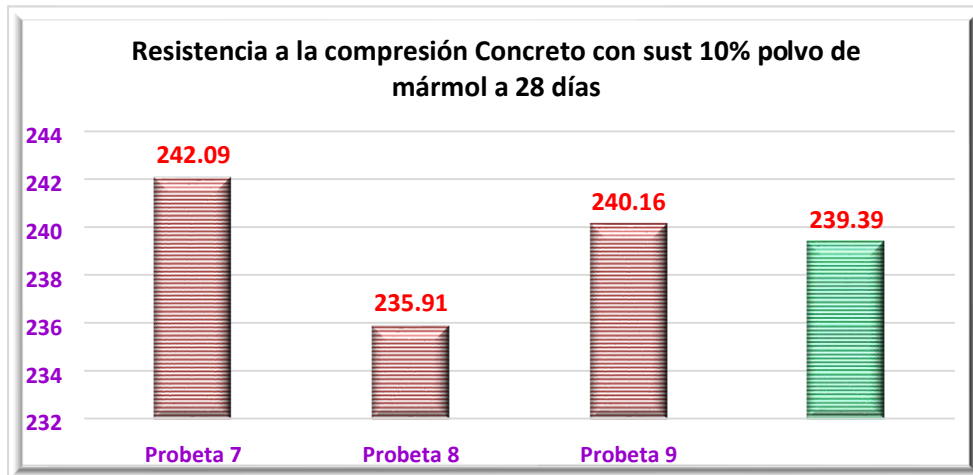
Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con sustitución de 10% de polvo de mármol a los 28 días

Probetas	F'c (Kg/cm ²)	%
Probeta 7	242.09	115.28
Probeta 8	235.91	112.34
Probeta 9	240.16	114.36
<u>Promedio</u>	<u>239.39</u>	<u>113.99</u>

Promedio

Figura 7

Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con sustitución de 10% de polvo de mármol a los 28 días



10% de polvo de mármol por cemento en peso, se encontró que, 28 días, en la probeta 7 se tuvo 242.09 Kg/cm², en la probeta 8, el valor encontrado fue de 235.91 Kg/cm² y en la probeta 9, se tuvo 240.16 Kg/cm². La media aritmética de la resistencia a la compresión en 28 días en las 3 probetas fue 239.39 Kg/cm², mientras que la media aritmética porcentual fue el 113.99% del concreto patrón, es decir, fue superior a la resistencia a la compresión del patrón teórico en 13.99%.

Ensayo a compresión a los 7 días del concreto con sustitución de cemento por 15% de polvo de mármol

Tabla 16

Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con sustitución de 15% de polvo de mármol a los 7 días

Probetas	F'c (Kg/cm ²)	%
Probeta 1	137.88	65.66
Probeta 2	143.28	68.23
Probeta 3	145.87	69.46

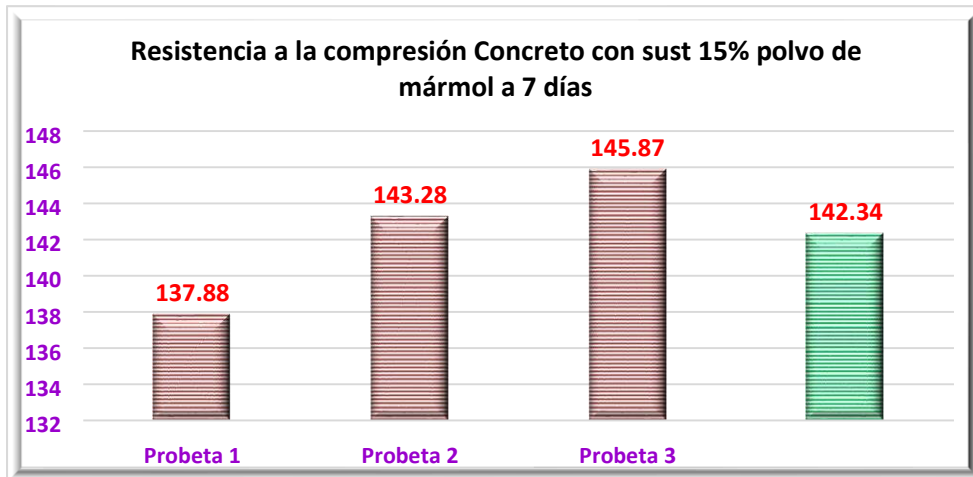
Promedio

En el ensayo de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución de
en

Promedio 142.34 67.78

Figura 8

Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con sustitución de 15% de polvo de mármol a los 7 días



Promedio

En el ensayo de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución de 15% de polvo de mármol por cemento en peso, se encontró que, en 7 días, n la probeta 1 se tuvo 137.88 Kg/cm², en la probeta 2, el valor encontrado fue 143.28 Kg/cm² y en la probeta 3, el valor fue 145.87 Kg/cm². La media aritmética de la resistencia a la compresión a los 7 días en las 3 probetas fue 142.34 Kg/cm², mientras que La media aritmética porcentual fue el 67.78% del concreto patrón, es decir, le faltó 32.22% de la resistencia para igualar a la resistencia patrón 210 Kg/cm².

Ensayo a compresión a los 14 días con sustitución de cemento por 15% de polvo de mármol

Tabla 17

Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con sustitución de 15% de polvo de mármol a los 14 días

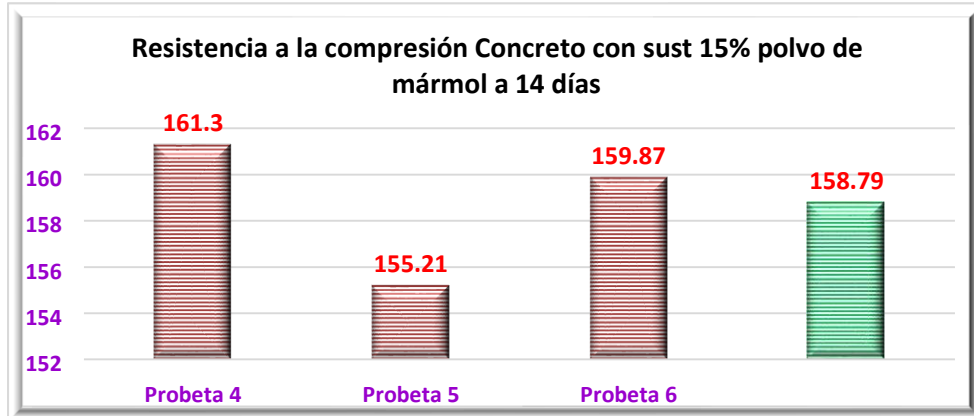
Probetas	F'c (Kg/cm²)	%
Probeta 4	161.3	76.81
Probeta 5	155.21	73.91
Probeta 6	159.87	76.13
Promedio	158.79	75.62

Figura 9

Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con sustitución de 15% de polvo de mármol a los 14 días

Promedio

En el ensayo de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución de 15% de polvo de mármol por cemento en peso, se encontró que, en



14 días, en la probeta 4 el valor encontrado fue 161.3 Kg/cm², en la probeta 5, el valor encontrado fue 155.21 Kg/cm² y en la probeta 6, el valor fue 159.79 Kg/cm². La media aritmética de la resistencia a la compresión en 14 días en las 3 probetas fue 158.79 Kg/cm², mientras que la media aritmética porcentual fue el 75.62% del concreto patrón, es decir, le faltó 24.38% de la resistencia para igualar a la resistencia patrón 210 Kg/cm².

Ensayo a compresión a los 28 días con sustitución de cemento por 15% de polvo de mármol

Tabla 18

Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con sustitución de 15% de polvo de mármol a los 28 días

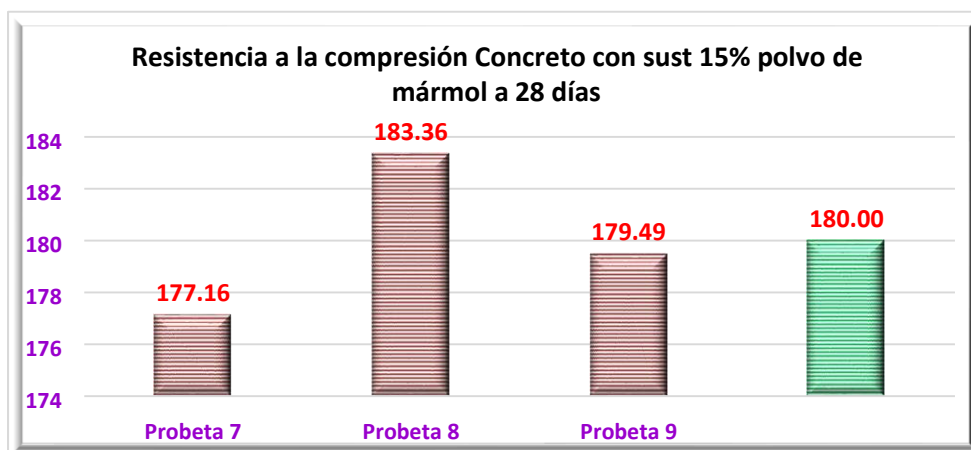
Probetas	F'c (Kg/cm ²)	%
Probeta 7	177.16	84.36
Probeta 8	183.36	87.31
Probeta 9	179.49	85.47
Promedio	180.00	85.72

Promedio

En el ensayo de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución de 15% de polvo de mármol por cemento en peso, se encontró que, en

Figura 10

Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con sustitución de 15% de polvo de mármol a los 28 días



28 días, en la probeta 7 se tuvo 177.16 Kg/cm², en la probeta 8, el valor encontrado fue 183.36 Kg/cm² y en la probeta 9, el valor fue 179.49 Kg/cm². La media aritmética de la resistencia a la compresión en 28 días en las 3 probetas fue 180.00 Kg/cm², mientras que la media aritmética porcentual fue el 85.72% del concreto patrón, es decir, fue inferior a la resistencia a la compresión del patrón teórico en 14.28%.

Resumen de resultados

El concreto base o patrón en 7 días se encontró una media de resistencia a la compresión de 164.66 kg/cm², en 14 días 193.01 kg/cm², en 28 días 215.61 kg/cm². El concreto con sustitución de cemento por 10% de polvo de mármol tuvo en 7 días un promedio de 177.18 kg/cm², en 14 días 202.48 kg/cm² y en 28 días 239.39 kg/cm². El concreto con sustitución de cemento por 15% de

En el ensayo de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución de 15% de polvo de mármol por cemento en peso, se encontró que, en polvo de mármol tuvo en 7 días un promedio de 142.34 kg/cm², en 14 días 158.79 kg/cm² y a los 28 días 180.00.39 kg/cm².

3.7. Respuesta al objetivo específico 7

Analizar y comparar resultados mediante la validez estadística.

Tabla 19

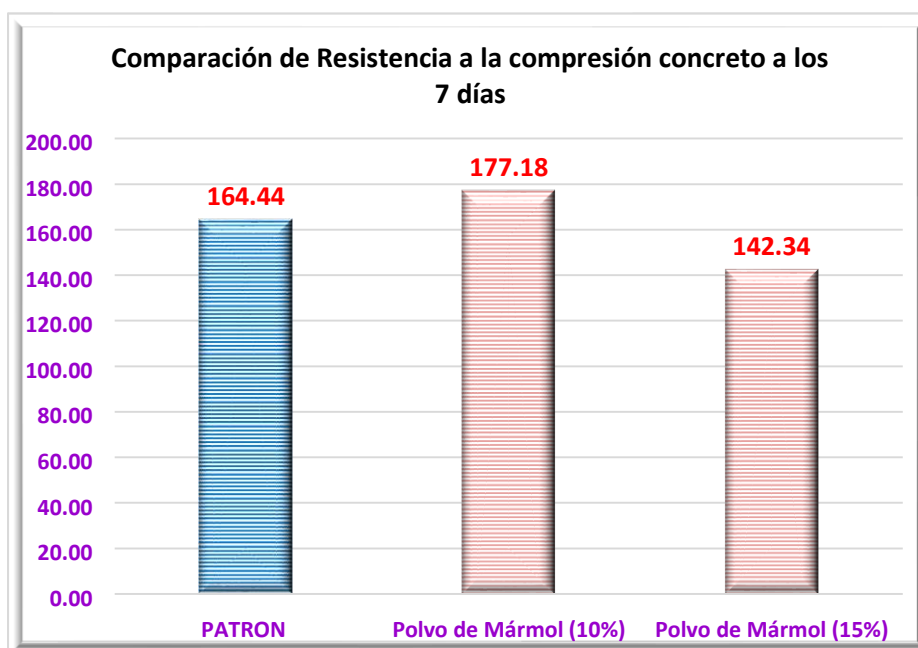
Análisis comparativo de resistencia a la compresión de concretos a los 7 días

Ensayo a la compresión F'c (Kg/cm²)			
EDAD	PATRON	Polvo de	Polvo de Mármol
(DIAS)		Mármol (10%)	(15%)
7	164.44	177.18	142.34
14	193.01	202.48	158.79
28	215.61	239.39	180.00

Promedio

Figura 10

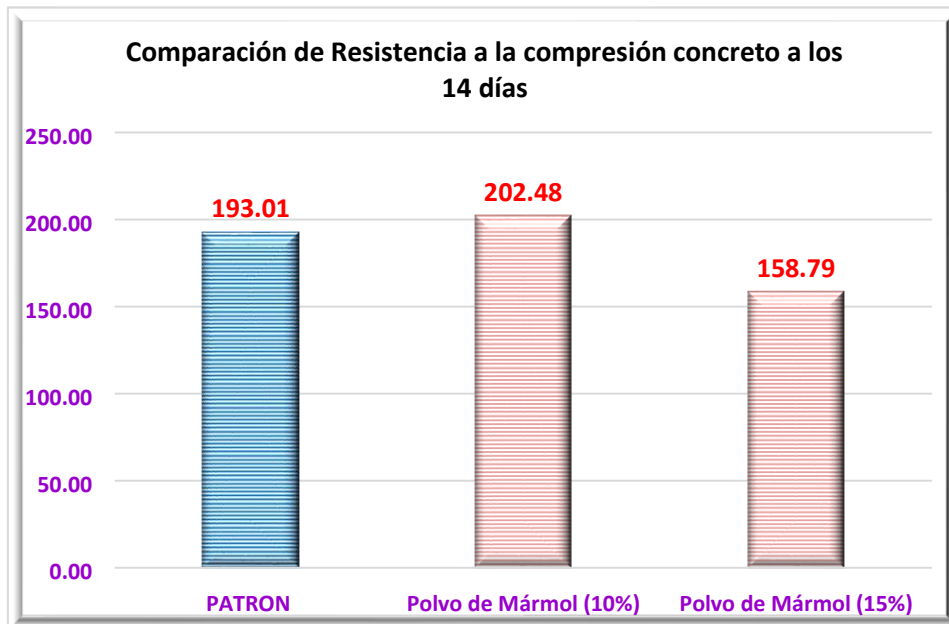
Análisis comparativo de resistencia a la compresión de concretos a los 7 días



En el ensayo de la resistencia objeto de estudio del concreto de los tres tipos, concreto patrón, concreto con sustitución de polvo de mármol de 10% por cemento en peso, y concreto que ha sido sustituido con polvo de mármol de 15% por cemento en peso, se encontró que, en 7 días, el concreto patrón presentó 164.44 kg/cm², el concreto sustituido con polvo de mármol de 10% por cemento en peso fue 177.18 kg/cm² y, el concreto sustituido con polvo de mármol de 15% por cemento en peso fue 142.34 kg/cm². Comparando las resistencias obtenidas se tuvo como evidencia fáctica que el concreto base o patrón presentó menor resistencia a la compresión en 7 días, el concreto con sustitución de 10% de mármol presentó 12.74 kg/cm² que el concreto base o patrón, mientras que el concreto sustituido con 10% de polvo de mármol tuvo más resistencia a la compresión que el concreto sustituido con 15% de polvo de mármol en 34.84 kg/m². Esto significó que la sustitución de polvo de mármol incrementa la resistencia a la compresión hasta los 7 días de vida del concreto en 10% pero en 15% disminuye.

Figura 11

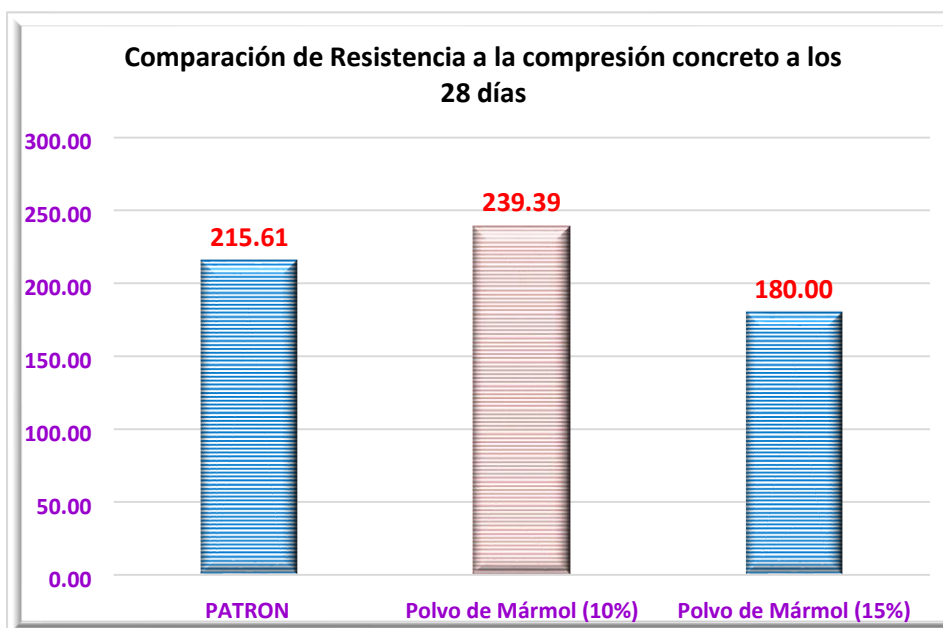
Análisis comparativo de resistencia a la compresión de concretos a los 14 días



En el ensayo de la resistencia a la compresión del concreto de los tres tipos, concreto patrón, concreto con sustitución de polvo de mármol de 10% por cemento en peso, y concreto que ha sido sustituido con de polvo de mármol de 15% por cemento en peso, se encontró que a los 14 días, el concreto patrón tuvo una resistencia de 193.01 kg/cm², el concreto sustituido con de polvo de mármol de 10% por cemento en peso tuvo un valor de 202.48 kg/cm² y, el concreto sustituido con de polvo de mármol de 15% por cemento en peso tuvo 158.79 kg/cm². Comparando las resistencias obtenidas se pudo observar que el concreto patrón tuvo menor resistencia a la compresión a los 14 días que el concreto que ha sido sustituido con de 10% de mármol fue 9.47 kg/cm², mientras que el concreto sustituido con de 10% de polvo de mármol tuvo más resistencia en 43.69 kg/m² que el concreto sustituido con de 15% polvo de mármol. Esto significó que el concreto sustituido con de 10% polvo de mármol presentó mayor resistencia en 14 días de vida del concreto que el concreto patrón y el concreto con 15% de sustitución de polvo de mármol.

Figura 12

Análisis comparativo de resistencia a la compresión de concretos a los 28 días



En el ensayo de la resistencia a la compresión del concreto de los tres tipos, concreto patrón, concreto con sustitución de polvo de mármol de 10% por cemento en peso, y concreto sustituido con de polvo de mármol de 15% por cemento en peso, se encontró que en 28 días, el concreto patrón presentó resistencia de 215.61 kg/cm², el concreto sustituido con de polvo de mármol de 10% por cemento en peso presentó 239.39 kg/cm² y, el concreto sustituido con polvo de mármol de 15% por cemento en peso tuvo un valor de 180.00 kg/cm². Comparando las resistencias obtenidas se pudo evidenciar que el concreto sustituido con de 10% de mármol presentó mayor resistencia en 28 días que el concreto patrón en 23.78 kg/cm², mientras que el concreto sustituido con de 10% de polvo de mármol tuvo más resistencia a la compresión en 59.39 kg/m² que el concreto sustituido con 15% polvo de mármol. Esto significó que el concreto sustituido con de 10% polvo de mármol presentó mayor resistencia en 28 días de vida del concreto que el concreto patrón y el concreto con 15% de sustitución de polvo de mármol.

Resumen de resultados

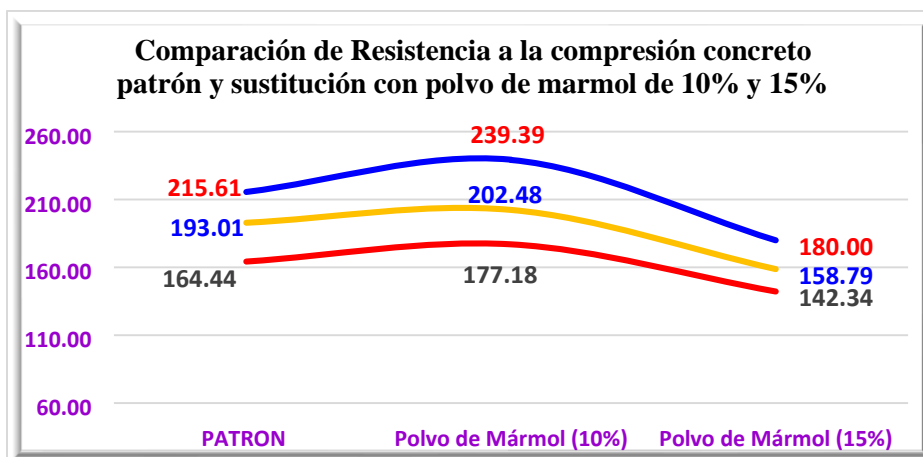
Esto significó que la sustitución de polvo de mármol incrementa la resistencia a la compresión hasta los 7 días de vida del concreto en 10% pero en 15% disminuye. el concreto con sustitución de 10% polvo de mármol presenta mayor resistencia a la compresión hasta los 14 días de vida del concreto que el concreto patrón y el concreto con 15% de sustitución de polvo de mármol. El concreto con sustitución de 10% polvo de mármol presenta mayor resistencia a la compresión hasta los 28 días de vida del concreto que el concreto patrón y el concreto con 15% de sustitución de polvo de mármol.

3.8. Respuesta al objetivo general

Determinar la Resistencia a la Compresión de un Concreto Autocompactante $F'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023.

Figura 12

Análisis comparativo de resistencia a la compresión de concreto patrón y con sustitución de polvo de mármol de 10% y 15%



En el ensayo de la resistencia a la compresión del concreto de los tres tipos, concreto patrón, concreto con sustitución de polvo de mármol de 10% por cemento en peso, y concreto con sustitución de polvo de mármol de 15% por cemento en peso, se encontró que a los 28 días, el concreto patrón tuvo una resistencia de 215.61 kg/cm², el concreto con sustitución de polvo de mármol de 10% por cemento en peso tuvo una resistencia de 239.39 kg/cm² y, el

concreto con sustitución de polvo de mármol de 15% por cemento en peso tuvo una resistencia de 180.00 kg/cm². Esto significó que, a mayor porcentaje de sustitución de polvo de mármol, mayor resistencia a la compresión hasta los 28 días de vida del concreto. La sustitución de polvo de mármol incrementa la resistencia a la compresión hasta un promedio de 10% de sustitución, pero baja incluso mucho menos cuando se sustituye con un promedio de 15% al concreto

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo como resultado que la sustitución de cemento por 10% de polvo de mármol generó mayor resistencia a la compresión con 239.39 kg/cm², para el concreto patrón 215.61 kg/cm², y, 180.00 kg/cm² para el concreto con sustitución de cemento por 15% de polvo de mármol, estos resultados coinciden con los resultados y conclusiones obtenidas por Moreno et al (2022) quien encontró que la sustitución de polvo de mármol incrementó la resistencia a la compresión en morteros, concretos y la fabricación de ladrillos, que la reducción de la cantidad de cemento usado en el concreto y morteros generó reducción de costos debido a que existió diferencia significativa en el valor comercial respecto al polvo de mármol es mayor en el cemento, usar el polvo de mármol en la fabricación de ladrillos disminuye el costo de las piezas. Concluyeron que el porcentaje máximo de sustitución de polvo de mármol por cemento es del 10 % para que la resistencia no sea afectada.

En este estudio se tuvo como resultado que la sustitución de cemento por 10% de polvo de mármol generó mayor resistencia a la compresión con 239.39 kg/cm², para el concreto patrón 215.61 kg/cm², y, 180.00 kg/cm² para el concreto con sustitución de cemento por 15% de polvo de mármol, estos resultados coinciden muy ligeramente con los resultados y conclusiones obtenidas por la investigación antecedente de Chochos y Jácome (2020) en donde los resultados que las mezclas cumplieron satisfactoriamente con la resistencia a la compresión especificada de 21MPa para 28 días, la mezcla que no logró la resistencia fue la denominada RAM75 por la cantidad de finos que tuvo la arena de mármol, esto afectó de manera significativa a la resistencia a la compresión, pero para 56 días se tuvo una resistencia de 21.26 MPa. Concluyó que el aditivo adicionado al concreto le dio más trabajabilidad a la mezcla porque la resistencia en los primeros días de la elaboración del concreto disminuyó.

La presente investigación tuvo como resultado que la sustitución de cemento por 10% de polvo de mármol generó mayor resistencia a la compresión con 239.39

kg/cm², para el concreto patrón 215.61 kg/cm², y, 180.00 kg/cm² para el concreto con sustitución de cemento por 15% de polvo de mármol, estos resultados difieren significativamente con los resultados y conclusiones obtenidas por la investigación antecedente de Izquierdo, Soto y Ramalho (2018) en donde se tuvo que el hormigón presentó mayor resistencia a la compresión que el hormigón con bajo contenido de cemento, que las mezclas de 5% de polvo presentaron valores mayores al 2,1% superiores a la resistencia a la compresión del hormigón patrón. Las mezclas ricas en cemento que tuvieron razón a/c de 6:1 con reemplazo de polvo de hasta un 10% tuvieron mejor desempeño mecánico, 13% superior, en relación al hormigón patrón. Concluyeron que el polvo orgánico como material de relleno en el hormigón puede sustituir parte del cemento debido a que se pueden lograr hormigones más resistentes y densos y con menor absorción específica e índice de vacíos. Las diferencias se debieron a las diferencias en los materiales que sustituyeron al cemento.

En esta investigación se encontró que la sustitución de cemento por 10% de polvo de mármol generó mayor resistencia a la compresión con 239.39 kg/cm², para el concreto patrón 215.61 kg/cm², y, 180.00 kg/cm² para el concreto con sustitución de cemento por 15% de polvo de mármol, estos resultados coinciden con los resultados y conclusiones obtenidas por la investigación antecedente de Villanueva (2022) quien encontró que sustituir el material cementante de un concreto autocompactante por polvo de mármol en porcentajes de 0%, 5%,10% y 15%, influyó significativamente en las propiedades en estado fresco del concreto, que reemplazar el material cementante de un concreto autocompactante por polvo de mármol en diferentes porcentajes (0%, 5%,10% y 15%) influyó significativamente en la resistencia a la compresión. Concluyó que los ensayos mostraron que producir concreto autocompactante con cemento Andino reemplazándolo en diferentes dosis por polvo de mármol mejoraron los resultados que producir con cemento Inka.

La presente investigación tuvo como resultado que la sustitución de cemento por 10% de polvo de mármol generó mayor resistencia a la compresión con 239.39 kg/cm², para el concreto patrón 215.61 kg/cm², y, 180.00 kg/cm² para el concreto con sustitución de cemento por 15% de polvo de mármol, estos resultados coinciden con los resultados y conclusiones obtenidas por Briceño y Navarro (2021) quienes encontraron que la aplicación del polvo de mármol incrementó más la resistencia a la compresión cuando se añadió 1.5% de polvo de mármol. Concluyó que la resistencia a la compresión máxima obtenida fue con el 1.5% de polvo de mármol reciclado adicionado, el peso unitario se incrementó ligeramente hasta el 1.0% de polvo de mármol reciclado adicionado a las mezclas de concreto 175 kg/cm² y 210 kg/cm². Concluyó además que la cantidad óptima de mármol reciclado fue 1.5% debido a que se obtuvo la mejor resistencia.

Este estudio tuvo como resultado que la sustitución de cemento por 10% de polvo de mármol generó mayor resistencia a la compresión con 239.39 kg/cm², para el concreto patrón 215.61 kg/cm², y, 180.00 kg/cm² para el concreto con sustitución de cemento por 15% de polvo de mármol, estos resultados coinciden con los resultados y conclusiones obtenidas por Huamán y Maza (2021) en donde se tuvo que la sustitución del polvo de mármol aumentó de significativamente a la resistencia a la compresión de un concreto autocompactante, se encontró que la correcta dosificación y sustitución de polvo de mármol permitieron incrementar hasta el 19% en la resistencia a la compresión con relación a la muestra control, en la sustitución de 10% de polvo de mármol, se identificaron resistencias máximas de 791 kg/cm² y 617 kg/cm² a los 28 días de curado para adiciones del 10% de polvo de mármol. Concluyeron que la sustitución del porcentaje óptimo porcentaje de polvo de mármol y aditivo superplastificante incrementan la resistencia a la compresión del concreto autocompactante.

En el presente estudio se tuvo como resultado que la sustitución de cemento por 10% de polvo de mármol generó mayor resistencia a la compresión con 239.39 kg/cm², para el concreto patrón 215.61 kg/cm², y, 180.00 kg/cm² para el concreto con sustitución de cemento por 15% de polvo de mármol, estos resultados coinciden significativamente con los resultados y conclusiones obtenidas por Arimana y Taquiri (2020) quienes encontraron que la resistencia a la compresión del concreto f'_c : 210 kg/cm² con adición de 15% incrementó la resistencia a la compresión en 18.3% en relación al concreto patrón. La resistencia a la compresión del concreto patrón en 28 días fue 222.2 kg/cm². Del concreto con 5% de residuos de mármol a los 28 días fue 232.8 kg/cm², tuvo incremento de 4.8% respecto al patrón. La resistencia a la compresión del concreto con 10% fue 239.9 kg/cm², con incremento de 8% respecto al patrón. La resistencia a la compresión del concreto con 15% fue 262.8 kg/cm², en este caso el incremento fue 18.3% respecto al concreto patrón. Concluyó que la sustitución de mármol incrementa la resistencia a la compresión.

La presente investigación tuvo como resultado que la sustitución de cemento por 10% de polvo de mármol generó mayor resistencia a la compresión con 239.39 kg/cm², para el concreto patrón 215.61 kg/cm², y, 180.00 kg/cm² para el concreto con sustitución de cemento por 15% de polvo de mármol, estos resultados coinciden con los resultados y conclusiones obtenidas por la investigación antecedente de Goicochea e Inga (2018) en donde se encontró que el peso unitario de la marmolina se incrementó debido a que este material llena los espacios vacíos volviéndolo más compacto, se encontró que la marmolina no interfiere directamente con la temperatura del concreto. Que la adición de 10% de marmolina a la mezcla del concreto incrementó la resistencia a la compresión en 10% en los dos patrones investigados en 28 días. Concluyeron que la adición de marmolina en ambos patrones de concreto incrementó la resistencia a la compresión en 10%.

Este estudio tuvo como resultado que la sustitución de cemento por 10% de polvo de mármol generó mayor resistencia a la compresión con 239.39 kg/cm², para el concreto patrón 215.61 kg/cm², y, 180.00 kg/cm² para el concreto con sustitución de cemento por 15% de polvo de mármol, estos resultados coinciden ligeramente con los resultados y conclusiones obtenidas por Quiliche, Jharol Sthiward (2018) tuvo como resultados un incremento de la resistencia a la compresión de 12 % y 13 % a los 28 y 56 días de 418 Kg/cm² y 451 Kg/cm², en cuanto a la porosidad, se obtuvo un mejor comportamiento presentando un valor de 10 %, el cual tuvo relación directa con el incremento de la resistencia a la compresión. La adición de polvo de mármol incrementó la resistencia a la compresión, presentando valores de resistencia a la compresión a 28 y 56 días de 438 Kg/cm² y 519 Kg/cm², generando un incremento de 17 % y 30 % a los 28 y 56 días de curado. Concluyó que la adición de polvo de mármol incrementa la resistencia a la compresión del concreto.

La presente investigación tuvo como resultado que la sustitución de cemento por 10% de polvo de mármol generó mayor resistencia a la compresión con 239.39 kg/cm², para el concreto patrón 215.61 kg/cm², y, 180.00 kg/cm² para el concreto con sustitución de cemento por 15% de polvo de mármol, estos resultados no coinciden con los resultados y conclusiones obtenidas por la investigación antecedente de Naveda y Muñoz (2019) en donde se tuvo que la resistencia a la compresión del concreto patrón a los 28 días fue de 216 kg/cm². La resistencia a la compresión del concreto experimental con adición del 15% fue de 225.5 kg/cm², la resistencia del concreto con 20% no cumplió con la resistencia de 28 días ya que se tuvo 205.7 kg/cm². 5.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La compresión de un concreto autocompactante $F'_c=210$ Kg/cm² sustituyendo el cemento por 10% de polvo de mármol fue 239.39 kg/cm², fue la mayor resistencia a

los 28 días, mientras que el promedio de las resistencias a la compresión fueron 215.61 kg/cm² para el concreto patrón, y, 180.00 kg/cm² para el concreto con sustitución de cemento por 15% de polvo de mármol.

En las propiedades físicas se encontró que el coeficiente de absorción fue de 0.2%, la densidad del mármol es de 2,69 Kg/dm³ y la dureza es de 3.3 kg/cm². Las propiedades mecánicas fueron resistencia mecánica a la rotura del mármol bajo esfuerzos compresivos uniaxiales es 391 kg/cm² en promedio, la resistencia a compresión fue 723.4 Kg/cm², la resistencia a la tracción fue de 216.5 kg/cm², la resistencia a flexión es de 156.8 Kg/cm², mientras que la resistencia al impacto es 36.7 cm.

La composición química elemental del polvo de mármol en % obtenido de la masa total realizado en el ensayo de mármol calcinando por FRXDE fueron los siguientes: Oxido de aluminio (Al₂O₂), dióxido de silicio (SiO₂), dióxido de azufre (SO₂), óxido de potasio (K₂O), óxido de calcio (CaO), óxido de manganeso (MnO), óxido férrico (Fe₂O₃), óxido de cobre (CuO), óxido de zinc (ZnO), óxido de estroncio (SrO) y dióxido de circonio (ZrO₂).

El peso específico del polvo de mármol promedio obtenido en 90% de cemento y 10% de mármol fue 3.161 gr/cm³ y, en 85% de cemento y 15% de polvo de mármol fue 3.351 gr/cm³.

El grado de alcalinidad PH del concreto patrón encontrado fue 12.4, esto indicó que fue extremadamente alcalino, mientras que el grado de alcalinidad PH del concreto con adición de 10% de polvo de mármol fue 12.08, lo cual indicó que fue experimental extremadamente alcalino, y la del concreto patrón con adición de 15% de polvo de mármol fue 12.05, lo cual fue extremadamente alcalino.

La relación A/C del concreto patrón fue 0.684, 29.21 lts/bolsa. Relación A/C del concreto Experimental con 10% de polvo de mármol. La relación A/C del concreto Experimental con 10% de polvo de mármol fue 0.684, 29.52 lts/bolsa. Relación A/C del concreto Experimental con 15% de polvo de mármol. La relación A/C del concreto Experimental con 15% de polvo de mármol fue 0.684, 30.13 lts/bolsa.

El concreto patrón a los 7 días tubo promedio de resistencia a la compresión de 164.66 kg/cm², a los 14 días 193.01 kg/cm², a los 28 días 215.61 kg/cm². El concreto con sustitución de cemento por 10% de polvo de mármol tuvo a los 7 días un promedio de 177.18 kg/cm², a los 14 días 202.48 kg/cm² y a los 28 días 239.39 kg/cm². El concreto con sustitución de cemento por 15% de polvo de mármol tuvo a los 28 días un promedio de 142.34 kg/cm², a los 14 días 158.79 kg/cm² y a los 28 días 180.00.39 kg/cm².

Esto significó que la sustitución de polvo de mármol incrementó la resistencia a la compresión hasta los 7 días de vida del concreto en 10% pero en 15% disminuyó. el concreto con sustitución de 10% polvo de mármol presentó mayor resistencia a la compresión hasta los 14 días de vida del concreto que el concreto patrón y el concreto con 15% de sustitución de polvo de mármol. El concreto con sustitución de 10% polvo de mármol presentó mayor resistencia a la compresión hasta los 28 días de vida del concreto que el concreto patrón y el concreto con 15% de sustitución de polvo de mármol.

Recomendaciones

Los resultados obtenidos por la sustitución de cemento por 10% de polvo de mármol deben ser considerados para las construcciones que requieran resistencias a la compresión superiores a las obtenidas por el concreto patrón, se recomienda estudiar los beneficios y costos para recomendar su aplicación.

Los resultados obtenidos por la sustitución de cemento por 15% de polvo de mármol deben ser tenidos en cuenta para las construcciones que requieran resistencias a la compresión inferiores a las obtenidas por el concreto patrón, se recomienda aplicar este tipo de concreto en construcciones que no van a estar sujetas a compresiones altas, tales como, vías peatonales, parques, etc., así como también, se debe estudiar los beneficios y costos para recomendar su aplicación definitiva.

Se debe realizar un estudio en donde se determine el porcentaje de sustitución de polvo de mármol que maximice la resistencia a la compresión del concreto, la cual puede ser ligeramente inferior o superior al 10% obtenido en la presente investigación.

VII. AGRADECIMIENTO

Agradecer primero a DIOS por haberme regalado la vida y permitirme ser parte de una familia sólida y unida. Agradecer a mis padres y hermanos quienes sabiamente me supieron guiar en la vida. A los docentes de la Universidad San Pedro, quienes supieron formarnos en el ámbito profesional, social y humano. Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que agradezco su consejos, apoyo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida, quiero darles las gracias por formar parte de mí.

A mi asesor Mag. Solar Jara, Miguel Ángel, quien me brindo su tiempo y apoyo en esta etapa de mi presente investigación.

Jhonni

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abanto, T. (2017). *Tecnología del concreto*. (Tercera edición). Lima: San Marcos.

Al-Rousan, T., E. Masad, E. Tutumluer y T. Pan. (2007). *Evaluation of image analysis techniques for quantifying aggregate shape characteristics*, *Construction and Building Materials*, Volumen 21, pp. 978-990, EE.UU.

Álvarez, J. (2014). *Hormigón Autocompactante con Nano Adiciones y Fibras*. [Tesis de grado].

Ambrosie, J. y Pera, J. (2001). *Propiedades del Concreto Autonivelante*. (I. M. Concreto, Ed.) *Construcción y Tecnología en Concreto*, págs. 16-22.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (2009). *Standard Specification for Portland cement*. ASTM C 150/C 150 M-16. 2016.

Arimana, I. A. y Taquiri, L. A. (2020). *Evaluación de la resistencia a la compresión y flexión del concreto $f'c$: 210kg/cm², mediante la adición de residuos de mármol*, Lima 2020. [Tesis de grado]. Universidad César vallejo, Lima Perú.

ARQHYS. (2012). *Mármol y su construcción*. Recuperado de: <http://www.arqhys.com/construcciones/marmol-construccion.html>.

Aspilcueta, M. (2015) *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión del concreto estimada a partir de la utilización del método de madurez*. [Tesis de pregrado]. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

Betancourt, J. (2019) *Comportamiento de mezclas de mortero con residuos de mármol (polvo), cáscara de nuez y mucílago de nopal* [en línea]. Cuba

(artículo) Universidad Juárez del Estado de Durango Gómez Palacio, Durango, México (2019). Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1939/193958877005/>

Briceño, C. A. y Navarro, P. R. (2021). *Influencia de la adición de polvo de mármol reciclado y tipo de cemento sobre los estados fresco y endurecido de los concretos $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Trujillo - 2021*. [Tesis de grado]. Universidad César Vallejo. Trujillo, Perú.

Chochos, E. L. y Jácome, I. D. (2020). *Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas entre el hormigón tradicional y el hormigón con inclusión de residuos de mármol*. [Tesis de grado]. Universidad Central del Ecuador.

Chután, R. (2004). *Concreto autocompactado experimentación en Guatemala*. [Tesis de grado].

Efnarc, F. E. (2002). *Especificaciones y Directrices para el Hormigón Autocompactable - HAC*.

Ferrel, H. y Moreano, E. (2019). *Evaluación de la calidad de los agregados provenientes de las canteras en el sector de Pachachaca-Abancay y su influencia en la resistencia del concreto empleado en obras civiles de Abancay-Apurímac, 2018*. Tesis de grado. Universidad Tecnológica de los Andes. Abancay, Apurímac, Perú.

Garavito, E. (2017). *Control de calidad de los agregados*. Grupo Argos, 360 en Concreto. Colombia.
<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/control-de-calidad-delos-agregados-1>

- Goicochea, K. B. y Inga, N. J. (2018). *La marmolina y su influencia en las propiedades de concretos de alta resistencia $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$ para la ciudad de Trujillo*. [Tesis de grado]. Universidad privada Antenor Orrego. Trujillo Perú.
- Gutiérrez, L. (2003). *El Concreto y otros Materiales para la Construcción*. 2° ed. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2003. 227 pp. ISBN 9589322824
- Hernández, L.; Gómez P.; Contreras, C.; Bravo L. y Padilla, S. (2018). *Resistencia a la compresión del concreto*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/328199242_RESISTENCIA_A_LA_COMPRESION_DEL_CONCRETO
- Hernández, R, Fernández, C y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. Sexta. México: Mc Graw Hill Interamericana Editores.
- Huamán, D. O. y Maza, S. J. (2021). *Polvo de mármol y aditivo superplastificante para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de un concreto autocompactante*. [Tesis de grado]. Universidad Ricardo Palma. Lima. Perú.
- Izquierdo, I; Soto, O. y Ramalho, M. (2018). *Propiedades físicas y mecánicas del hormigón usando polvo residual de desechos orgánicos como reemplazo parcial del cemento*. Artículo científico. Universidade Federal do Tocantis. Brasil. Revista de Ingeniería y Construcción. ISSN 0718-5073. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000300229>

- Mastali A. & Dalvand, A. (2017). *Fresh and hardened properties of selfcompacting concrete reinforced with hybrid recycled steelpolypropylene fiber*. Recuperado de:
<https://lu.ac.ir/usersfiles/963063.1803476.3266551.78618.pdf>
- Mehta, K. (2000). *Avances en la tecnología del concreto*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Obtenido de
<http://www.imcyc.com/revista/2000/octubre2000/concreto.htm>
- Metha, P. y Monteiro, P. (2013). *Concrete: Microstructure, Properties and Materials*. Third edition. California: McGraw- Hill.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2016). *Manual de ensayo de materiales*, Lima, Perú.
- Moreno, A.; Ponce, C.; Múzquiz, E.; y Avalos, F. (2022). *Residuos de mármol en materiales para la construcción: una revisión del uso del polvo de mármol en morteros, concretos y ladrillos*. Universidad Autónoma de Coahuila, México. Revista ALCONPAT. eISSN 20076835. DOI:
<https://revistaalconpat.org/index.php/RA/article/view/522>
- Naveda, J. E. y Muñoz, J. P. (2019) *Resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210$ kg/cm² al sustituir porcentajes de cemento por la combinación de arcilla con ceniza de concha de abanico, Chimbote 2019*. [Tesis de grado]. Universidad César Vallejo. Chimbote, Perú.
- Neville, A. y Brooks, J. (2010). *Tecnología del Concreto* (Segunda ed.). Techbooks.

NORMA TÉCNICA PERUANA. NTP 400.043. (2015). *Agregados practica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo* (2 ed.). Lima: Dirección de Normalización - INACAL.

Okamura, H. (1997). *Diseño de Hormigones Autocompactables de Alta Resistencia*. Revista Cemento Hormigón, 32-33.

Okamura, H., & Ouchi, M. (2003). *Self-compacting concrete*. Journal of advanced concrete technology (Vol. 1).

Okamura, H., Maekawa, K. & Mishima, T. (2000). *Performance based design for self-compacting structural high-strength concrete*. ACI special publication.

Omary, S., Ghorbel, E., & Wardeh, G. (2016). *Relationships between recycled concrete aggregates characteristics and recycled aggregates concretes properties*. Construction and Building Materials, 108, 163–174.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.01.042>

Pasquel, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto* (Segunda ed.). Perú.

Quiliche, J. S. (2018). *Influencia del polvo de mármol y superplastificante sobre la compresión, porosidad, capacidad al paso y relleno de un concreto autocompactante, Trujillo 2018*. [Tesis de grado]. Universidad privada del Norte. Trujillo, Perú.

Rivva, E. (2014). *Diseño de Mezclas. Tercera edición*. Lima. Perú.

Rivva, E. (2015). *Tecnología del Concreto: Diseño de Mezclas* (Tercera ed.). Lima.

- Sánchez, H. (2014). *Efecto del Aditivo Superplastificante Sika Viscocrete en la Resistencia Mecánica del Concreto Autocompactante*. [Tesis de grado].
- Santos, A., Betancourt, J., & Villegas, N. (2012). *Residuo de mármol como insumo en la construcción civil*. Durango. México.
- Serrano, M. F. (2010) *La calidad del concreto: responsabilidad del diseñador y del constructor, Innovación y Ciencia*, Volumen XVII, No. 2, Asociación.
- Steven, K., Kerkhoff, B., Panarese, W. y Tanesi, J. (2004). *PCA: Diseño y Control de Mezclas de Concreto* (Primera ed.).
- Villanueva, A. E. (2022) *Factibilidad del aprovechamiento sostenible del polvo de mármol como filler en la elaboración de concreto autocompactante*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Wendner, R., Vorel, J., Smith, J., Hoover, C. G., Bazant, Z. k. P., & Cusatis, G. (2014). *Characterization of concrete failure behavior: a comprehensive experimental database for the calibration and validation of concrete models*. *Materials and Structures*. doi:10.1617/s11527-014-0426-0

VIII. APÉNDICES Y ANEXOS

Anexo 01

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
V1: Polvo de mármol	Es el mármol triturado que se obtiene mediante procesos de corte y molienda (Santos et al, 2012)	La variable Sustitución del cemento por 10% y 15% con polvo de mármol se va a medir mediante	Fluidez del concreto Preparación del polvo de mármol Diseño de mezcla	Fluidez en sustitución de 10% de polvo de mármol Fluidez en sustitución de 15% de polvo de mármol Selección de cantera Obtención Pesos requeridos Almacenamiento Diseño de mezcla con 10% de polvo de mármol Diseño de mezcla con 10% de polvo de mármol Resistencia a la compresión de concreto con 10% de polvo de mármol a los 7 días Resistencia a la compresión de concreto con 10% de polvo de mármol a los 14 días Resistencia a la compresión de concreto con 10% de polvo de mármol a los 28 días Resistencia a la compresión de concreto con 15% de polvo de mármol a los 7 días Resistencia a la compresión de concreto con 15% de polvo de mármol a los 14 días Resistencia a la compresión de concreto con 15% de polvo de mármol a los 28 días Comparación de resistencia a la compresión de concretos con 10% y 15% a los 7 días Comparación de resistencia a la compresión de concretos con 10% y 15% a los 14 días	Numérica De razón
V2: Resistencia a la Compresión de un Concreto Autocompactante F'c=210 Kg/cm2.	Es la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto, es determinada mediante ensayos en probetas de concreto o mortero (Rivva, 2015)	La variable Resistencia a la Compresión de un Concreto Autocompactante F'c=210 Kg/cm2., se va a medir mediante los cálculos de la resistencia a la compresión con adición de 10% y 15% de mármol a los 7, 14 y 28 días de su elaboración (Rivva, 2015)	Sustitución al 10% Sustitución al 15% Comparación	Resistencia a la compresión de concreto con 10% de polvo de mármol a los 7 días Resistencia a la compresión de concreto con 15% de polvo de mármol a los 7 días Resistencia a la compresión de concreto con 15% de polvo de mármol a los 14 días Resistencia a la compresión de concreto con 15% de polvo de mármol a los 28 días Comparación de resistencia a la compresión de concretos con 10% y 15% a los 7 días Comparación de resistencia a la compresión de concretos con 10% y 15% a los 14 días	Numérica De razón

Matriz de operacionalización de variables

Comparación de
resistencia a la compresión
de concretos con 10% y
15% a los 28 días

Anexo 02

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Resistencia a la Compresión de un Concreto Autocompactante $F'c=210$ Kg/cm² sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	VARIABLES	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
<p>GENERAL:</p> <p>¿Cuál es la Compresión de un Concreto Autocompactante $F'c=210$ Kg/cm² sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023?</p>	<p>V.I.</p> <p>Resistencia a la Compresión de un Concreto Autocompactante $F'c=210$ Kg/cm²</p>	<p>GENERAL:</p> <p>Determinar la Resistencia a la Compresión de un Concreto Autocompactante $F'c=210$ Kg/cm² sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023.</p>		<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Aplicada Experimental</p>
<p>ESPECÍFICOS</p> <p>¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del polvo de mármol?</p> <p>¿Cuál es la composición química del polvo de mármol mediante el ensayo de fluorescencia de rayos X (FRX)?</p> <p>¿Cuál es el peso específico del polvo de mármol?</p> <p>¿Cuál es la relación A/C del concreto patrón y Experimental?</p> <p>¿Cuál la resistencia a compresión del concreto patrón y</p>	<p>V.D.</p> <p>Sustitución de cemento por 10% y 15% con polvo de mármol.</p>	<p>ESPECÍFICOS</p> <p>Determinar las propiedades físicas y mecánicas del polvo de mármol.</p> <p>Determinar la composición química del polvo de mármol mediante el ensayo de fluorescencia de rayos X (FRX).</p> <p>Determinar el peso específico del polvo de mármol.</p> <p>Determinar la relación A/C del concreto patrón y Experimental.</p> <p>Determinar el grado de alcalinidad PH del concreto patrón y concreto experimental.</p>	<p>GENERAL:</p> <p>La sustitución del cemento por 10% y 15% con polvo de mármol incrementa significativamente la Resistencia a la compresión de un Concreto Autocompactante $F'c=210$ Kg/cm².</p>	<p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>Pre experimental</p> <p>G1: O1...O2 G2: O1...X...O2 G3: O1...X...O2</p> <p>Donde: G1: Concreto patrón G2: Concreto con 10% de polvo de mármol G2: Concreto con 10% de polvo de mármol X: Sustitución de cemento por polvo de mármol O1 y O2 son las observaciones</p>

<p>concreto experimental a los 7, 14 y 28 días?</p>				
<p>¿Cuál es el análisis y la comparación de los resultados mediante la validez estadística?</p>		<p>Determinar la resistencia a compresión del concreto patrón y concreto experimental a los 7, 14 y 28 días</p> <p>Analizar y comparar resultados mediante la validez estadística.</p>		

Anexo 03

Límites granulométricos para agregado grueso según las Normas NTP 400.037 y ASTM C33 (RIVVA, Materiales para el Concreto, 2014)

HUSO	Tamaño Máximo Nominal	Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso														
		Porcentaje que pasa por Tamices Normalizados														
		de	100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25.0 mm	19.0 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	300 mm
a	4 pulg.	3 1/2 pulg.	3 pulg.	2 1/2 pulg.	2 pulg.	1 1/2 pulg.	1 pulg.	3/4 pulg.	1/2 pulg.	3/8 pulg.	N° 4	N° 8	N° 16	N° 50		
1	90 mm a 37.5mm	3 1/2 pulg. a 1 1/2 pulg	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 15						
2	63 mm a 37.5mm	3 1/2 pulg. a 1 1/2 pulg			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5						
3	50 mm a 25.0 mm	2 pulg. a 1 pulg				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 15					
357	50 mm a 4.75mm	2 pulg. a N° 4				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5			
4	37.5 mm a 19.0 mm	1 1/2 pulg. a 1/4 pulg					100	90 a 100	20 a 55	0 a 5		0 a 5				
467	37.5 mm a 4.75mm	1 1/2 pulg. a N° 4					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5			
5	25.0 mm a 9.5mm	1 pulg. a 1/2 pulg						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5				
56	25.0 mm a 9.5mm	1 pulg. a 3/8 pulg						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5			

HUSO	Tamaño Máximo Nominal	Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso															
		Porcentaje que pasa por Tamices Normalizados															
		de	100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25.0 mm	19.0 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	300 mm	
a	4 pulg.	3 1/2 pulg.	3 pulg.	2 1/2 pulg.	2 pulg.	1 1/2 pulg.	1 pulg.	3/4 pulg.	1/2 pulg.	3/8 pulg.	N° 4	N° 8	N° 16	N° 50			
57	25.0 mm a 4.75mm	1 pulg. a N° 4						100	95 a 100		25 x 60		0 a 10	0 a 5			
6	19.0 mm a 9.5mm	3/4 pulg. a 3/8 pulg							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5				
67	19.0 mm a 4.75mm	3/4 pulg. a N° 4							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5			
7	12.5 mm a 4.75mm	1/2 pulg. a N° 4								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5			
8	9.5 mm a 2.36mm	3/8 pulg. a N° 8									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5		
89	9.5 mm a 1.18 mm	3/8 pulg. a N° 16										100	90 a 100	25 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	475 mm a 1.18 mm	N° 4 a N° 16											100	85 a 100	40 a 10	0 a 10	0 a 5

Anexo 04

Resultados de laboratorio



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA

(15% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : Bach. Camones Espinoza Jhonni Farfan
TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto autocompactante $F_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
FECHA : 17/07/2023

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm^2 , a los 28 dias.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico 3.35

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : VESIQUE

- Peso especifico de masa 2.66
- Peso unitario suelto 1506 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1701 kg/m^3
- Contenido de humedad 0.66 %
- Absorción 0.74 %
- Módulo de fineza 2.80

D.- Agregado grueso

CANTERA : LA SORPRESA

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso especifico de masa 2.84
- Peso unitario suelto 1449 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1591 kg/m^3
- Contenido de humedad 0.31 %
- Absorción 0.34 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.082
15% Polvo de marmol.....	(m ³)	0.014
Agua efectiva.....	(m ³)	0.205
Agregado fino.....	(m ³)	0.332
Agregado grueso.....	(m ³)	0.347
Aire.....	(m ³)	0.020
		1.000 m³

PESOS SECOS

Cemento.....	254.75 kg/m ³
15% Polvo de marmol.....	44.956 kg/m ³
Agua efectiva.....	205.00 lts/m ³
Agregado fino.....	881.18 kg/m ³
Agregado grueso.....	986.27 kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	254.75 kg/m ³
15% Polvo de marmol.....	44.956 kg/m ³
Agua efectiva.....	212.50 lts/m ³
Agregado fino.....	886.97 kg/m ³
Agregado grueso.....	989.34 kg/m ³

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\frac{254.75}{254.75} : \frac{44.956}{254.75} : \frac{886.97}{254.75} : \frac{989.34}{254.75}$$

$$1 : 0.18 : 3.48 : 3.88 \quad 30.13 \text{ lts / bolsa}$$

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL



DISEÑO DE MEZCLA
(10% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : Bach. Camones Espinoza Jhonni Farfan
 TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto autocompactante $F_c=210$ Kg/cm² sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 FECHA : 17/07/2023

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico 3.16

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.- Agregado Fino :

CANTERA : VESIQUE

- Peso específico de masa 2.66
- Peso unitario suelto 1506 kg/m³
- Peso unitario compactado 1701 kg/m³
- Contenido de humedad 0.66 %
- Absorción 0.74 %
- Módulo de fineza 2.80

D.- Agregado grueso

CANTERA : LA SORPRESA

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso específico de masa 2.84
- Peso unitario suelto 1449 kg/m³
- Peso unitario compactado 1581 kg/m³
- Contenido de humedad 0.31 %
- Absorción 0.34 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.086
10% Polvo de marmol.....	(m ³)	0.010
Agua efectiva.....	(m ³)	0.205
Agregado fino.....	(m ³)	0.332
Agregado grueso.....	(m ³)	0.347
Aire.....	(m ³)	0.020
		1.000 m³

PESOS SECOS

Cemento.....	269.74	kg/m ³
10% Polvo de marmol.....	29.971	kg/m ³
Agua efectiva.....	205.00	lts/m ³
Agregado fino.....	881.18	kg/m ³
Agregado grueso.....	986.27	kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	269.74	kg/m ³
10% Polvo de marmol.....	29.971	kg/m ³
Agua efectiva.....	208.20	lts/m ³
Agregado fino.....	886.97	kg/m ³
Agregado grueso.....	989.34	kg/m ³

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\frac{269.74}{269.74} : \frac{29.971}{269.74} : \frac{886.97}{269.74} : \frac{989.34}{269.74}$$

$$1 : 0.11 : 3.29 : 3.67 \quad 29.52 \text{ lts / bolsa}$$

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Laboratorio de Mecánica de Materiales Civil



DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : Bach. Camones Espinoza Jhonni Farfan
TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto autocompactante $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
FECHA : 17/07/2023

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm^2 , a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico 3.12

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : VESIQUE

- Peso especifico de masa 2.66
- Peso unitario suelto 1506 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1701 kg/m^3
- Contenido de humedad 0.66 %
- Absorción 0.74 %
- Módulo de fineza 2.80

D.- Agregado grueso

CANTERA : LA SORPRESA

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso especifico de masa 2.84
- Peso unitario suelto 1449 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1591 kg/m^3
- Contenido de humedad 0.31 %
- Absorción 0.34 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

FACTOR DE CEMENTO

F.C. : 205 / 0.684 = 299.708 kg/m³ = 7.05 bolsas / m³

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	299.708	kg/m ³
Agua efectiva.....	206.010	lts/m ³
Agregado fino.....	886.966	kg/m ³
Agregado grueso.....	989.340	kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{886.966}{299.71} : \frac{989.34}{299.71}$$

$$1 : 2.96 : 3.30 : 29.21 \text{ lts / bolsa}$$

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$1 : 2.93 : 3.41 : 29.21 \text{ lts / bolsa}$$

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
Especialista en Ingeniería Civil



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : Bach. Camones Espinoza Jhonni Farfan
 TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto autocompactante $F_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ sustituyendo el
 cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 FECHA : 17/07/2023

F' C : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO	ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm ²	FC/FC'
				MOLDEO	ROTURA			
01	PATRON		3.8	12/06/2023	19/06/2023	7	162.74	77.49
02	PATRON		3.8	12/06/2023	19/06/2023	7	165.88	78.99
03	PATRON		3.8	12/06/2023	19/06/2023	7	164.71	78.43
04	PATRON		3.8	12/06/2023	26/06/2023	14	191.76	92.27
05	PATRON		3.8	12/06/2023	26/06/2023	14	191.23	91.06
06	PATRON		3.8	12/06/2023	26/06/2023	14	194.04	92.40
07	PATRON		3.8	12/06/2023	10/07/2023	28	218.34	103.97
08	PATRON		3.8	12/06/2023	10/07/2023	28	213.11	101.48
09	PATRON		3.8	12/06/2023	10/07/2023	28	215.38	102.56

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 10%

SOLICITA : Bach. Camones Espinoza Jhonní Farfan
TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto autocompactante $F'c=210$ Kg/cm² sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 17/07/2023

F' C : 210 Kg/cm²

N°	ELEMENTO	SLUMP (")	MOLDEO	ROTURA	EDAD DIAS	FC Kg/Cm ²	FC/F' C (%)
01	EXPERIMENTAL	3,4	12/06/2023	19/06/2023	7	178,72	85,10
02	EXPERIMENTAL	3,4	12/06/2023	19/06/2023	7	178,11	84,82
03	EXPERIMENTAL	3,4	12/06/2023	19/06/2023	7	174,71	83,20
04	EXPERIMENTAL	3,4	12/06/2023	26/06/2023	14	200,66	95,55
05	EXPERIMENTAL	3,4	12/06/2023	26/06/2023	14	203,79	97,04
06	EXPERIMENTAL	3,4	12/06/2023	26/06/2023	14	203,00	96,67
07	EXPERIMENTAL	3,4	12/06/2023	10/07/2023	28	242,09	115,28
08	EXPERIMENTAL	3,4	12/06/2023	10/07/2023	28	235,91	112,34
09	EXPERIMENTAL	3,4	12/06/2023	10/07/2023	28	240,16	114,36

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Carrera Profesional de Ingeniería Civil



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 15%

SOLICITA : Bach. Camones Espinoza Jhanni Farlan
 TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto autocompactante F'c=210 Kg/cm² sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023.
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 FECHA : 17/07/2023

F'c : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO ELEMENTO	SEMP (")	FECHA		EDAD DIAS	F'c Kg/cm ²	PUNTO (%)
			MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL	3.0	11/06/2023	20/06/2023	7	137.88	65.66
02	EXPERIMENTAL	3.0	13/06/2023	20/06/2023	7	143.28	68.23
03	EXPERIMENTAL	3.0	13/06/2023	20/06/2023	7	145.87	69.46
04	EXPERIMENTAL	3.0	13/06/2023	27/06/2023	14	161.30	76.81
05	EXPERIMENTAL	3.0	13/06/2023	27/06/2023	14	155.21	73.91
06	EXPERIMENTAL	3.0	13/06/2023	27/06/2023	14	159.87	76.13
07	EXPERIMENTAL	3.0	13/06/2023	11/07/2023	28	177.16	84.36
08	EXPERIMENTAL	3.0	13/06/2023	11/07/2023	28	183.36	87.31
09	EXPERIMENTAL	3.0	13/06/2023	11/07/2023	28	179.49	85.47

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO

(ASTM D-2216)

SOLICITA : Bach. Camones Espinoza Jhonni Farfan
TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto autocompactante $f'c=210$ Kg/cm² sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : VESIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 17/07/2023

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1398.6	1435.3
TARA + SUELO SECO (gr)	1390.4	1427.7
PESO DEL AGUA (gr)	8.2	7.6
PESO DE LA TARA (gr)	207.9	201.6
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1182.5	1226.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.69	0.62
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.66	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO

(ASTM D-2216)

SOLICITA : Bach. Camones Espinoza Jhonni Farfan
TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto autocompactante $F'c=210$ Kg/cm² sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : LA SORPRESA
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 17/07/2023

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1251.7	1262.4
TARA + SUELO SECO (gr)	1248.1	1259.2
PESO DEL AGUA (gr)	3.6	3.2
PESO DE LA TARA (gr)	160.6	162.8
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1087.5	1096.4
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.33	0.29
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.31	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Multidisciplinaria de Ingenieros Civil



GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO
(Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : Bach Camones Espinoza Jhenni Fartan
TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto autocompactante $F_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : VESIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 17/07/2023

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua	gr	889.20	889.20
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B)	cm ³	989.20	989.20
D	Peso de picnometro + agua + material	gr	877.10	877.10
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D)	cm ³	112.10	112.10
F	Peso de material seco en estufa	gr	297.80	297.80
G	Volumen de masa (E-(A-F))		109.90	109.90
H	P.e. Bulk (Base Seca)	F/E	2.657	2.657
I	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/E	2.676	2.676
J	P.e. Aparente (Base Seca)	F/E	2.710	2.710
K	Absorción (%) ((I-D-A)/A)x100		0.74	0.74

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.657
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.676
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.710
Absorción (%) : 0.74

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Polar Jara
DIRECTOR
Laboratorio de Ingeniería Civil



GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO
(Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : Bach. Camones Espinoza Jhonni Farfan
TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto autocompactante $F_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : LA SORPRESA
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 17/07/2023

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	787.80	882.40
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	512.40	571.70
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	275.40	310.70
D	Peso de material seco en estufa	785.40	879.10
E	Volumen de masa (C-(A-D))	273.00	307.40
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.852	2.829
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.861	2.840
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.877	2.860
F	Absorción (%) $((D-A)/A) \times 100$	0.31	0.38

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.841
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.850
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.868
Absorción (%) : 0.34

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
C.I. 00000000
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : Bch. Camones Espinoza Jhonni Farfan
 TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto autocompactante $F_c=210$ Kg/cm² sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : LA SORPRESA
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 17/07/2023

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestras	18720	18750	18610
Peso de molde	5100	5100	5100
Peso de muestra	13620	13650	13510
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1456	1459	1444
Peso unitario prom. (Kg/m³)	1453		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1449		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	20150	19950	19980
Peso de molde	5100	5100	5100
Peso de muestra	15050	14850	14880
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1609	1588	1591
Peso unitario prom. (Kg/m³)	1595		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1591		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL



PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : Bach. Camones Espinoza Jhonni Farfan
 TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto autocompactante $F_c=210$ Kg/cm² sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : VESIQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 17/07/2023

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7510	7550	7520
Peso de molde	3300	3300	3300
Peso de muestra	4210	4250	4220
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1510	1524	1514
Peso unitario prom. (Kg/m³)	1516		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1506		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8050	8050	8120
Peso de molde	3300	3300	3300
Peso de muestra	4750	4750	4820
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1704	1704	1729
Peso unitario prom. (Kg/m³)	1712		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1701		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



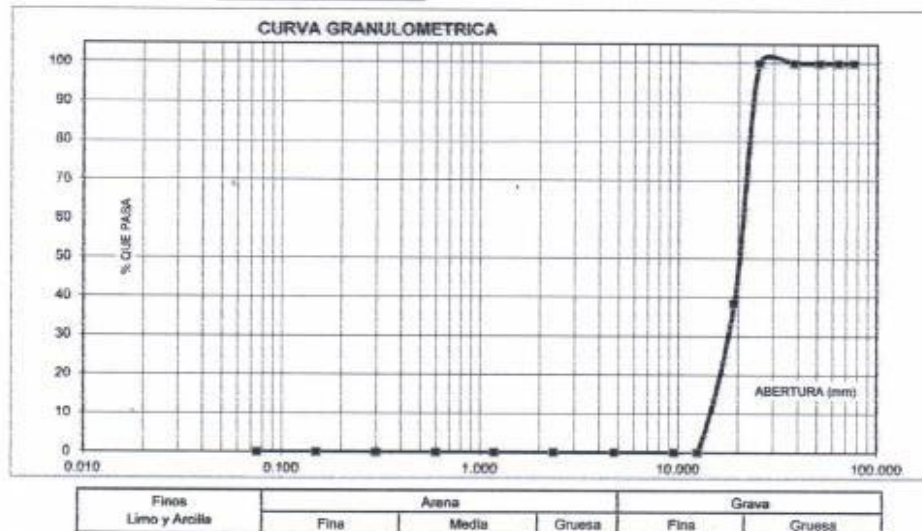
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : Bach Camones Espinoza Jhonni Farfan
 TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto autocompactante $F_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : LA SORPRESA
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 17/07/2023

TAMIZ	Abert.(mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
N° 3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.100	602.3	61.7	61.7	38.3
3/8"	12.500	373.2	38.3	100.0	0.0
3/16"	9.520	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 4	4.750	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 8	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 16	1.180	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 200	0.075	0.0	0.0	100.0	0.0
PLATO	ASTM C-117-04	0	0.0	100.0	0.0
TOTAL		975.5	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Huso	N° 5 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.





ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO
(ASTM C 136-06)

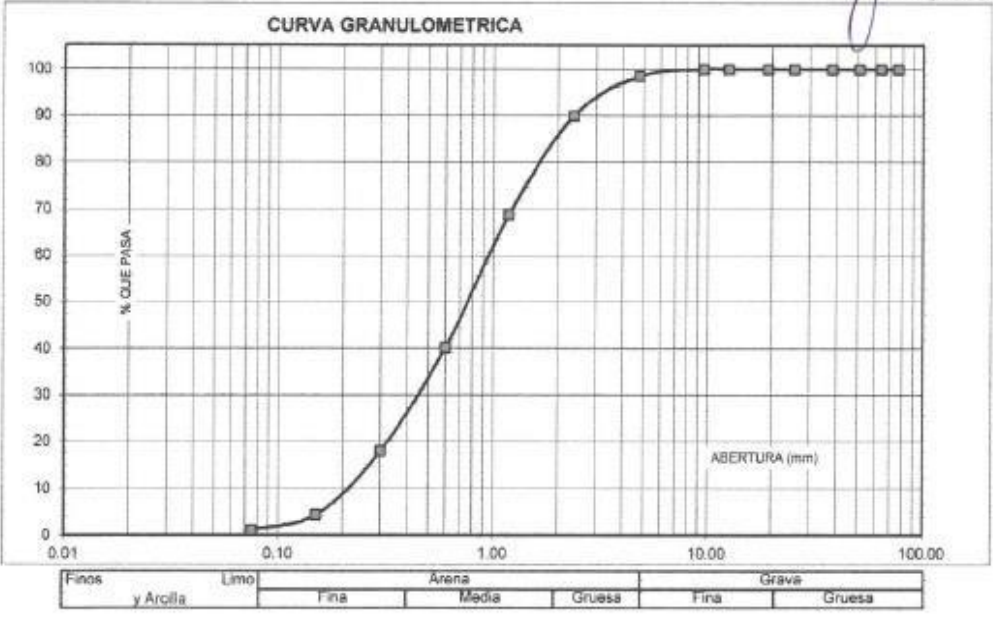
SOLICITA : Bach Camones Espinoza Jhonni Farfan
 TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto autocompactante $F_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : VESIQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 17/07/2023

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	75.20	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	12.0	1.5	98.5
N° 8	2.36	68.2	8.5	91.5
N° 16	1.18	170.0	21.3	78.7
N° 30	0.60	227.1	28.4	71.6
N° 50	0.30	177.5	22.2	77.8
N° 100	0.15	108.6	13.6	86.4
N° 200	0.08	25.8	3.2	96.8
PLATO	ASTM C-117-04	9.1	1.1	98.9
TOTAL		798.3	100.0	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.80

OBSERVACIONES
 La Muestra tomada identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 Ing. Miguel Solar Jara
 DIRECTOR
 Escuela Profesional de Ingeniería Civil





DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletair)

(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : Bach. Camones Espinoza jhonni farfan
TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto autocompactante F'c=210 Kg/cm² sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023
MATERIAL : 90% DE CEMENTO 10% POLVO DE MARMOL
FECHA : 17/07/2023

PRUEBA Nº		01	02
FRASCO Nº			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	20.30	20.20
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	20.30	20.20
PESO ESPECIFICO		3.153	3.168
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm ³)	3.161	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
BSC014 Programa de Ingeniería Civil



DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletair)

(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : Bach. Camones Espinoza jhonni farfan
TESIS : Resistencia a la compresión de un concreto autocompactante $F_c=210$ Kg/cm² sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023
MATERIAL : 85% DE CEMENTO 15% POLVO DE MARMOL
FECHA : 17/07/2023

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	19.10	19.10
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	19.10	19.10
PESO ESPECIFICO		3.351	3.351
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm ³)	3.351	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



ANÁLISIS DE LABORATORIO

SOLICITADO POR : Bach.Camones Espinoza Jhonni Farfan

ASUNTO : Calcinación de Muestras

FECHA DE RECEPCION : 02/06/2023

FECHA DE ENTREGA : 03/06/2023

Descripción	Proceso	Temperatura (°C)	Tiempo	Peso inicial (gr)	Peso final (gr)
Polvo de mármol	Calcinación	700	90 min	3665.9	2891.7

Chimbote, 17 de julio de 2023


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
Chimbote
Ing. Miguel Solar Jara
Director
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Trujillo, 24 de mayo del 2023

INFORME N° 07 - MAY-23



Solicitante:  Jhenni Farfan Camones Espinoza – Universidad San Pedro

RUC/DNI: 48400552.

Supervisor:

A

1. MUESTRA: Polvo de mármol (1. gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	PM-7M	30 mg	-----

2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 30 mg.


 Danny M. Chávez Novoa
 ING. MATERIALES
 R. CIR. 84953

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa



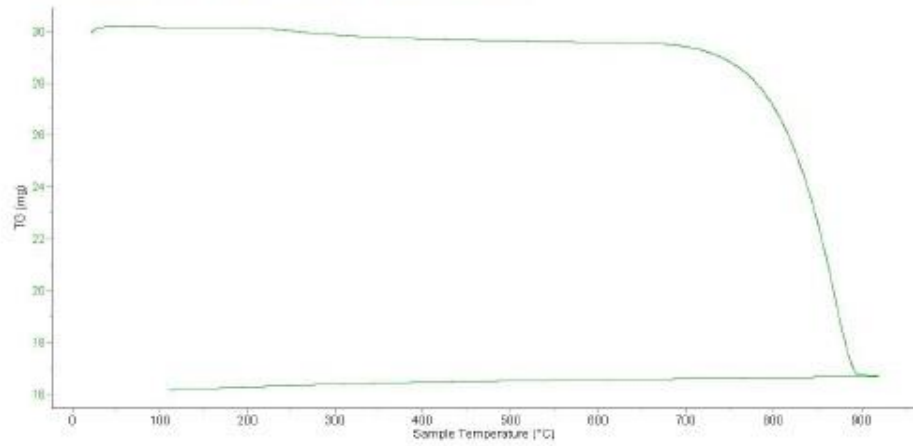
Trujillo, 24 de mayo del 2023

INFORME N° 07 - MAY-23

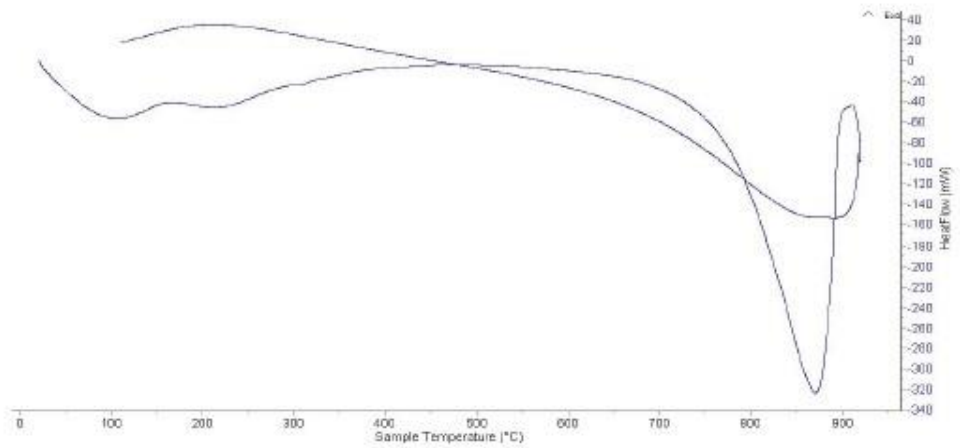


4. Resultados:

I- Curva de análisis termo-gravimétrico (TGA).



II- Curva de Análisis Térmico Diferencial (ATD)





Trujillo, 24 de mayo del 2023

INFORME N° 07 - MAY-23

5. CONCLUSION:

1. El análisis Termo gravimétrico muestra buena estabilidad térmica del material hasta alcanzar los 700°C, a partir del cual se da inicio a la descomposición térmica y pérdida de material hasta caer bruscamente hasta la temperatura de ensayo máxima, y se evidencia una pérdida total de aproximadamente 33% de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se muestra dos ligeras bandas endotérmicas, la primera a 110, y la otra a 210 ° C y posteriormente se muestra un intenso pico de absorción térmica a 870°C que es una temperatura que representa un cambio estructural y cambio de las propiedades en el material.



Danny M. Chávez Novoa
ING. MATERIALES
R. CIR. 84953

Trujillo, 24 de mayo del 2023



Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Informe N° 08 - LAQ/2023

Análisis de mármol calcinado por FRXDE

Lal

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) esta muestra de mármol caalcinado a pedido del Sr. Camones Espinoza, Jhonni Farfán, como parte de su proyecto de tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil a ser sustentada en la Universidad San Pedro, que se titula:

**“Resistencia a la Compresión de un Concreto Autocompactante $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$
Sustituyendo el Cemento por 10% y 15% con Polvo de Mármol, Chimbote 2023.”**

.La muestra de mármol fue previamente calcinada y se encuentra en forma de polvo fino de color crema.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 10 μA . Los espectros se acumularon durante un intervalo de 500 s sutilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 1200 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como

1



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X dispersados de oro por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro experimental de FRXDE de esta muestra de polvo de mármol. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón (Ar), que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico del elemento y la energía del rayo-X. La Tabla 1. muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en una





muestra calcinada con elementos con números atómicos mayores que 12. La suma de estas concentraciones es mayor que 100%. Es probable que la muestra contenga compuestos diferentes de óxidos y/o se presenta una leve deficiencia en la calibración del instrumento. Luego estas concentraciones se normalizan al 100%. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

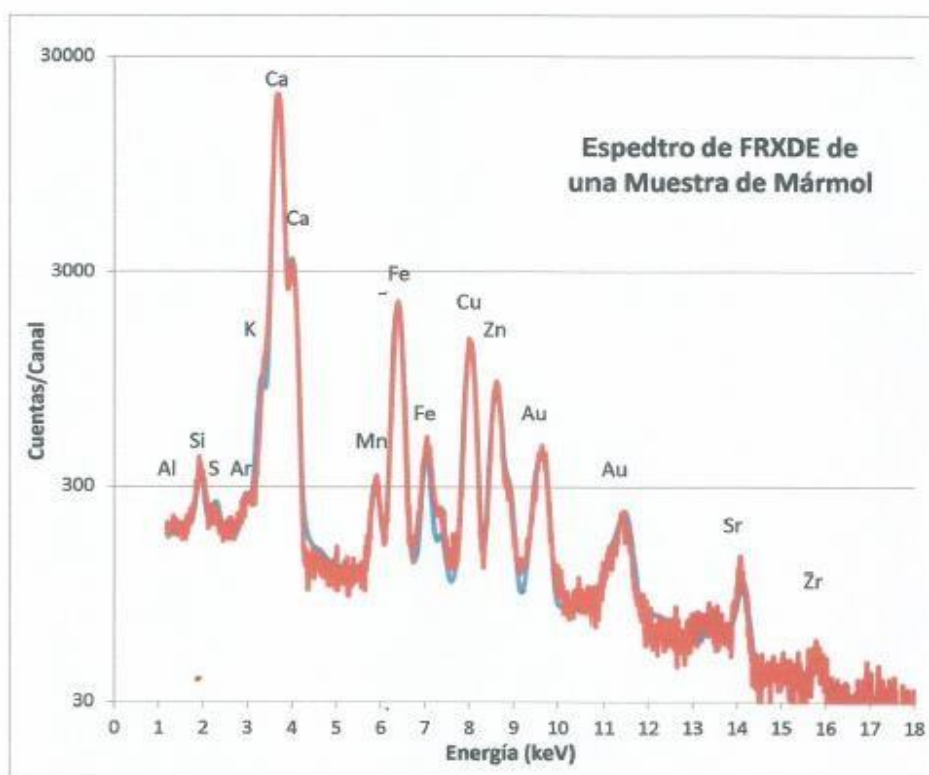


Figura 1. Espectro de FRXDE de polvo de mármol en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

Tabla 1. Composición elemental de polvo de mármol en % de la masa total.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	6.816	7.528
SiO ₂	12.499	13.806
SO ₂	2.955	3.275
K ₂ O	2.531	2.795
CaO	61.303	67.713
MnO	0.281	0.311
Fe ₂ O ₃	2.618	2.892
CuO	1.012	1.117
ZnO	0.437	0.483
SrO	0.064	0.071
ZrO ₂	0.008	0.009
Total	90.534	100.060

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos.....

Laboratorio de Arqueometría

Lima, 14 de junio del 2023

Anexo 05

Panel fotográfico

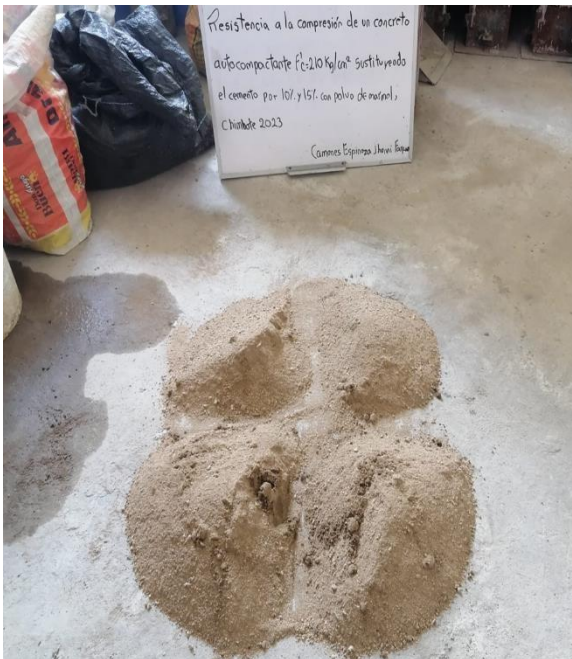
Proceso de molienda de mármol



Anexo 06

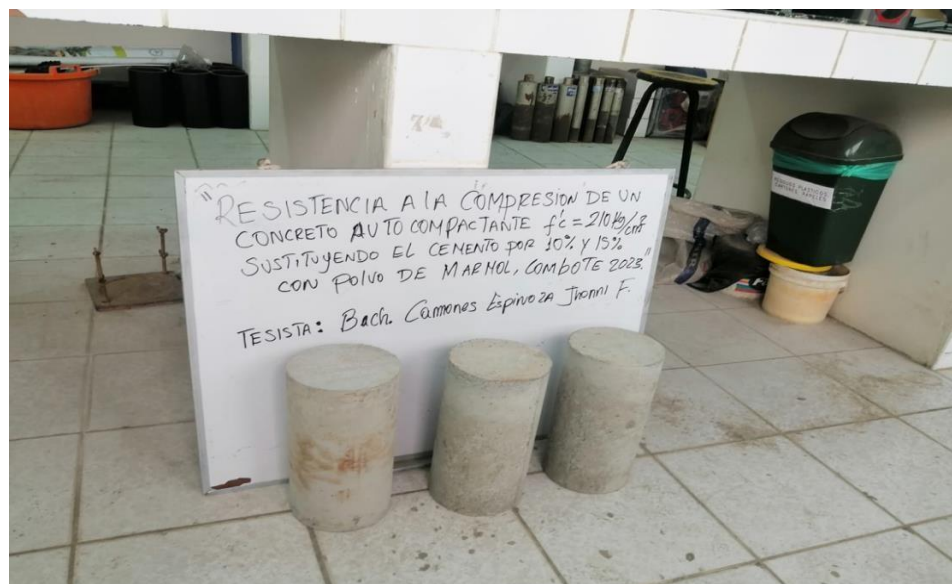
Panel fotográfico

Proceso de elaboración de concreto





Probeta y ensayo de determinación de resistencia a la compresión



Anexo 07

Formulario de Repositorio



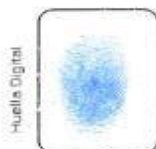
1. Información del Autor			
Camones Espinoza Shonni Fariari		48400592	Shonnic@usp.edu.pe
Apellidos y Nombres		DNI	Correo Electrónico
2. Tipo de Documento de Investigación			
<input checked="" type="checkbox"/> Tesis	<input type="checkbox"/> Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/> Trabajo Académico	<input type="checkbox"/> Trabajo de Investigación
3. Grado Académico o Título Profesional			
<input type="checkbox"/> Bachiller	<input checked="" type="checkbox"/> Título Profesional	<input type="checkbox"/> Título Segunda Especialidad	<input type="checkbox"/> Maestría
		<input type="checkbox"/> Doctorado	
4. Título del Documento de Investigación			
Resistencia a la compresión de un concreto Autocompactante $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol.			
5. Programa Académico			
Ingeniería Civil			
6. Tipo de Acceso al Documento			
<input checked="" type="checkbox"/> Acceso público (para ser visible en el repositorio)	<input type="checkbox"/> Acceso restringido (para ser visible en el repositorio de la institución)		
(*) En caso de restricción existe motivo:			

A. Originalidad del Archivo Digital

Por el presente, declaro constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS *

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de Investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, el cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento. *



[Handwritten Signature]
Firma

Localidad: Chimbote Día: 05 Mes: 06 Año: 2014

Departamento

Anexo 08

Informe Turnitin

Resistencia a la Compresión de un Concreto Autocompactante $F'_c=210$ Kg/cm² sustituyendo el cemento por 10% y 15% con polvo de mármol, Chimbote 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

29%	29%	%	13%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	revistaalconpat.org Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Chota Trabajo del estudiante	2%
5	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	2%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
7	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	2%
8	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	2%

9	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	1 %
11	vdocuments.com.br Fuente de Internet	1 %
12	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1 %
13	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	1 %
14	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1 %
15	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
19	Submitted to Universidad de Huanuco Trabajo del estudiante	<1 %
20	inba.info Fuente de Internet	

<1%

21 Submitted to unasam
Trabajo del estudiante

<1%

Excluir citas Apagado Excluir coincidencias < 10 words
Excluir bibliografía Activo

