

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



Evaluación de las propiedades de un concreto f'c 210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Martin Eduardo Pejerrey Barreto

ASESOR

Juan Jacobo Sanchez Bautista

<https://orcid.org/0000-0003-2820-8789>

Chiclayo, 2023

**Evaluación de las propiedades de un concreto $f'c$ 210 kg/cm²
utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del
cemento, Ciudad de Chiclayo**

PRESENTADA POR

Martin Eduardo Pejerrey Barreto

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Segundo Guillermo Carranza Cieza

PRESIDENTE

Cesar Eduardo Cachay Lazo

SECRETARIO

Juan Jacobo Sanchez Bautista

VOCAL

Dedicatoria

En primer lugar, a Dios, que me brindó salud y sabiduría permitiéndome cumplir una de mis metas. A mi madre, por brindarme una educación superior, por su apoyo incondicional y consejos durante toda mi carrera profesional, gracias a ella soy quien soy hoy en día. A Carolina Bardales Flores, quien estuvo presente en los buenos y malos momentos, y me impulsó a seguir adelante. Por ser mi cómplice y mi apoyo incondicional. Y a los técnicos de laboratorio, gracias a su apoyo se logró realizar la presente investigación.

Agradecimientos

A mi madre, abuela y hermana, por la paciencia, apoyo y cariño brindado en los buenos y malos momentos. A mis amigos, por brindarme su apoyo en todo este camino. A mi familia, por su ayuda, consejos y ánimos. A Carolina Bardales Flores, por su apoyo incondicional en toda esta trayectoria. A mi asesor, Juan Jacobo Sánchez Bautista, a los docentes y a los técnicos de laboratorio por su ayuda en la elaboración de esta investigación.

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

8%

2

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%

6

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

1%

7

idoc.pub

Fuente de Internet

1%

8

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

1%

Índice

Resumen	12
Abstract	13
Introducción	14
Revisión de literatura	17
Bases Teóricas.....	23
Materiales y métodos	46
Tipo y nivel de Investigación	46
Diseño de investigación	46
Población, muestra, muestreo.....	46
Criterio de selección.....	47
Hipótesis y Operacionalización de variables	48
Técnica e instrumentos de recolección de datos	49
Técnica	49
Instrumentos de recolección de datos.....	49
Resultados y discusión	67
Conclusiones	92
Recomendaciones.....	94
Referencias	95
Anexos.....	98

Lista de Ilustraciones

Ilustración No. 1. Fórmula para la humedad	8
Ilustración No. 2. Fórmula para el peso específico	27
Ilustración No. 3. Fórmula para el módulo de fineza.....	28
Ilustración No. 4. Ensayo-Resistencia a la compresión	31
Ilustración No. 5. Esquema de tipo de fracturas	42
Ilustración No. 6. Agregado Fino- “La Victoria-Pátapo”	50
Ilustración No. 7. Cemento Tipo I.....	50
Ilustración No. 8. Agregado Grueso- “Tres Tomas”	50
Ilustración No. 9. Diatomea Calcinada	51
Ilustración No. 10. Granulometría del Agregado Grueso	52
Ilustración No. 11. Granulometría del Agregado Fino.....	52
Ilustración No. 12. Lavado del Agregado Fino por la malla N°200	52
Ilustración No. 13. Contenido de Humedad del agregado grueso.....	53
Ilustración No. 14. Contenido de Humedad del agregado fino	53
Ilustración No. 15. Verificación de la condición SSS para el agregado fino	54
Ilustración No. 16. Peso Específico y Absorción del agregado fino.....	55
Ilustración No. 17. Peso Específico y Absorción del agregado grueso.....	55
Ilustración No. 18. Peso unitario suelto del agregado grueso	56
Ilustración No. 19. Peso unitario compactado del agregado grueso	56
Ilustración No. 20. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino	56
Ilustración No. 21. Varillado en la elaboración de probetas de concreto.....	57
Ilustración No. 22. Compactación de probetas de concreto	57
Ilustración No. 23. Enrasado de probetas.....	57
Ilustración No. 24. Curado de probetas a los 7d, 14d y 28d	57
Ilustración No. 25. Varillado por capas en el cono de Abrams.....	58
Ilustración No. 26. Medición del asentamiento-5% de diatomea	58

Ilustración No. 27. Medición del asentamiento-Concreto patrón	58
Ilustración No. 28. Exudación del concreto	59
Ilustración No. 29. Extracción del agua exudada.....	59
Ilustración No. 30. Peso unitario del concreto patrón	60
Ilustración No. 31. Peso unitario del concreto-5% de diatomea	60
Ilustración No. 32. Temperatura del concreto patrón.....	60
Ilustración No. 33. Temperatura del concreto-5% de diatomea.....	60
Ilustración No. 34. Tiempo de fraguado del concreto patrón.....	61
Ilustración No. 35. Tiempo de fraguado-5% de diatomea	61
Ilustración No. 36. Tamizado del concreto patrón	62
Ilustración No. 37. Tamizado del concreto-5% de diatomea calcinada.....	62
Ilustración No. 38. Evidencia del no tamizado al 15% de diatomea.....	62
Ilustración No. 39. Contenido de aire del concreto patrón.....	63
Ilustración No. 40. Contenido de aire-Lectura	63
Ilustración No. 41. Resistencia a la compresión-Patrón.....	64
Ilustración No. 42. Resistencia a la compresión- 5% de diatomea	64
Ilustración No. 43. Módulo de Elasticidad-Patrón.....	65
Ilustración No. 44. Módulo de Elasticidad-5% de diatomea.....	65
Ilustración No. 45. Permeabilidad del Concreto	65
Ilustración No. 46. Resistencia del concreto frente a sulfatos-Lectura.....	66
Ilustración No. 47. Probeta de concreto al 15% de diatomea	67

Lista de Tablas

Tabla No. 1. Compuestos Químicos del cemento Portland.....	25
Tabla No. 2. Requisitos Granulométricos para el Agregado Grueso	26
Tabla No. 3. Requisitos Granulométricos del Agregado Fino	26
Tabla No. 4. Tipos de consistencia según el asentamiento	29
Tabla No. 5. Circunstancias que afectan a la durabilidad	32
Tabla No. 6. Muestras de especímenes prismáticas y cilíndricas	47
Tabla No. 7. Operacionalización de Variables.....	48
Tabla No. 8. Granulometría del agregado fino.....	67
Tabla No. 9. Granulometría del agregado grueso	68
Tabla No. 10. Diseño de Mezcla-Dosificación	69
Tabla No. 11. Diseño de Mezcla-Dosificación-Reajuste	70
Tabla No. 12. Humedad del agregado fino	70
Tabla No. 13. Humedad del agregado grueso	70
Tabla No. 14. Peso específico-Absorción del agregado fino	71
Tabla No. 15. Peso específico-Absorción del agregado grueso.....	71
Tabla No. 16. Peso unitario suelto del agregado fino	72
Tabla No. 17. Peso unitario compactado del agregado fino.....	72
Tabla No. 18. Peso unitario suelto del agregado grueso	72
Tabla No. 19. Peso unitario compactado del agregado grueso	72
Tabla No. 20. Asentamientos obtenidos para cada diseño de mezcla.....	73
Tabla No. 21. % de exudación para cada diseño de mezcla.....	75
Tabla No. 22. Peso unitario del concreto para todas las dosificaciones.....	76
Tabla No. 23. Temperatura para distintas dosificaciones	77
Tabla No. 24. Tiempo de fraguado-Concreto patrón	78
Tabla No. 25. Tiempo de fraguado-5% de diatomea calcinada	79

Tabla No. 26. Tiempo de fraguado-10% de diatomea calcinada	80
Tabla No. 27. Variación en el contenido de aire para cada diseño de mezcla	81
Tabla No. 28. Resultados de resistencia a la compresión a los 7d,14d y 28d para todas las dosificaciones	83
Tabla No. 29. Módulo de elasticidad-Concreto patrón a los 28 días	84
Tabla No. 30. Módulo de elasticidad-5% de diatomea calcinada a los 28 días	84
Tabla No. 31. Módulo de elasticidad-10% de diatomea calcinada a los 28 días	85
Tabla No. 32. Módulo de elasticidad-15% de diatomea calcinada a los 28 días	85
Tabla No. 33. Cambios de longitud debido a sulfatos-Concreto Patrón	86
Tabla No. 34. Expansión unitaria-Concreto Patrón	86
Tabla No. 35. Expansión unitaria-5% de diatomea calcinada.....	87
Tabla No. 36. Cambios de longitud debido a sulfatos-5% de diatomea calcinada	87
Tabla No. 37. Permeabilidad del concreto- Patrón y 5% de diatomea calcinada	88
Tabla No. 38. Costo-Producción-Concreto patrón.....	89
Tabla No. 39. Costo-Producción-5% diatomea calcinada.....	89
Tabla No. 40. Hoja Técnica- Diatomea calcinada con el porcentaje óptimo.....	91

Lista de Gráficos

Gráfico No. 1. Curva Granulométrica-Agregado Fino	68
Gráfico No. 2. Curva Granulométrica-Agregado Grueso	69
Gráfico No. 3. Variación del asentamiento según el % de adición.....	74
Gráfico No. 4. % de Exudación para cada diseño de mezcla.....	75
Gráfico No. 5. Peso unitario del concreto para todas las dosificaciones	77
Gráfico No. 6. Variación de la temperatura según el % de dosificación	78
Gráfico No. 7. Tiempo de Fraguado-Concreto Patrón	79
Gráfico No. 8. Tiempo de Fraguado-5% de diatomea calcinada	80
Gráfico No. 9. Tiempo de Fraguado-10% de diatomea calcinada	81
Gráfico No. 10. Resultados de resistencia a la compresión a los 7d, 14d y 28d para todas las dosificaciones	83

Gráfico No. 11. Cambios de longitud vs semanas-Concreto patrón	86
Gráfico No. 12. Cambios de longitud vs semanas-5% de diatomea	87
Gráfico No. 13. Permeabilidad del concreto según el % de adición	88

Lista de Anexos

Anexos No. 1. Diseño de Mezcla- Concreto $f'c$ 210 kg/cm ²	98
Anexos No. 2. Panel Fotográfico-Ensayo de Asentamiento	101
Anexos No. 3. Panel Fotográfico-Peso Unitario del concreto patrón	102
Anexos No. 4. Panel Fotográfico-Temperatura del concreto	103
Anexos No. 5. Panel Fotográfico-Contenido de Aire	104
Anexos No. 6. Panel Fotográfico-Resistencia a la compresión y Módulo de Elasticidad	105
Anexos No. 7. Panel Fotográfico-Tiempo de fraguado del concreto	106
Anexos No. 8. Panel Fotográfico-Curado de Probetas	107
Anexos No. 9. Panel Fotográfico- Tipos de Falla del concreto	108
Anexos No. 10. Panel fotográfico-Permeabilidad del concreto	109
Anexos No. 11. Panel fotográfico-Resistencia a los sulfatos del concreto	110
Anexos No. 12. Informe de laboratorio-Análisis Granulométrico del agregado fino	112
Anexos No. 13. Informe de laboratorio- Análisis Granulométrico del agregado grueso	113
Anexos No. 14. Informe de laboratorio- Peso específico y Absorción del agregado fino	114
Anexos No. 15. Informe de laboratorio-Peso unitario del agregado fino	115
Anexos No. 16. Informe de laboratorio-Peso unitario del agregado grueso	116
Anexos No. 17. Informe de laboratorio-Contenido de humedad del agregado fino	117
Anexos No. 18. Informe de laboratorio- Asentamiento del concreto	118
Anexos No. 19. Informe de laboratorio- Exudación del concreto	119
Anexos No. 20. Informe de laboratorio- Contenido de aire del concreto	120
Anexos No. 21. Informe de laboratorio-Peso unitario del concreto	121
Anexos No. 22. Informe de laboratorio-Temperatura del concreto	122
Anexos No. 23. Informe de laboratorio-Tiempo de Fraguado del concreto	123

Anexos No. 24. Informe de laboratorio- Tiempo de Fraguado-5% de diatomea calcinada...	124
Anexos No. 25. Informe de laboratorio- Tiempo de Fraguado-10% de diatomea calcinada.	125
Anexos No. 26. Informe de laboratorio-Resistencia a la compresión del concreto patrón....	126
Anexos No. 27. Informe de laboratorio-Resistencia a la compresión al 5% de diatomea.....	127
Anexos No. 28. Informe de laboratorio-Resistencia a la compresión al 10% de diatomea...	128
Anexos No. 29. Informe de laboratorio-Resistencia a la compresión al 15% de diatomea...	129
Anexos No. 30. Informe de laboratorio-Permeabilidad del concreto patrón	130
Anexos No. 31. Informe de laboratorio-Permeabilidad del concreto al 5% de diatomea.....	131
Anexos No. 32. Informe de laboratorio-Resistencia a los sulfatos del concreto patrón	132
Anexos No. 33. Informe de laboratorio-Resistencia a los sulfatos del concreto al 5% de diatomea	133
Anexos No. 34. Informe de laboratorio-Módulo de elasticidad para todas las dosificaciones	134
Anexos No. 35. Ficha técnica de la diatomea calcinada	135
Anexos No. 36. Ficha técnica del cemento portland tipo I	136
Anexos No. 37. Ficha técnica del sulfato de sodio	138
Anexos No. 38. Validación de Ensayos de Laboratorio	139

Resumen

En la actualidad, la industria de la construcción se centra en el uso de materiales sostenibles debido a su impacto ambiental. El concreto es ampliamente empleado en la construcción debido a sus diversas propiedades, pero uno de sus componentes, el cemento, compuesto principalmente por clinker causa una importante contaminación de CO₂. Por ende, se está investigando la posibilidad de sustituir parcialmente este material. Un ejemplo son las diatomeas calcinadas, compuestas principalmente por capas de diatomeas. El objetivo de este estudio es evaluar las propiedades del concreto convencional con la incorporación de diatomeas calcinadas en proporciones del 5%, 10% y 15%. Para ello se realizaron ensayos en estado fresco y endurecido. En general, las propiedades mejoran respecto de la mezcla patrón para una sustitución del 5% en peso de cemento por diatomea calcinada. Las diatomeas calcinadas pueden ser utilizadas en la producción de concreto ligero, ya que reducen su densidad en 17 kg/m³. En términos de resistencia a la compresión, se observó un aumento del 9% al agregar un 5% de diatomeas calcinadas en comparación con el concreto convencional, gracias a su alta actividad puzolánica. En cuanto a la durabilidad, se encontraron mejoras al utilizar un 5% de diatomeas calcinadas. La diatomea, a pesar de aumentar el costo de producción en un 3% por metro cúbico, mejora las propiedades del concreto gracias a su baja densidad, alta actividad puzolánica y microscópico tamaño.

Palabras clave: diatomeas calcinadas, concreto, resistencia a la compresión, permeabilidad, reemplazo del cemento, peso unitario.

Abstract

Today, the construction industry is focusing on the use of sustainable materials due to their environmental impact. Concrete is widely used in construction due to its diverse properties, but one of its components, cement, composed mainly of clinker, causes significant CO₂ pollution. Therefore, the possibility of partially substituting this material is being investigated. One example is calcined diatoms, composed mainly of diatomite layers. The objective of this study is to evaluate the properties of conventional concrete with the incorporation of calcined diatoms in proportions of 5%, 10% and 15%. For this purpose, tests were carried out in the fresh and hardened state. In general, the properties improve with respect to the standard mix for a 5% by weight replacement of cement with calcined diatomaceous earth. Calcined diatoms can be used in the production of lightweight concrete, since they reduce its density by 17 kg/m³. In terms of compressive strength, a 9% increase was observed when adding 5% calcined diatomaceous earth compared to conventional concrete, thanks to its high pozzolanic activity. In terms of durability, improvements were found when using 5% calcined diatomaceous earth. The diatomite, despite increasing the production cost by 3% per cubic meter, improves the properties of the concrete due to its low density, high pozzolanic activity and microscopic size.

Keywords: calcined diatoms, concrete, compressive strength, permeability, cement replacement, unit weight

Introducción

Desde hace un tiempo, el sector constructor se ha ido inclinando al concepto sostenible, ya que, este produce un gran efecto en el medio ambiente. Debido a esto, es que surge la necesidad de producir materiales con productos sostenibles de manera urgente y obligatoria. Actualmente, el concreto gracias a las propiedades que posee, es uno de los materiales más utilizados en las edificaciones; su resistencia, trabajabilidad, adaptabilidad, durabilidad, resistencia al fuego, entre otras; hacen que el concreto sea difícil de superar. Sin embargo, cuando este se produce genera una gran contaminación debido a las emisiones de CO₂, además a esto debemos sumarle los efectos que generan la extracción, producción y transporte de agregados, así como también el uso del agua. Estas actividades generan gases invernadero y el agotamiento de recursos naturales. Las emisiones relacionadas al CO₂ están en el rango de 700 y 1000 kg por cada tonelada de clinker, y esto solo relacionado a la producción del cemento Portland [5].

Por esta razón, se está buscando el reemplazo parcial del cemento Portland por otros materiales suplementarios y/o adiciones, ya que, se ha comprobado que el reemplazo de estos materiales da buenos resultados en las propiedades del concreto. Una de ellas son las tierras diatomeas o diatomita, este material es del tipo sedimentario y está constituido principalmente por capas exteriores de diatomeas. Este material es muy fino, extremadamente rico en sílice, tiene una elevada porosidad y una gran superficie. Normalmente, se suele calcinar antes de comercializarse, puesto que, permite eliminar la materia orgánica y sus características la hacen capaz de ser usado como material sustituto en el cemento [5]. La adición de diatomea puede aumentar significativamente a la cantidad de C-S-H en la última fase de hidratación del cemento, es decir, a los 28 días [29].

En Brasil, ya se están empleando la incorporación de materiales suplementarios para disminuir la generación de CO₂ causado por la fabricación del cemento. Para contrarrestar este efecto se llevó a cabo una investigación con el propósito de determinar el efecto de las diatomeas en las propiedades físico-mecánicas del concreto en contenidos de 5% y 10% de diatomeas en peso de cemento [2].

En Perú, alrededor de 60 representantes relacionados a la industria cementera, reforzaron el acuerdo del país para un desarrollo mínimo en carbono, en otras palabras, aminorar la generación de gases invernadero, como el dióxido de carbono.

Los expertos están de acuerdo en la relevancia que tiene el sector público para el compromiso climático con el país. De esta manera, será posible reducir el clinker en un 76% para el año 2030; por tanto, estaremos reduciendo cerca de un millón de toneladas en emisión de CO₂ [18].

A nivel local, también se necesita realizar investigaciones con materiales suplementarios que reemplacen parcialmente al cemento. De esta manera, contribuir con el propósito de disminuir las emisiones del CO₂ en la producción del concreto, además de realizar concretos resistentes y duraderos. Entonces, ¿De qué manera las diatomeas calcinadas en sus diferentes proporciones influyen en las propiedades en estado fresco y endurecido de un concreto convencional f'c 210 kg/cm²?

En el ámbito técnico, la sustitución parcial del material cementante por diatomeas calcinadas aumenta la durabilidad del concreto, ayudando a prevenir el deterioro de las estructuras causadas por sulfatos y cloruros. Esto debido a que la diatomea presenta partículas muy finas que van a generar un efecto de relleno, que, junto al hidróxido de calcio producido por la reacción química entre el cemento y el agua, permiten densificar la matriz del concreto. Además, esta adición presenta un enlace químico que no permite que los agentes agresivos penetren en el concreto a pesar de que exista una mayor porosidad. En cuanto a la resistencia a la compresión, esta mejora debido a la alta actividad puzolánica que presenta. Según Pokorny [4], esto se debe a la alta área superficial específica de la diatomita, la cual es 5.8 veces mayor a la del cemento Portland.

En el ámbito social, con los avances tecnológicos que se están implementando en la industria de la construcción, esta investigación aportaría a buscar nuevas alternativas para mejorar las propiedades del concreto, sobre todo a las fábricas de cemento. De esta manera, se tendrá infraestructuras con una mejor calidad y seguridad para las personas. Por otro lado, aportaría en la investigación a nivel local, ya que no se han hecho muchos estudios con adición de diatomeas en el concreto para evaluar sus propiedades, sobre todo de durabilidad, ya que en cada lugar es diferente.

En el aspecto económico, al reemplazar parte del cemento por materiales sedimentarios trae beneficios y uno de ellos es el económico, ya que, una parte muy importante para producir concreto es el cemento y este cuando se produce genera altos costos. Por ese motivo, los recursos que tienen propiedades puzolánicas tienen una gran importancia dentro del sector de construcción civil.

En el aspecto ambiental, como ya se hacía mención antes, una parte muy importante para producir concreto es el cemento y su producción requiere de un alto uso de recursos naturales y energía térmica para producir el clinker. Debido a esto, se buscan otros materiales suplementarios. Además, su producción también genera una alta contaminación debido a las emisiones de CO₂ que se generan. Por eso uno de los beneficios de usar materiales puzolánicos como reemplazo parcial del cemento, es que se reduce las emisiones de CO₂ generados por la producción de este.

Por esta razón, y las anteriores expuestas, se realiza la siguiente investigación que tiene como objetivo general **evaluar las propiedades en estado fresco y endurecido de un concreto convencional f'c 210 kg/cm² con la adición de las diatomeas calcinadas con proporciones al 5%,10% y 15%**. Para llegar a cumplir con el mismo, se plantearon los siguientes objetivos específicos: Determinar las características de los agregados a usar en la elaboración del concreto convencional f'c 210 kg/cm²; diseñar la mezcla del concreto convencional f'c 210 kg/cm² para establecer las cantidades óptimas de materiales a usar; determinar las propiedades en estado fresco y endurecido del concreto sin adición de las diatomeas calcinadas y con la adición de diatomeas calcinadas al 5%,10% y 15%; comparar las propiedades planteadas del concreto convencional y el concreto con la adición de diatomeas calcinadas al 5%,10% y 15%; definir el porcentaje óptimo de diatomea calcinada que permita el desarrollo normal del concreto; establecer el costo de producción para 1m³ de concreto con el porcentaje óptimo de diatomea calcinada; describir el procedimiento constructivo del concreto con el porcentaje óptimo de diatomea calcinada.

Revisión de literatura

H.Paiva, A.Velosa,P.Cachim y VM.Ferreira, "Efecto de las puzolanas con diferentes características físicas y químicas sobre las propiedades del concreto" , *Materials of Construction*, vol. 66, (322), 2016.

Esta investigación [1], evalúa la incorporación del metacolín y la diatomita en la resistencia a la penetración de los cloruros y otras propiedades del concreto, como la resistencia a la compresión y su porosidad. Se utilizó 10% ,20% y 30% de metacolín y 5%, 8% y 10% de diatomita como reemplazo parcial del peso del cemento, la cual fue calcinada y molida. En el caso de la diatomita, con 5% , la resistencia disminuyo, en cambio, con un 8% y10% de diatomita muestra un acrecentamiento en la resistencia a compresión. Estos fueron los siguientes resultados: C =38 Mpa, D3% =37.6 Mpa , D5% =37 Mpa, D8% = 37.4 Mpa y D10% =37.8 MPa.

A.R.S. Macedo, A.S. Silva, D.S. da Luz, R.L.S. Ferreira, C.S. Lourenço y U.U.Gomes "Estudio del efecto de la diatomita en las propiedades físico-mecánicas del concreto", *Cerámica* vol. 66, (377), 2020.

Esta investigación [2], evalúa el efecto de las diatomeas en las propiedades físicas y mecánicas del concreto por medio de pruebas de resistencia a compresión, absorción de agua por inmersión y porosidad en contenidos de 5% y 10% de diatomeas respecto al peso del material cementante. El cemento utilizado fue de alta resistencia inicial, además, la diatomea a utilizar fue calcinada a 1000 C°. Se obtuvo que la presencia de CSH (Silicato de Calcio Hidratado) y CASH (gismondina) aumentó la resistencia a compresión del concreto respecto a la muestra de control, esto debido a la actividad puzolánica que posee la diatomita. Con la adición de diatomeas al 5 y 10%, se observó que redujo la porosidad C=19.3%, D5=19% Y D10=18.9. Respecto a la resistencia a compresión se obtuvo C=22Mpa, D5=28Mpa y D10=31Mpa. El mejor resultado se obtuvo con 10% de diatomeas.

C. Rodríguez, I. Miñano, C. Parra, P. Pujante y F. Benito "Propiedades de Prefabricados de Concreto con Filtrado Industria Alimentaria diatomeas recicladas", vol. 13, (6), pp. 3137, 2021.

Esta investigación [3] tuvo como objetivo analizar la durabilidad y las propiedades mecánicas del concreto reemplazando parcialmente el cemento por diatomeas calcinadas y sin calcinar, las cuales son recicladas de cerveza y vino; estas serán empleadas en la fabricación de elementos de concreto prefabricado vibro prensado como tuberías. Se utilizaron diferentes fuentes de diatomeas para este estudio, una diatomea de origen natural y diatomea reciclada provenientes de la destilación de cerveza y vino, calcinadas y sin calcinar. El concreto fue fabricado con dos distintos porcentajes de diatomeas al 5 y 15% en todos los casos. Respecto a la trabajabilidad, todas las diatomeas independientemente del porcentaje de reemplazo tienen un asentamiento de 0 a 1cm. Por tanto, es posible realizar estas mezclas con la misma trabajabilidad requerida sin necesidad de agregarle algún aditivo o hacer alguna modificación en la cantidad de agua. Los resultados indicaron que con un reemplazo del 15% de diatomeas naturales, aún se puede trabajar sin modificar el agua del diseño de mezcla. Respecto a la prueba de resistencia a la compresión se obtuvieron resultados a los 28 y 90 días. Con el reemplazo de 5% y 15% de diatomita natural se obtuvo una resistencia parecida a la muestra de control. Por otro lado, el uso de diatomeas sin tratar provenientes del vino mantiene su resistencia respecto al control hasta un 5% en sustitución. Al reemplazar con 15% hay una pérdida del 15% a los 90 días y esto debido a la cantidad de materia orgánica presente. Sin embargo, para el tratamiento térmico realizado para las diatomeas recicladas de vino y cerveza con un reemplazo del 5% aumentaron su resistencia en un 15% a los 90 días respecto al concreto patrón y esto debido a la depuración del material orgánico y el aumento de SiO_2 . Una sustitución al 15% con diatomeas tratadas dio resultados parecidos a él concreto patrón.

J.Pokorny, M.Zaleska, M.Pavlikova y Z.Pavlik "Propiedades del Concreto de Grano Fino con Mezcla de polvo de diatomeas", vol.603,n.º2, 2019.

Esta investigación [4], tuvo como objetivo el estudio del polvo de diatomeas como sustitución del cemento en la producción de concreto de grano fino. Se utilizó un cemento Portland ordinario y se sustituyó por polvo de diatomeas parcialmente en 5%,10%,15 y 20%. Además, se realizaron ensayos de conductividad térmica, compresión, flexión, porosidad abierta total, entre otros. Se obtuvieron mejores resultados de porosidad para un reemplaza del 5% de diatomea con una reducción del 11.6%. Sin embargo, para un 20% se obtuvo una porosidad similar a la del 10%, y esto debido al alta actividad puzolánica de la diatomea y el efecto de relleno por parte de sus partículas más gruesas que generan una estructura más densa. Por otro lado, una deficiente trabajabilidad es causada por las partículas porosas de alta superficie específica, ya que requiere mayor cantidad de agua al momento de la mezcla. Para la resistencia a la compresión, se obtuvo con 5% de diatomea un incremento de 32% aproximadamente superior al concreto de referencia. Sin embargo, para reemplazos de 10% y 20% se obtuvieron resistencias similares y considerables. Por otro lado, para un reemplazo del 15% se obtuvo la resistencia más baja, pero sin dejar de ser significativamente más altos a comparación del concreto de referencia. Entonces, la tierra diatomea en forma de polvo fino se considera un material efectivo al momento de producir componentes a base de cemento.

V. Letelier, E. Tarela, P. Muñoz, and G. Moriconi, "Evaluación de las propiedades mecánicas de un concreto fabricado mediante la reutilización de: Diatomita gastada de cervecería y áridos Reciclados" *Constr Build Mater*, vol. 114, pp. 492–498, 2016.

En el presente estudio [30], se examinaron las características en estado fresco y endurecido del concreto al reemplazar diferentes proporciones de cemento y agregados gruesos naturales con diatomita gastada de una cervecería y agregados reciclados, respectivamente. También se llevó a cabo una combinación de ambos residuos y se evaluó su efecto en la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad. Se observaron resultados superiores al utilizar diatomita en un 5% y un 25% de agregados reciclados como reemplazo parcial del cemento y los agregados gruesos naturales, sin una pérdida significativa de las propiedades mecánicas en comparación con el concreto convencional.

W. Du, "Estudio de Preparación de Ultra-Alta Resistencia y Concreto de Alto Desempeño de Diatomita y Sus Propiedades Mecánicas," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics Publishing, 2019.

En el estudio mencionado [29], se investigó la preparación y las propiedades mecánicas del concreto de alto rendimiento al agregar diatomita triturada ultrafina y calcinada como sustituto parcial del cemento. Se llevaron a cabo pruebas de resistencia a la compresión, módulo de elasticidad, entre otros, a intervalos de 3, 7, 28, 56 y 90 días. Se descubrió que la incorporación de diatomita mejoró las propiedades mecánicas fundamentales del concreto cuando se utilizó en proporciones menores.

P. C. R. A. Abrão, F. A. Cardoso, and V. M. John, “Evaluación de cementos adicionados con puzolana Portland que contienen tierra de diatomeas,” *Ceramica*, vol. 65, pp. 75–86, 2019.

Esta investigación [31], tuvo el objetivo de evaluar dos mezclas de cemento Portland con puzolana con distintas proporciones de tierras diatomeas (16DE aquellas mezclas que tenían un porcentaje que variaba entre 6% y 14% y 49DE aquellas que tenían un porcentaje que variaba entre un 15% y 50%) y la mezcla control que tenía alto contenido de clinker. Estas mezclas se evaluaron en temas de resistencia mecánica, etc. Se obtuvo que la mezcla de 16DE tuvo una mayor evolución de resistencia en los primeros 7 días, pero menor que la concreta referencia. Sin embargo, la mezcla de 49DE tuvo un mayor incremento de resistencia a los 28 y 91 días debido a su alta actividad puzolánica. Cabe resaltar que se usó un superplastificante que redujo el agua de la mezcla favoreciendo al aumento de la resistencia.

Hasanzadeh B and Sun Z, “Efectos de la tierra de diatomeas en las propiedades de las pastas de cemento,” *J. Build. Mater. Struct*, vol. 5, pp. 197–211, 2018.

Esta investigación [32], tuvo el objetivo de investigar la influencia de las tierras diatomeas como puzolana natural en las propiedades en estado fresco de las pastas de cemento. Se reemplazó parcialmente el cemento con porcentajes de 0%, 2%, 6% y 10% de tierras diatomeas. Se realizaron ensayos como la exudación, tiempo de fraguado, entre otros. Observaron que el aumento de contenido de tierras diatomeas presentó una tasa de exudación más baja y tiempos de fraguado más cortos.

D. Kastis, G. Kakali, S. Tsvilis, and M. G. Stamatakis, “Propiedades e hidratación de cementos mixtos con diatomita calcárea,” *Cem Concr Res*, vol. 36, no. 10, pp. 1821–1826, 2006.

Esta investigación [33], estudió el efecto de la adición de diatomita sobre las propiedades y la hidratación del cemento. Se evaluaron morteros y pastas de cemento con 0%, 10%, 20% y 35% de diatomita como reemplazo parcial del cemento. Se realizaron ensayos de resistencia, tiempo

de fraguado, etc. Las mezclas que tuvieron un 10% de diatomita desarrollaron la misma resistencia a la compresión que el cemento Portland, sin embargo, presentaron mayor demanda de agua. Se observó que hubo mayores cantidades de productos hidratados, especialmente después de los 28 días y esto debido a la reacción puzolánica de la diatomita.

J. Zahalkova and P. Rovnanikova, “Estudio del efecto de la diatomita como sustituto parcial del cemento en las pastas de cemento,” in *Materials Science Forum*, Trans Tech Publications Ltd, 2016.

El estudio mencionado [34] se enfocó en investigar el impacto de utilizar tierras diatomeas como reemplazo parcial del cemento en un rango del 5% al 30%. Se llevaron a cabo pruebas de resistencia a la compresión y otros ensayos relevantes. Los resultados revelaron que la proporción óptima de tierras diatomeas fue del 10%.

N. Degirmenci and A. Yilmaz, “Utilización de diatomita como sustituto parcial del cemento Portland en morteros de cemento,” *Constr Build Mater*, vol. 23, no. 1, pp. 284–288, 2009.

El objetivo principal de la investigación mencionada [35], fue examinar el uso de tierras diatomeas como sustituto parcial del cemento en la producción de morteros de cemento. Las tierras diatomeas fueron utilizadas como reemplazo porcentual del cemento en diferentes proporciones, incluyendo contenidos del 0%, 5%, 10% y 15%. Se llevaron a cabo diversos ensayos, como pruebas de resistencia a la compresión, resistencia a los sulfatos y medición del peso unitario seco de los morteros. Los resultados revelaron que a medida que se aumentaba la proporción de tierras diatomeas, la resistencia a la compresión disminuía. Asimismo, se observó que el peso unitario del mortero con tierras diatomeas era menor en comparación con el mortero estándar debido a la alta porosidad de las tierras diatomeas. Por otro lado, se encontró que la resistencia a los sulfatos era mayor en el mortero con una adición del 5%, encontrando una menor expansión respecto al control.

Mehmedi Vehbi GÖKÇE, “Utilización de diatomita en la producción de elementos de construcción ligeros con cemento como aglutinante,” *Scientific Research and Essays*, vol. 7, no. 7, 2012.

Esta investigación [36], estudió el uso del cemento como aglutinante en la producción de elementos de construcción livianos con la adición de diatomita. Se utilizaron proporciones de 10%, 20%, 30% y 40%. Obtuvo que el peso unitario con un 10% disminuyó hasta un 49% y con las muestras de 40% disminuyeron hasta un 30% respecto al concreto patrón.

F.Lachira y F.Talledo, "Análisis de las propiedades mecánicas del concreto de resistencia f'c 210 kg/cm² incorporando diatomita, Piura 2021", Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Piura, Perú, 2021.

Esta investigación [6], evaluó la influencia de la adición de la diatomita en las propiedades mecánicas de un concreto con f'c 210 kg/cm², reemplazando parcialmente el cemento con proporciones al 6%,12%,18% y 24%. Se evaluaron propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, tales como asentamiento, peso unitario, temperatura, la resistencia a la compresión entre otros. Para tal motivo se elaboraron 45 muestras,45 muestras y 30 vigas respectivamente, y estas fueron evaluadas a los 7, 14 y 28 días. Los resultados de asentamiento muestran que con un 24% de adición presenta un asentamiento de 0" respecto al concreto patrón con un asentamiento de 3.5". Esto se debe a la alta capacidad absorbente que posee la diatomea. Para el peso unitario, conforme se iba aumentando el porcentaje de diatomea el peso unitario fue disminuyendo, obteniendo un menor valor para el 24% con un valor de 2289.52 kg/m³. Por otro lado, para la temperatura se obtuvo un menor valor para el 6% de reemplazo con un valor de 1.6 °C. Respecto a la resistencia a la compresión con una sustitución del 6% a los 28 días la muestra presentó un f'c de 273.52 kg/cm², conforme va en aumento la proporción de diatomea, la resistencia se reduce.

J. Velázquez Matos, "PRODUCCIÓN DE CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PORCENTUAL DE DIATOMITA POR CEMENTO PORTLAND TIPO I EN NUEVO CHIMBOTE", Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú,2019.

Esta investigación [7], analiza la producción de concreto empleando diatomea como reemplazo porcentual del cemento. Además, se averiguó la influencia en las propiedades del concreto, realizándose ensayos de resistencia a la compresión, permeabilidad, trabajabilidad, entre otras. Se utilizó diatomitas al 0%,5%,10% y 15%. En el ensayo de asentamiento, se obtuvo 3,5" para el concreto patrón el cual estaba dentro de lo deseado, sin embargo, conforme se le fue añadiendo diatomita en un 5%,10% y 15 % el slump fue disminuyendo hasta llegar a 0".Respecto a la resistencia a la compresión , a los 28 días la más favorable fue al 5% de sustitución con un valor de 282.73 kg/cm², a diferencia de 10% y 15% que disminuyeron en 257.46 kg/cm² y 220.79 kg/cm² respectivamente; esto a causa de la hidratación inicial deficiente del cemento, pues la diatomea al contener partículas más finas que las del cemento hace que absorba el agua de la mezcla. Por otro lado, respecto a la permeabilidad, la mezcla con menos permeabilidad fue la de 5% con 1.84 cm, la cual la hace menos vulnerable al ataque de sulfatos y cloruros. Sin embargo, para la sustitución de diatomita al 10% y 15%, arroja valores de 2.36cm y 2.62 cm respectivamente, esto debido a una hidratación inicial incorrecta.

Bases Teóricas

Tierras de diatomeas calcinadas

Es un material sedimentario, principalmente este compuesto por capas externas de diatomeas. Dicho material es muy fino y está formado por el esqueleto de estos seres unicelulares. Es rico en sílice, tiene una gran superficie y una elevada porosidad. Normalmente se le hace un tratamiento térmico antes de su comercialización para eliminar la materia orgánica que pueda poseer, además, sus características lo hacen capaz de ser utilizado como reemplazo parcial del cemento. Suele utilizarse entre el 10-20% del peso del cemento [5]. Macedo et al. [2], utilizó el método Chapelle para averiguar la actividad puzolánica de la diatomea a través del consumo de hidróxido de calcio. Donde obtuvo que la diatomea consumía 650 mg de hidróxido de calcio por gramo de agregado, superando el valor mínimo para que un material sea clasificado como material puzolánico.

Actividad Puzolánica en el Concreto

La actividad puzolánica es todo el complejo de fenómenos que transforman una mezcla de puzolanas, cal y agua, en un material compacto de aspecto pétreo [19].

Existen múltiples ventajas que las puzolanas proporcionar al ser empleadas en el cemento, estas pueden agrupar de la siguiente manera:

En estado fresco:

- ✓ Rebajan la relación a/c lo que produce un incremento de la resistencia a compresión.
- ✓ Reducen la segregación.

En resistencias mecánicas:

Genera un acrecentamiento a largo plazo tanto en compresión como en tracción, al extender la fase de endurecimiento.

En impermeabilidad

- ✓ Reducen la porosidad
- ✓ Evitan la formación de eflorescencias por sales.
- ✓ Producen mayor cantidad de silicatos hidratados, este es el responsable de las propiedades resistentes del cemento.

En la estabilidad de volumen

- ✓ Contrarrestando la expansión por sulfatos.
- ✓ Contrarrestando la retracción térmica, ya que al generar menos calor de hidratación desarrolla menor temperatura, de esta manera, se evitan fisuraciones.

En la durabilidad química

- ✓ Ante el ataque de aguas de mar, de aguas puras y ácidas.
- ✓ Frente a suelos que presenten sales.

Concreto

Es un material de uso convencional, producido al mezclar tres componentes: cemento, agua y agregados. En ciertos casos, se le añade aditivo cuando la mezcla requiera ciertas propiedades especiales. Cuando mezclamos se incorpora simultáneamente el aire.

Al mezclar estos componentes se genera un material plástico con facilidad de ser moldeado y compactado, esto dependerá del agua existente en la mezcla. Sin embargo, gradualmente ira perdiendo plasticidad y después de algunas horas adquirirá la rigidez de un cuerpo sólido. Finalmente, será mecánicamente resistente, a esto se le llama concreto endurecido. Cabe resaltar que las características físicas y químicas que posee este compuesto es gracias a las propiedades de sus elementos [17].

Componentes del concreto

✓ Cemento Portland

La N.T.P 334.009 define al cemento Portland como el cemento hidráulico generado por la molienda del clinker, y este compuesto principalmente por silicatos de calcio hidráulicos; generalmente posee sulfato de calcio y en algunas ocasiones se le añade caliza durante el proceso de pulverización [20].

El cemento Portland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una pasta plástica y moldeable; luego de fraguar adquiere propiedades físico-mecánicas como la resistencia y durabilidad [17].

✓ Cemento Portland Puzolánico

Es el material cementante que incluye entre el 15% y 40% de puzolana respecto al peso total. Esta puzolana se debe caracterizar por ser un material sillico aluminoso que al hidratarse reaccione químicamente con el hidróxido de calcio a temperatura ambiente, en consecuencia, formar elementos que tengan propiedades hidráulicas.

Tabla No. 1. Compuestos Químicos del cemento Portland

Designación	Fórmula	Abreviatura	Porcentaje
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C ₃ S	30% a 50%
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C ₂ S	15% a 30%
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C ₃ A	4% a 12%
Ferro aluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C ₄ AF	8% a 13%
Cal libre	CaO		
Magnesia libre (Periclasa)	MgO		

Fuente:[17]

Además, estos componentes aportan propiedades y características al concreto; por ejemplo, el Silicato tricálcico, influye en la resistencia inicial, el silicato dicálcico, contribuye a resistencias a edades mayores a los 7 días. El aluminato tricálcico, influye en la resistencia mecánica y el ferro aluminato tetracálcico, influye en la coloración final [17].

✓ **Agregados**

Es un material compuesto por partículas inertes naturales o artificiales que forman el 75% aproximadamente del volumen del concreto. Las dimensiones de los agregados ya tienen límites fijados y se encuentran en la NTP 400.011[21].

Por su naturaleza estos agregados se clasifican en:

✓ **Agregado Fino**

Es aquel material que pasa el tamiz 3/8" y se retiene en la malla N°200. Normalmente es la arena, y esta se genera producto de la desintegración de rocas.

✓ **Agregado Grueso**

Es aquel material retenido en el tamiz N°4, también es proveniente de la desintegración de rocas. Se clasifica en piedra chancada o grava.

Características de los agregados

✓ Granulometría

Según la NTP 400.037 los agregados deben cumplir con las gradaciones establecidas en la NTP 400.12 [13]. Esto, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla No. 2. Requisitos Granulométricos para el Agregado Grueso

Tamaño Nominal	% Pasa por los tamices normalizados												
	100mm (4")	90mm (3½")	75mm (3")	63mm (2½")	50mm (2")	37.5mm (1½")	25mm (1")	19mm (¾")	12.5mm (½")	9.5mm (3/8")	4.75mm (Nº4)	2.36mm (Nº8)	1.18mm (Nº16)
90 mm a 37.5 mm (3½" a 1½")	100	90 a 100	--	25 a 60	--	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
63 mm a 37.5 mm (2½" a 1½")	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
50 mm a 25 mm (2" a 1")	--	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--
50 mm a 4.75 mm (2" a Nº4)	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	--	0 a 5	--	--
37.5 mm a 19 mm (1½" a ¾")	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--
37.5mm a 4.75mm (1½" a Nº4)	--	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	0 a 5	--	--
25 mm a 12.5 mm (1" a ½")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--	--	--
25 mm a 9.5 mm (1" a 3/8")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	--	--
25 mm a 4.75 mm (1" a Nº4)	--	--	--	--	--	100	95 a 100	--	25 a 65	--	0 a 10	0 a 5	--
19 mm a 9.5 mm (¾" a 3/8")	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	--	--
19 mm a 4.75 mm (¾" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	--	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--
12.5mm a 4.75mm (½" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	--
9.5mm a 2.38mm (3/8" a Nº8)	--	--	--	--	--	--	--	--	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente:[13]

Tabla No. 3. Requisitos Granulométricos del Agregado Fino

Tamiz	Límites Totales	% Pasa por los tamices normalizados		
		C	M	F
9.5 mm (3/8")	100	100	100	100
4.75 mm (Nº4)	89 – 100	95 – 100	85 – 100	89 – 100
2.38 mm (Nº8)	65 – 100	80 – 100	65 – 100	80 – 100
1.20 mm (Nº 16)	45 – 100	50 – 85	45 – 100	70 – 100
0.60 mm (Nº 30)	25 – 100	25 – 60	25 – 80	55 – 100
0.30 mm (Nº 50)	5 – 70	10 – 30	5 – 48	5 – 70
0.15 mm (Nº 100)	0 – 12	2 – 10	0 – 12*	0 – 12*

* Incrementar 15% cuando se trata de agregado fino triturado, excepto cuando se usa para pavimentos de alta resistencia

Fuente:[13]

✓ **Humedad**

Es el porcentaje de agua superficial que presenta una partícula y tiene influencia en la cantidad de agua que necesite la mezcla [17]. Se calcula con la formula:

Ilustración No. 1. Fórmula para la humedad

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{Peso natural} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

Fuente:[17]

✓ **Peso Específico**

Relación que existe entre la masa en el aire de un volumen unitario considerando tanto poros impermeables como permeables, entre, la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas [10]. Se calcula con la formula:

Ilustración No. 2. Fórmula para el peso específico

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

Fuente:[10]

Donde:

A =Peso de la muestra seca en el aire(gramos)

B =Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire(gramos)

C = Peso en el agua de la muestra saturada.

✓ **Peso Unitario**

Resultado de dividir el peso de la partícula entre el volumen total, pero incluyendo los vacíos. Este valor es muy útil sobre todo cuando se realiza la transformación de peso a volumen y viceversa. Por ejemplo, si un agregado presenta un peso unitario elevado, significa que le faltan muy pocos vacíos por rellenar. La NTP 400.017 establece el procedimiento para su obtención [17].

✓ **Absorción**

Según la NTP 400.021, es el porcentaje de agua que absorbe el agregado después de ser sometido a sumersión durante 24h [10].

✓ **Módulo de fineza**

En 1925 Duff Abrams planteo el criterio de determinar el módulo de fineza promedio a partir del ensayo granulométrico usando la siguiente expresión [17]:

Ilustración No. 3. Fórmula para el módulo de fineza

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados retenidos (1}\frac{1}{2}\text{'', } \frac{3}{4}\text{'', } \frac{3}{8}\text{'', N}^{\circ}4, \text{N}^{\circ}8, \text{N}^{\circ}16, \text{N}^{\circ}30, \text{N}^{\circ}50 \text{ y N}^{\circ}100)}{100}$$

Fuente:[17]

✓ **Tamaño Máximo:**

Corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregados [17].

✓ **Tamaño Máximo Nominal**

Corresponde al menor tamiz en el cual se produce el primer retenido de la muestra [17].

Agua

Es el recurso responsable de la reacción química del cemento, para facilitar una adecuada manipulación y colocación en estado fresco del mismo, para el tiempo de fraguado y endurecimiento, para el curado; si mantenemos el concreto húmedo durante sus primeros 7 días podrá desarrollar correctamente la resistencia que se desea. Por otro lado, las aguas potables y aquellas aguas con aspecto incoloro e insaboro, pueden ser empleadas para la elaboración de concreto, sin embargo, también se pueden usar aguas no potables que cumplan con los requisitos mínimos de calidad. La NTP 339.008 acepta aguas para la preparación de concreto con propiedades y sustancias disueltas que estén dentro de los parámetros permisibles presentados en la normativa [17].

Diseño de Mezcla-ACI 211

Es el procedimiento técnico, práctico y científico sobre los componentes del concreto y la interacción entre ellos, seleccionando adecuadamente las proporciones de estos. De tal manera que permita lograr un material de calidad y económico, cumpliendo con los requerimientos de un proyecto constructivo [17].

Propiedades del Concreto Fresco

✓ Trabajabilidad

Es el grado de facilidad que tiene la mezcla de concreto para ser manipulada y puesta en obra, mediante la compactación que requiera. Esta propiedad dependerá de los medios que se tiene en obra, la distribución de aceros de las secciones armadas y de las dimensiones de los elementos. Si la mezcla contiene un elevado contenido de agua, más finos y agregados redondeados mayor será la trabajabilidad, sin embargo, esto causará que la resistencia del concreto disminuya. También se puede mejorar la trabajabilidad con adiciones y plastificantes [17].

✓ Consistencia

Es la mayor o menor facilidad que tiene la mezcla de concreto en estado fresco para poder adaptarse a la forma de un elemento específico. Esto va a depender del agua, tamaño máximo de agregado, la granulometría, y la forma de los agregados que tienen una gran influencia en el método de compactación [17].

Tabla No. 4. Tipos de consistencia según el asentamiento

CONSISTENCIA	ASIENTO (cm)
SECA	0 – 2
PLÁSTICA	3 – 5
BLANDA	6 – 9
FLUIDA	10 – 15

Fuente:[17]

Dependiendo del tipo de consistencia que se tenga, se utilizara un tipo de vibrado:

- ✓ Seca: Vibrado Energético
- ✓ Plástica: Vibrado Normal
- ✓ Blanda: Apisonado
- ✓ Fluida: Barra
- ✓ **Tiempo de Fraguado**

Tiempo que existe desde el contacto del cemento con agua hasta la solidificación de la pasta (estado endurecido del concreto) . El tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final se expresan en minutos [17].

- ✓ **Contenido de Aire**

Es la cantidad de aire atrapado en la mezcla de concreto y se expresa en % respecto al volumen total [17].

- ✓ **Módulo de Elasticidad**

Llamado también módulo de Young, es el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica y es considerada como una medida para determinar la resistencia de un material ante deformaciones. Este solo puede ser aplicado en la parte recta de la curva de esfuerzo-deformación [27].

- ✓ **Relación de Poisson**

Es la deformación unitaria lateral y la deformación unitaria axial aplicada, esta última es usada para el diseño y análisis de varias estructuras. Normalmente la relación de Poisson para el concreto fluctúa entre 0.15 a 0.20 [27].

- ✓ **Exudación**

Cantidad de agua que segrega una mezcla de concreto en estado fresco y que se deposita en la superficie de la misma, ya que no ha sido absorbida por los componentes del mismo [17].

Propiedades del Concreto Endurecido

- ✓ **Resistencia a la compresión**

Se calcula dividiendo la máxima carga que pueda soportar la probeta entre el área de la sección que resiste la carga. Estas pruebas se realizan fundamentalmente para ver que el concreto cumpla con los requisitos de resistencia especificados en el proyecto. Además, se utiliza con el fin de controlar la calidad del concreto para la aceptación del mismo [22]. Normalmente la resistencia se mide a los 28 días desde la colocación del concreto, aunque, para cementos o

estructuras con características especiales se puede dar en mayor o menor tiempo. La resistencia a la compresión se va a determinar por medio de pruebas a especímenes cilíndricos de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, estos se llevan hasta la falla como se mencionaba antes, aumentando las cargas relativamente rápido. La NTP 339.034 nos indica el procedimiento a seguir para este ensayo [17].

Ilustración No. 4. Ensayo- Resistencia a la compresión



Fuente:[22]

✓ Durabilidad

Es la capacidad del concreto para resistir la acción de agentes agresivos. Por tanto, un concreto se denomina durable cuando es capaz de resistir satisfactoriamente los efectos que puedan causar las condiciones de servicio a las cuales estará sometido. Los agentes que más influyen negativamente son: Cloruros, sulfato de sodio, calor, humedad y agentes contaminantes; estos producen un deterioro físico y mecánico. En la siguiente tabla se muestran algunas de las circunstancias que pueden afectar la durabilidad del concreto [17].

Tabla No. 5. Circunstancias que afectan a la durabilidad

Mecánicas	Vibraciones, sobrecargas, impactos, choques.
Físicas	Oscilaciones térmicas, ciclos de hielo y deshielo, fuego, causas higrométricas.
Químicas	Contaminación atmosférica, aguas filtradas, terrenos agresivos.
Biológicas	Vegetación o microorganismos.

Fuente:[17]

✓ **Permeabilidad**

Es la capacidad de un material para dejar pasar un fluido a través de sus poros, ya sea líquido o gaseoso; debemos resaltar que el concreto nunca va a ser totalmente impermeable, por lo tanto, siempre existirán poros en su composición. La permeabilidad dependerá de la cantidad de agua que tenga la mezcla (esta genera poros capilares que al evaporarse generan vacíos), la finura que pueda presentar el cemento y la compactación. Esta se puede corregir con una buena colocación en obra, ya que, depende también de un buen vibrado para que haya un correcto acomodo de los componentes del concreto [17].

- **Procedimientos establecidos para realizar los ensayos según la norma correspondiente**

✓ **NTP 400.012 Análisis Granulométrico del agregado fino y grueso**

La N.T.P 400.012 presenta el siguiente método para la determinación de la granulometría de los agregados.

Aparatos

- ✓ Balanzas con precisión de 0.1g para agregado fino y 0.5 g para agregado grueso
- ✓ Tamices de #1",#3/4",#1/2",#3/8",#4,#8,#16 y fondo para el agregado grueso .
- ✓ Tamices de #3/8",#4,#8,#16,#30,#50;#100 y fondo para agregado fino.
- ✓ Horno capaz de mantener temperaturas uniformes de 110 C°+5 C°.

Procedimiento para agregado grueso

- ✓ Se realiza el método del cuarteo a una muestra de acuerdo a lo que indica la N.T.P 400.012, como mínimo 5000 gr.
- ✓ Se coloca la muestra representativa en el horno de secado a una temperatura de $110\text{ C}^{\circ} \pm 5\text{ C}^{\circ}$. Luego la muestra se extrae del horno y se deja enfriar.
- ✓ Se fracciona la muestra de agregado en distintas proporciones y se procede a tamizar.
- ✓ Se agitan los tamices con un efecto vaivén de tal manera que el agregado pase o se retenga en el tamiz respectivo.
- ✓ Se verifica tamiz por tamiz la cantidad de agregado que quedó retenido, y se pesa.

Procedimiento para agregado fino

- ✓ Se selecciona 500g como tamaño de muestra.
- ✓ Utilizando el tamiz N°200 se procede a lavar la muestra.
- ✓ Se coloca la muestra en el horno de secado a $105\text{ C}^{\circ} \pm 5\text{ C}^{\circ}$ de temperatura.
- ✓ Se retira del horno para que enfríe.
- ✓ Se divide la muestra en varias proporciones y se procede a pasarla por los tamices respectivos. Se obtiene el peso retenido por cada tamiz y se llevan a cabo los cálculos respectivos. Se grafica la curva granulométrica para cada tipo de agregado.

✓ **NTP 339.185 Método de ensayo normalizado para contenido de humedad**

La N.T.P 339.185 dispone el método de ensayo para la determinación del contenido de humedad del agregado grueso y del agregado fino.

Materiales

- ✓ Balanza
- ✓ Recipientes
- ✓ Horno de Secado
- ✓ Agregados

Procedimiento para el agregado grueso

- ✓ Se pesa aproximadamente 6kg de agregado grueso.
- ✓ Se coloca la muestra en el horno de secado a $105\text{ C}^{\circ} \pm 5\text{ C}^{\circ}$ de temperatura durante 1 día.
- ✓ Se extrae del horno para que enfríe la muestra.
- ✓ Finalmente, se pesa para obtener el peso seco de la muestra y con ello determinar la humedad natural del agregado.

Procedimiento para el agregado fino

- ✓ Se pesa aproximadamente 500g de muestra
- ✓ Se coloca la muestra en el horno de secado a 105C°de temperatura durante 1 día.
- ✓ Se extrae del horno para que enfríe la muestra.
- ✓ Finalmente, se realiza el mismo procedimiento del agregado grueso para obtener la humedad.
- ✓ **NTP 400.021 Y 400.022 Método de Ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino y grueso**

La N.T.P 400.021 y 400.022 dispone el método de ensayo para la determinación del peso específico y absorción del agregado grueso y fino respectivamente.

Materiales

- ✓ Matraz de 500cm³
- ✓ Recipientes plásticos
- ✓ Cono de Absorción y Pilón
- ✓ Bandeja
- ✓ Balanza
- ✓ Agregados(Fino y Grueso)
- ✓ Horno
- ✓ Canastilla
- ✓ Franela

Procedimiento del agregado fino

- ✓ Primero, se selecciona 1000 gr de muestra y se coloca en un depósito, luego se le añade agua y se deja reposar por 1día.
- ✓ Se extrae el agua del depósito y se extiende el agregado en una superficie seca exponiéndolo a los rayos solares y a la corriente de aire.
- ✓ Cuando el material haya secado al aire , se corrobora que este en la condición saturado superficialmente seco.
- ✓ Se coloca el cono de absorción en una bandeja, llenándolo en tres partes iguales con el agregado y por cada capa se efectúan 25 golpes con el pilón.
- ✓ Al retirar el cono de absorción se verifica que el agregado quede asentado en las $\frac{3}{4}$, eso indicará que la muestra se encuentra en la condición SSS, caso contrario, todavía se encuentra húmeda.

- ✓ Luego, se selecciona 500 gr del material en condición SSS y se toma el peso del matraz.
- ✓ Se vierte el agregado fino en el matraz y se agrega 400cm³ de agua destilada, si presenta burbujas debe agitarse para eliminar los vacíos y posteriormente se deja en reposo.
- ✓ Se le incorpora agua destilada hasta los 500 cm³ y se pesa.
- ✓ Se vierte el material en un recipiente y se espera 10min para que el agregado se situé en el fondo del matraz y el agua salga transparente.
- ✓ Finalmente, se retira el agua sin perder material y se coloca la muestra en el horno de secado.

Procedimiento del agregado grueso

- ✓ Se lava la porción de muestra seleccionada para eliminar el polvo de la superficie y se sumerge durante 1 día en agua.
- ✓ Se retira la muestra del recipiente y con la franela eliminamos el agua superficialmente, de esta manera la muestra quedara SSS y se pesa la muestra.
- ✓ Para determinar el peso sumergido, se coloca el agregado en la canastilla y se sumerge en agua a una temperatura que va de 21C° a 25C°.
- ✓ Se coloca la muestra en el horno de secado a 105C° de temperatura durante 1 día y se pesa. Finalmente, se realizan los cálculos correspondientes.

NTP 400.017 Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado grueso y fino.

La N.T.P 400.017 presenta la metodología para la determinación del del peso unitario de los agregados.

Materiales

- ✓ Balanza
- ✓ Bandeja
- ✓ Agregados
- ✓ Horno
- ✓ Moldes de Compactación de 4” y 6”
- ✓ Varilla de acero liso de 5/8”
- ✓ Brocha

Procedimiento para peso unitario suelto del agregado fino

- ✓ Se pesa el molde vacío, ya que este servirá para cálculos posteriores.
- ✓ Se llena el molde al ras con la muestra para luego quitar las orejeras.
- ✓ Se quitan las orejeras y quedando el molde completamente lleno; debiéndose enrasar con la varilla de acero.
- ✓ Finalmente, se pesa el agregado fino con el molde y se realizan los cálculos correspondientes.

Procedimiento para peso unitario suelto del agregado grueso

- ✓ Se pesa el molde vacío de 6", ya que este servirá para cálculos posteriores
- ✓ Se ajusta la base con el collarín y luego se procede a verter el agregado a una altura de 5cm en caída libre.
- ✓ Se le quita el collarín y enrasamos, de tal manera que quede al límite de molde.
- ✓ Finalmente, el molde se pesa. Este último paso debe ser repetido como mínimo dos veces y los valores resultantes no deben variar en más del 1%.

Procedimiento para peso unitario compactado del agregado fino

- ✓ Se pesa el molde vacío, ya que este servirá para cálculos posteriores.
- ✓ Se llena el molde cada 1/3 , por cada capa se compacta 25 veces con la varilla. Luego se procede a enrasar.
- ✓ Finalmente, se pesa y se realiza los cálculos correspondientes.

Procedimiento para peso unitario compactado del agregado grueso

- ✓ Se pesa el molde vacío, ya que este servirá para cálculos posteriores.
- ✓ Se rellena un tercio del molde y se enrasa con la mano.
- ✓ Se le aplica 25 golpes, evitando golpear el fondo.
- ✓ Posteriormente se colocan las siguientes 2/3 partes de agregado y se vuelve a compactar con 25 golpes
- ✓ Llenamos todo el molde hasta que rebase y nuevamente compactamos con 25 golpes.
- ✓ Finalmente se pesa y se realiza los cálculos correspondientes. Esto se debe repetir más de una vez y los resultados no deben diferir en 1%.

✓ **ASTM C143 Método de prueba estándar para el asentamiento del concreto de cemento hidráulico**

La ASTM C143 dispone el método de ensayo para la determinación del asentamiento del concreto simple.

Materiales

- ✓ Cono de Abrams con base de \varnothing 200mm , \varnothing superior de 100mm y altura de \varnothing 300mm
- ✓ Varilla de acero lisa con punta semiesférica de \varnothing 5/8 y 600mm de longitud.
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Regla metálica
- ✓ Bandeja de metal
- ✓ Cucharón de metal

Procedimiento

- ✓ Se humedece el interior del cono, la varilla de acero, regla metálica y cucharón de metal previo al ensayo.
- ✓ Se coloca el molde en una superficie plana y rígida, capaz de contener toda la mezcla de concreto desplomado.
- ✓ Se llena el molde con la mezcla de concreto fresco en tres capas aproximadamente iguales.
- ✓ Por cada 1/3 de capa se compacta con 25 golpes de varilla de manera vertical y uniforme. En la primera capa se compacta con la varilla un poco inclinada sin tocar el fondo.
- ✓ Antes de compactar la última capa llenamos el molde por exceso .Si existe una falta de mezcla, se agrega lo suficiente para que esta siempre se mantenga en exceso respecto a la capacidad del molde.
- ✓ Luego de compactar, enrasamos con la varilla.
- ✓ Por último, se levanta el molde verticalmente y se mide la diferencia entre la altura del molde y el centro original desplazado de la superficie superior de la muestra.

Nota: Si se observa un corte en una parte de la masa del concreto o de un lado del mismo, se desecha a prueba y se vuelve al realizar con una nueva porción de mezcla. Sin embargo, si vuelve a suceder en dos ensayos consecutivos; la mezcla no tiene la suficiente plasticidad y cohesión, por lo tanto, el ensayo no es válido.

✓ **ASTM C31 Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra**

La ASTM C31 menciona el procedimiento para la preparación y curado de los especímenes cilíndricos de concreto fresco.

✓ **ASTM C232 Métodos de prueba estándar para Exudación de Concreto**

La ASTM C232 dispone el método de ensayo para la determinación de la exudación del concreto.

Método de Prueba A-Muestra Consolidada por Varillado

Materiales

- ✓ Recipiente cilíndrico metálico de 14L que cumpla con los requisitos de la normativa.
- ✓ Balanza
- ✓ Pipeta
- ✓ Probeta graduada de 100ml
- ✓ Varilla para compactación de 5/8" de diámetro y 24" de longitud.
- ✓ Vaso de Metal de 1000 ml (Opcional)
- ✓ Balanza (Opcional)
- ✓ Horno (Opcional)

Procedimiento

- ✓ Durante la realización del ensayo la temperatura se debe mantener entre 18 y 24 °C.
- ✓ Inmediatamente después de nivelar la superficie , se registra la hora y se determina la masa del recipiente y su contenido.
- ✓ Se coloca el recipiente en una plataforma que este nivelada y se cubre el envase para evitar que el agua se evapore.
- ✓ Se mantiene cubierto durante toda la prueba , excepto cuando ya se vaya a retirar el agua.
- ✓ Mediante una pipeta se extrae el agua acumulada en un intervalo de 10min durante los primeros 40min y después cada intervalo de 30min hasta que la exudación pare.
- ✓ Cada vez que retire el agua , se deberá colocar un bloque de 2" de espesor en la parte inferior de un lado del recipiente para facilitar la recolección. Una vez que se retira el agua , se deberá regresar el recipiente sin agitarlo a su posición inicial.
- ✓ Finalmente , se registra la cantidad de agua acumulada en cada intervalo de tiempo y se procede con los cálculos respectivos.

✓ **ASTM C138: Método de pruebas estándar para el peso unitario del concreto**

La ASTM C138 dispone el método de ensayo para la determinación del peso unitario del concreto.

Materiales

- ✓ Balanza
- ✓ Varilla apisonadora de 16"
- ✓ Placa para enrasar
- ✓ Mazo de goma
- ✓ Cucharón o Pala

Procedimiento

- ✓ Se humedece el interior y se determina la masa del molde vacío, así como también su volumen.
 - ✓ Se procede a llenar el molde en tres capas de concreto , cada capa será varillada 25 veces. Además, por cada capa que se realice, se golpeará de 10 a 15 veces con el mazo de goma.
 - ✓ Se enrasa y se procede a limpiar todo el exceso de concreto que pudo quedar en el exterior del molde. Finalmente se determina la masa del concreto y se procede con los cálculos.
- ✓ **ASTM C1064: Temperatura del concreto de cemento hidráulico mezclado recientemente**

La ASTM C1064 dispone el método de ensayo para la determinación de la temperatura del concreto.

Materiales

- ✓ Envase
- ✓ Dispositivo de temperatura, que permita una inmersión de 3pulg en el concreto.

Procedimiento

- ✓ Se coloca el dispositivo de tal manera que ingrese al menos 3 pulgadas en la mezcla , así se evita que la temperatura del ambiente altere los resultados.
- ✓ Finalmente, se deja el dispositivo al menos durante 2min, pero no más de 5min. Se registra la temperatura al 0.5C° más cercano.

✓ **ASTM C403: Tiempo de Fraguado de Mezclas de Concreto por Resistencia a la Penetración**

La ASTM C403 dispone el método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado del concreto.

Materiales

- ✓ Recipientes
- ✓ Aparato de Carga
- ✓ Agujas de Penetración con áreas de contacto (1", 1/2", 1/4", 1/10", 1/20" y 1/40")
- ✓ Varilla de Apisonamiento (5/8" de diámetro y 24" de longitud)
- ✓ Pipeta
- ✓ Cronómetro
- ✓ Termómetro
- ✓ Tamiz N°4

Procedimiento

- ✓ Se elabora la mezcla y se anota la hora exacta en el que el agua hace contacto con el cemento.
- ✓ Se utiliza el tamiz N°4, y se utilizará solamente la mezcla que pase por esta malla.
- ✓ Se realiza el ensayo después de 3 o 4h desde el contacto inicial del agua con el cemento. Las pruebas posteriores , se deberán realizar en intervalos 30min a 1h.
- ✓ Se realizan por lo menos 6 penetraciones para cada prueba con intervalos de tiempo que permitan obtener una curva adecuada de la resistencia a la penetración frente al tiempo de fraguado.
- ✓ Se continúa realizando hasta que se pueda observar una resistencia a la penetración de 27,6 Mpa o mayor. Luego se procede a realizar los cálculos correspondientes.

Nota: Antes de realizar un ensayo de penetración, se debe eliminar el agua por la exudación presente en la superficie por medio de una pipeta.

✓ **ASTM C231:Contenido de Aire del Concreto Recién Mezclado Mediante el Método por Presión**

La ASTM C231 dispone el método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto.

Materiales

- ✓ Medidores de Aire: Tipo A y Tipo B
- ✓ Varilla para compactación con diámetro de 5/8" y una longitud de 4".
- ✓ Mazo de goma
- ✓ Barra para el enrasado
- ✓ Embudo que se ajuste al tubo de rociador
- ✓ Cucharón

Procedimiento

- ✓ Se humedece el interior del medidor y se coloca en una zona nivelada.
- ✓ Con el cucharón se colocan 3 capas de concreto que tengan igual volumen aproximadamente. Por cada capa se realiza un varillado de 25 veces con el extremo redondeado de la varilla y de manera uniforme; para la primera capa se realiza el varillado en todo su espesor, pero sin dañar el fondo de el medidor.
- ✓ Luego se golpea en los costados del medidor con el mazo de goma de 10 a 15 veces para liberar cualquier burbuja grande de aire que pudo quedar atrapada.
- ✓ Se enrasa la superficie del concreto con la barra respectiva, dejándolo justo al nivel del medidor tipo B.
- ✓ Se coloca la tapa , humedecemos el interior de la misma y limpiamos los residuos que pudieron quedar.
- ✓ Se apertura las llaves de purga y mediante una de ellas se le ingresa agua hasta que salga por el otro lado, se le dan unos cuantos golpes con el mazo y se le sigue añadiendo más agua.
- ✓ La válvula de escape de aire se procede a cerrar y se bombea aire dentro del medidor , hasta que el manómetro marque la presión inicial.
- ✓ Se observa que la presión se estabilice y se apertura la válvula principal entre la cámara de aire y el medidor tipo B.
- ✓ Se procede a golpear con la mano suavemente el manómetro para estabilizar su índice y se procede a tomar la lectura.
- ✓ Como paso final se abre la válvula principal de aire y se proceden a realizar los cálculos respectivos.

✓ **ASTMC39: Método de Ensayo Estándar para Esfuerzo de Compresión en Especímenes Cilíndricos de Concreto**

La ASTM C39 dispone el método de ensayo para la determinación del esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto.

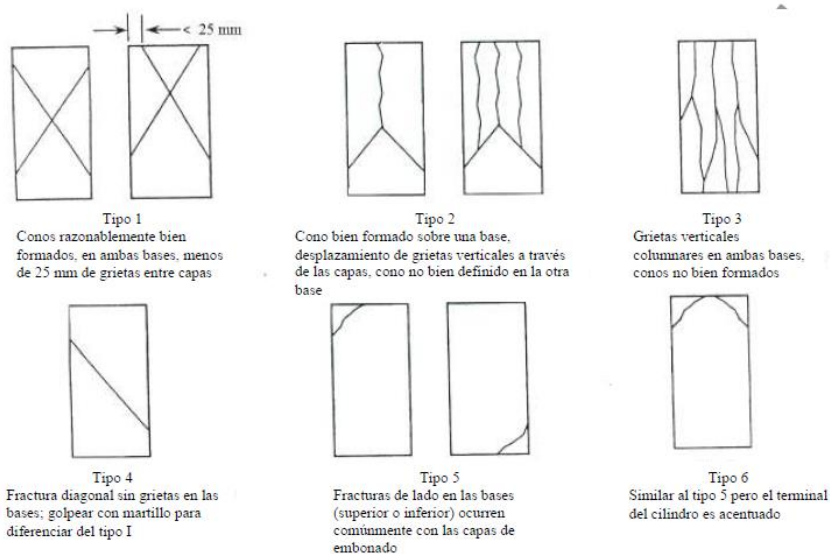
Materiales

- ✓ Máquina de compresión calibrada

Procedimiento

- ✓ Los especímenes a ensayar para una determinada edad del concreto tendrán que ser ensayadas dentro del tiempo estandarizado establecido por la ASTM C39.
- ✓ Se alinea el eje de la probeta cilíndrica con el centro de la máquina de ensayo.
- ✓ Se verifica que el panel de la máquina indique el valor 0.
- ✓ Se aplica la carga constantemente sin detener, hasta empezar a tener un patrón de falla definido en la probeta. Finalmente, se procede a realizar el cálculo de la resistencia a la compresión

Ilustración No. 5. Esquema de tipo de fracturas



Fuente:[8]

✓ **ASTMC1012: Cambios de Longitud de Morteros de Cemento Hidráulico Expuestos a Solución de Sulfatos**

La ASTMC1012 presenta la metodología para determinar la resistencia a sulfatos de los morteros.

Materiales

- ✓ Solución de Sulfato de Sodio
- ✓ Vigas de concreto de 75mm x 75mm x 285mm (depende del tamaño del agregado)
- ✓ Tornillos de acero inoxidable
- ✓ Máquina comparadora de longitud

Procedimiento

- ✓ Se disuelve 50 gr de sulfato de sodio en 900ml de agua destilada. Esto se debe realizar un día antes a su uso, se cubre y se almacena a $23 \pm 20^\circ\text{C}$.
- ✓ Se calibra la máquina comparadora de longitud mediante una barra de referencia. Esta medida nos servirá como referencia respecto a los resultados posteriores.
- ✓ Las vigas deben contener un tornillo de acero inoxidable de tal manera que se puedan medir las pequeñas variaciones de longitud.
- ✓ Se curan las vigas durante 7 días sumergiéndolas en agua potable y luego se sumergen en las soluciones de sulfato de sodio.
- ✓ Posteriormente se mide la longitud inicial y final de las vigas elaboradas, según las semanas de ensayo planteadas.
- ✓ Se mide a las 15 semanas la susceptibilidad al ataque de sulfatos mediante las variaciones de longitud que presenten las vigas.

✓ **UNE-EN 12390-8: Profundidad de penetración de agua bajo presión**

La UNE-EN 12390-8 presenta la metodología para calcular la permeabilidad del concreto.

Materiales

- ✓ Equipo de Ensayo
- ✓ Cepillo de púas metálicas

Procedimiento

- ✓ Se prepara los especímenes a ensayar, los cuales serán cilíndricas con diámetro no menor a 150mm.
- ✓ Con un cepillo metálico se desgasta la superficie de la cara de la probeta que estará expuesta a la presión del agua.
- ✓ Se coloca la probeta en el equipo de ensayo y se le aplica agua a una presión de 500 ± 50 kPa durante $72 \text{ horas} \pm 2$ (3 días).
- ✓ Luego de ese tiempo se extrae la probeta y se procede a limpiar la cara que estuvo expuesto a la presión del agua para retirar el exceso de la misma.
- ✓ Se rompe la probeta en dos mitades de manera perpendicular a la cara en la que se aplicó la presión del agua
- ✓ Una vez roto el espécimen se procede a marcar la extensión del frente de penetración de agua.
- ✓ Finalmente, se mide la profundidad máxima que esta alcanzó bajo la superficie de ensayo y se aproxima al mm más próximo.

Nota: Durante la realización del ensayo se observa retiradas veces el estado de las superficies que no han sido expuestas a la presión del agua, para observar posible presencia de agua. En el caso que se detecten filtraciones, se reconsidera la validez del ensayo y se anota el hecho en el informe.

- ✓ **ASTM C469: Módulo estático de elasticidad del concreto en compresión.**

La ASTM C449 dispone el método de ensayo para determinar el módulo de elasticidad del concreto en compresión.

Materiales

- ✓ Máquina de Prueba
- ✓ Compresómetro
- ✓ Extensómetro
- ✓ Dial
- ✓ Probetas cilíndricas moldeadas

Procedimiento

- ✓ Se utiliza la probeta para determinar la resistencia a la compresión.
- ✓ Se coloca la probeta unida con en el equipo que mide las deformaciones, y esta se apoyara en la platina inferior.
- ✓ Se alinea el eje de la probeta con el centro de empuje del bloque de carga superior con asiento esférico.
- ✓ Luego se procede a cargar la probeta al menos dos veces. De las cuales, la primera vez no se registrará ningún dato . Los cálculos se basarán en el promedio de los otros dos resultados.
- ✓ Se procede a registrar la carga aplicada y la deformación longitudinal cuando la deformación longitudinal sea de 50 millonésimas y cuando la carga sea igual al 40% de la carga última.

El Módulo de Elasticidad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$E = (S2 - S1) / (\epsilon2 - 0.000050)$$

Donde:

E = Modulo de elasticidad secante, psi

S2 = Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última

S1 = Esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal, ϵ_1 , de 50 millonésima

Materiales y métodos

Tipo y nivel de Investigación

Por el propósito es una investigación aplicada, ya que el objetivo de esta investigación es solucionar una problemática real reemplazando parcialmente el cemento por diatomeas. Buscando una mejora técnica, social, económica y ambiental, dando una alternativa a la hora de producir concreto.

Es una investigación cuantitativa según los tipos de datos analizados, ya que, se llevará a cabo la recolección de datos y posteriormente el análisis de los mismos mediante ensayos de laboratorio para corroborar la hipótesis planteada.

Diseño de investigación

Tendrá un diseño experimental del tipo experimental puro, debido a que se manipulará una variable (diatomeas calcinadas) para ver la influencia en la otra (propiedades del concreto). Además, se tendrá un grupo de control al cual no se le afectará por la variable independiente, es decir, que no se le agregará diatomeas calcinadas y un grupo experimental que si será afectado en proporciones de 5%,10% y15% con el fin de medir la influencia de la misma.

Población, muestra, muestreo

✓ Población

La población por estudiar son las mezclas de concreto convencional con adición de diatomeas calcinadas.

✓ Muestra

Las mezclas de concreto convencional f'c 210 kg/cm² con adición de diatomeas calcinadas. Se elaboraron especímenes tanto prismáticas como cilíndricas para la muestra control y para las mezclas con incorporación de diatomeas calcinadas, con la finalidad de evaluar mediante ensayos las propiedades del concreto ya mencionadas. Los porcentajes de 5%.10% y 15% de diatomeas calcinadas a usar como reemplazo parcial del cemento, están referenciados de investigaciones previas a esta.

Tabla No. 6. Muestras de especímenes prismáticas y cilíndricas

Concreto convencional con adición de diatomeas calcinadas												
% de diatomea	Patrón			5%			10%			15%		
Ensayo	Resistencia a la compresión											
Días	7d	14d	28d	7d	14d	28d	7d	14d	28d	7d	14d	28d
NºProbetas	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ensayo	Durabilidad frente a sulfatos											
NºVigas	3			3			3			3		
Ensayo	Profundidad de penetración de agua bajo presión											
NºEspecímenes	3			3			3			3		
Ensayo	Ensayo de módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson											
NºProbetas	3			3			3			3		

TOTAL	
NºProbetas	60
NºVigas	12

Fuente: Elaboración propia

✓ Muestreo

Para esta investigación se empleará un muestreo no probabilístico, ya que, la elección de especímenes se basó en el criterio del investigador y no de la probabilidad.

Criterio de selección

✓ Ensayo de resistencia a la compresión

Respecto a la cantidad de probetas se tuvo de referencia la ASTM C39, donde establece que para realizar dicho ensayo con probetas de 150mm x 300mm se deben de elaborar como mínimo 2 especímenes cilíndricos. En este caso se elaboraron 3 especímenes

✓ Ensayo de durabilidad (Exposición a sulfatos)

Para determinar la cantidad de especímenes a utilizar se tuvo como referencia la ASTM C-157, la cual nos indica que se deben preparar 3 especímenes para poder realizar este ensayo.

✓ Ensayo de durabilidad (Profundidad de penetración de agua bajo presión)

Para definir la cantidad de especímenes a utilizar se tuvo como referencia la UNE-EN 12390-8, la cual no indica la cantidad de especímenes para realizar el ensayo. En este caso se elaboraron 3 especímenes.

✓ Ensayo de Modulo de Elasticidad

Para definir la cantidad de especímenes a utilizar se tuvo como referencia la ASTM C469, la cual nos indica que para realizar este ensayo se deben preparar al menos 2 especímenes. En este caso se elaboraron 3 especímenes

Hipótesis y Operacionalización de variables

Hipótesis

Las diatomeas calcinadas en sus diferentes proporciones influyen positivamente en las propiedades en estado fresco y endurecido de un concreto convencional $f'c$ 210 kg/cm².

Operacionalización de variables

Tabla No. 7. Operacionalización de Variables

Variable		Dimensión	Indicadores	Medición	Normativa
Tipo	Descripción				
V. Independiente	Diatomeas calcinadas	Composición química	Porcentajes de SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO	%	Ficha Técnica
		Dosificación de diatoméas calcinadas	5%, 10% y 15% como reemplazo parcial del cemento	%	-
V. Dependiente	Propiedades del concreto	Estado Fresco	Asentamiento	Pulgadas	ASTM C143
			Exudación	%	ASTM C232
			Peso Unitario	kg/m ³	ASTM C138
			Temperatura	C°	ASTM C1014
			Tiempo de Fraguado	min	ASTM C403
			Contenido de Aire	%	ASTM C231
		Estado Endurecido	Resistencia a la compresión	kg/cm ²	ASTM C39
			Módulo de Elasticidad	kg/cm ²	ASTM C469
			Profundidad de penetración de agua bajo presión	mm	UNE-EN 12390-8
			Resistencia del concreto frente a sulfatos	%	ASTM C1012
V.interviniente	Diseño de Mezcla	Ensayo de Agregado Fino y Grueso	Contenido de Humedad	%	N.T.P 339.185
			Absorción	%	N.T.P 400.021 Y 400.022
			Peso unitario seco y compactado	kg/m ³	N.T.P 400.017
			Peso específico	kg/m ³	N.T.P 400.021 Y 400.022
			Granulometría	%	N.T.P 400.012

Fuente: Elaboración propia

Técnica e instrumentos de recolección de datos

Técnica

✓ Investigación

Para lograr realizar esta investigación se llevará a cabo la compilación de la información proveniente de bibliografía y normativas.

✓ Experimento

Se llevará a efecto la manipulación de las variables de estudio para determinar la trabajabilidad, resistencia a la compresión y durabilidad del concreto.

✓ Fuentes

Se consultaron las siguientes:

- ✓ Normas Técnicas Peruana (N.T.P).
- ✓ American Society for Testing and Materials (ASTM).
- ✓ UNE-EN.
- ✓ Bibliografías.

Instrumentos de recolección de datos

- ✓ **Ensayos de los agregados:** Granulometría, Peso específico y absorción, Contenido de humedad y Peso unitario seco y compactado.
- ✓ **Ensayos del concreto fresco:** Asentamiento, Exudación, Peso Unitario, Temperatura, Tiempo de Fraguado y Contenido de Aire.
- ✓ **Ensayos del concreto endurecido:** Resistencia a la compresión, Módulo de Elasticidad y Coeficiente de Poisson, Durabilidad ante sulfatos y Profundidad de penetración de agua bajo presión.

Procedimientos

Lo que se presenta a continuación, se realizó para poder cumplir con cada objetivo específico planteado. Así mismo, cumplir con el objetivo general.

Obtención del cemento y los agregados

Se obtuvo el agregado fino de la cantera “La Victoria-Pátapo” y el agregado grueso de “Tres Tomas-Ferreñafe”. Además, se trabajó con un cemento Qhuna-Tipo I ya que fue el más ideal para realizar la investigación y poder ver la influencia de la variable independiente en los resultados al momento de elaborar el concreto.

Ilustración No. 6. Agregado Fino- “La Victoria-Pátapo”



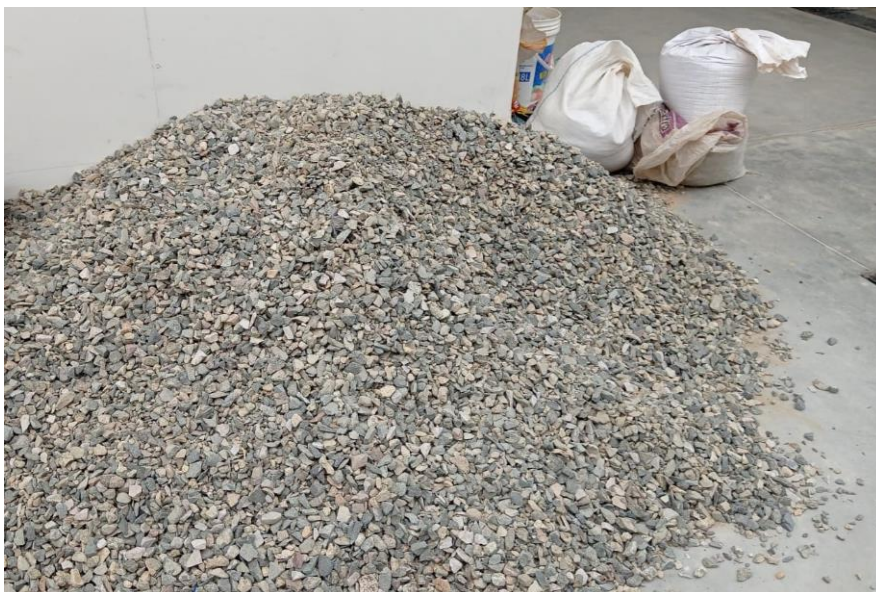
Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 7. Cemento Tipo I



Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 8. Agregado Grueso- “Tres Tomas”



Fuente: Elaboración propia

Obtención de la diatomea calcinada

En este caso, el material fue entregado por la misma Universidad (USAT) para poder realizar esta investigación. La cual, fue entregada con su respectiva ficha técnica donde se puede encontrar la composición química de la misma entre otras características.

Ilustración No. 9. Diatomea Calcinada



Fuente: Elaboración propia

Para ambos casos se siguieron los pasos dados por la **NTP 400.012**.

Para el caso del agregado grueso se realizó un cuarteo, escogiendo la muestra más representativa. Luego se llevó al horno por 24 horas, se retiró y se procedió a fraccionar la muestra para su respectivo tamizado. Para cada tamiz se obtuvo la cantidad de material retenido que luego se pesó para cálculos posteriores.

Para el caso del agregado fino, se lavó la muestra seleccionada por el tamiz N°200 para eliminar todo tipo de impurezas. Después se llevó la muestra al horno por 24 horas y se realizó el mismo procedimiento que el agregado grueso.

Ilustración No. 10. Granulometría del Agregado Grueso



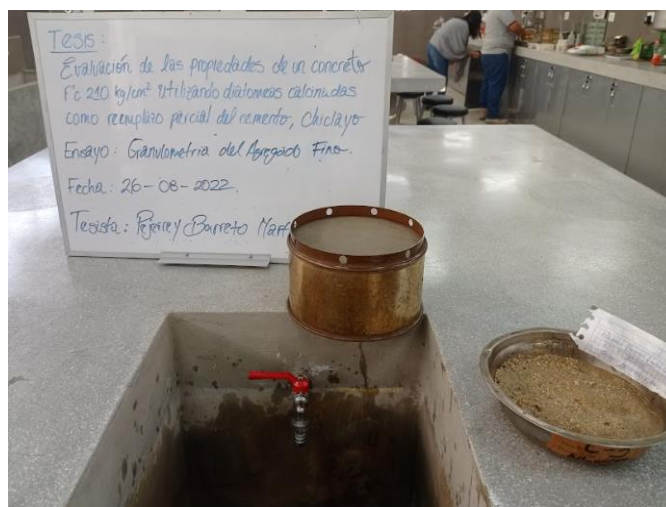
Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 11. Granulometría del Agregado Fino



Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 12. Lavado del Agregado Fino por la malla N°200



Fuente: Elaboración propia

- **Contenido de Humedad del Agregado Fino y Grueso**

Para ambos casos se siguió el procedimiento normalizado propuesto por la NTP 339.185.

Para el caso del agregado grueso la muestra seleccionada se llevó al horno durante 1 día. Se dejó enfriar la muestra y se tomó el peso seco.

Se siguió el mismo procedimiento para el agregado fino.

Ilustración No. 13. Contenido de Humedad del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

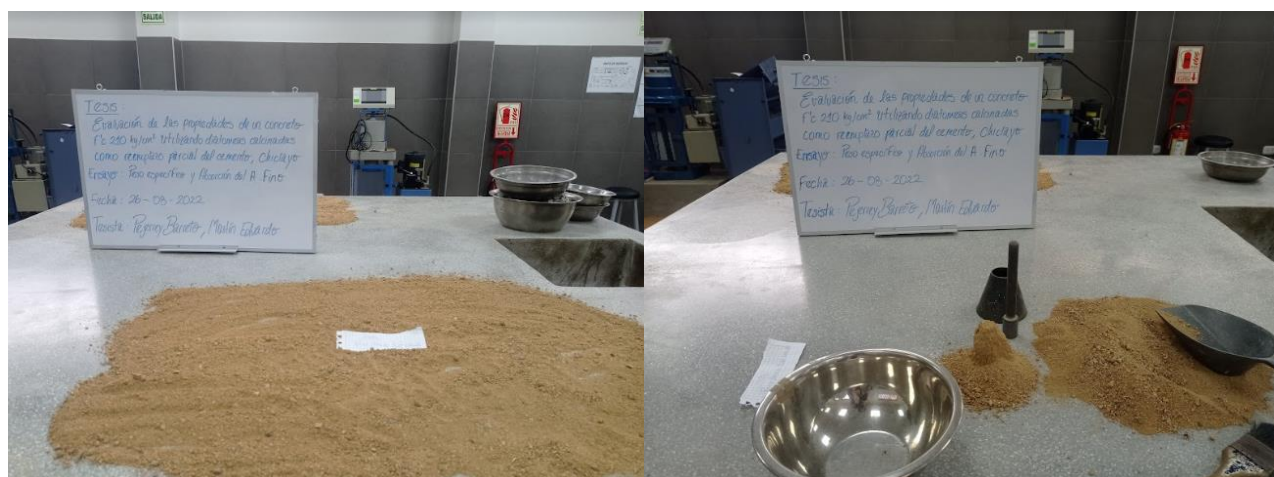
Ilustración No. 14. Contenido de Humedad del agregado fino

Fuente: Elaboración propia

- **Peso específico y Absorción del agregado fino y agregado grueso**

Para ambos tipos de agregados, se siguió el procedimiento estandarizado según la norma técnica peruana NTP 400. 021. En el caso del agregado fino, se tomó una muestra y se dejó expuesta al aire libre hasta lograr una condición conocida como "saturada superficialmente seca" (SSS). Esta condición se verificó utilizando un cono de absorción, llenándolo en tres partes iguales y aplicando 25 golpes con un pilón en cada capa. Después de retirar el cono de absorción, se comprobó que la muestra se encontraba en estado SSS. Se seleccionaron 500 gramos de la muestra y se mezclaron con 400 cm³ de agua destilada en un matraz, agitándolo para eliminar los espacios vacíos. Luego se agregó agua hasta llegar a los 500 cm³ y se registró su peso. Posteriormente, se vertió el material en un recipiente y se esperó hasta que el agregado se asentara en el fondo y el agua se volviera transparente. Finalmente, se drenó el agua sin perder el agregado y se sometió al horno durante un día antes de pesarlo nuevamente. En cuanto al agregado grueso, se lavó en un cubo hasta que el agua saliera lo más transparente posible, y luego se dejó reposar durante un día. A continuación, se extendió la muestra y se retiró el excedente de agua para obtener la condición SSS. Luego se pesó la muestra. Posteriormente, la muestra se colocó en una canastilla para determinar su peso sumergido. Finalmente, se sometió al horno durante un día y se volvió a pesar.

Ilustración No. 15. Verificación de la condición SSS para el agregado fino



Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 16. Peso Específico y Absorción del agregado fino



Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 17. Peso Específico y Absorción del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

- **Pesos unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso**

En ambos casos, se siguió el procedimiento estandarizado según la norma técnica peruana NTP 400.017. En el caso del agregado grueso, se pesó el molde utilizado en el ensayo y luego se colocó el agregado en tres capas, dejándolo caer libremente desde una altura aproximada de 5 cm sobre el molde. Luego se niveló el agregado y se registró su peso. Para obtener el peso unitario compactado, se realizaron 25 golpes con una varilla en cada capa y se compactó 15 veces con un mazo de goma. Finalmente, se niveló la superficie del agregado y se registró su peso. En el caso del agregado fino, tanto para el peso unitario suelto como compactado, se siguió el mismo procedimiento descrito anteriormente. Es importante destacar que estos pasos se repiten al menos dos veces y los resultados no deben diferir en más del 1%.

Ilustración No. 18. Peso unitario suelto del agregado grueso



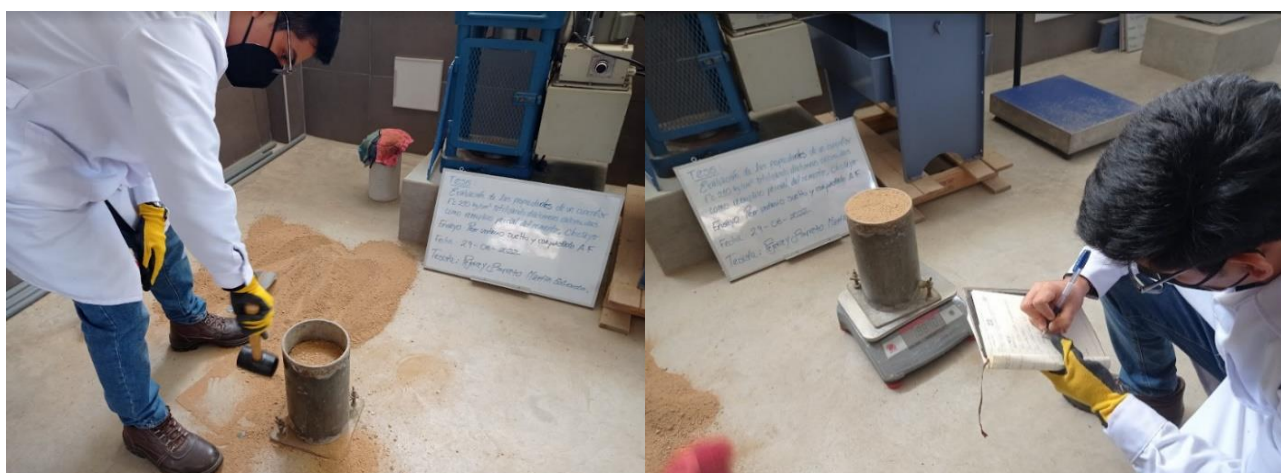
Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 19. Peso unitario compactado del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 20. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino



Fuente: Elaboración propia

- **Elaboración y curado de probetas**

Se siguió el procedimiento normalizado de la **ASTM C31**. Se realizaron las probetas llenándolas en 3 capas, varillando 25 veces y compactando con 15 golpes por capa. Luego de las 24h se procedió a desencofrar y a llevar al curado para después ensayar los especímenes a la edad determinada. Esto se realizó para cada dosificación.

Ilustración No. 21. Varillado en la elaboración de probetas de concreto



Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 22. Compactación de probetas de concreto



Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 23. Enrasado de probetas



Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 24. Curado de probetas a los 7d, 14d y 28d



Fuente: Elaboración propia

- **Asentamiento**

Para realizar el ensayo de asentamiento se siguió el procedimiento normalizado por la **ASTM C143**. Se utilizó el Cono de Abrams donde para cada 1/3 de capa se varilló 25 veces, excepto la última capa que primero se varilló 15 veces y después se llenó por exceso varillando 10 veces para completar las 25 veces de varillado. Luego se retiró el cono verticalmente y se midió el asentamiento del concreto. Esto se realizó para cada dosificación.

Ilustración No. 25. Varillado por capas en el cono de Abrams



Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 26. Medición del asentamiento-5% de diatomea



Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 27. Medición del asentamiento-Concreto patrón



Fuente: Elaboración propia

- **Exudación**

Para realizar este ensayo se siguieron los procedimientos normalizados por la **ASTM C232**. Se llenaron las probetas en tres capas, varillando 25 veces y compactando 15 veces por cada capa. En la última capa se llenó de tal manera que quede 1" aprox. de superficie libre. Después se tomaron lecturas cada 10min los primeros 40min y luego cada 30min hasta que la mezcla terminara de exudar, para lo cual se utilizó una barra como ayuda en la extracción del agua. Además, se tapó la probeta con un plástico en la parte superior para evitar en lo posible la pérdida de agua por evaporación. Esto se realizó para cada dosificación.

Ilustración No. 28. Exudación del concreto



Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 29. Extracción del agua exudada



Fuente: Elaboración propia

- **Peso Unitario**

Se utilizó el procedimiento establecido en la norma **ASTM C138** para determinar el peso unitario del concreto. Antes de iniciar el llenado del molde, se registró el peso del molde para su posterior cálculo. El llenado del molde se realizó en tres capas, y en cada capa se aplicaron 25 golpes de varilla y se compactó con 15 golpes. Luego se niveló la superficie del concreto y se limpió el exceso del molde. Finalmente, se pesó el molde con el concreto.

Ilustración No. 30. Peso unitario del concreto patrón



Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 31. Peso unitario del concreto-5% de diatomea



Fuente: Elaboración propia

- **Temperatura**

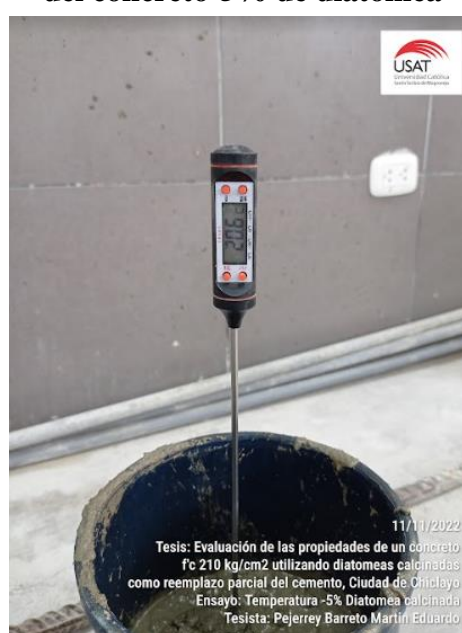
Para realizar este ensayo se siguió el procedimiento de la **ASTM C1064**. Se llenó una probeta (con el procedimiento ya menciona anteriormente en la elaboración de probetas) de tal manera que permitiera el ingreso de 3” como mínimo del dispositivo de temperatura. Se dejó el dispositivo como mínimo 5min inmerso en el concreto y se tomó la lectura.

Ilustración No. 32. Temperatura del concreto patrón



Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 33. Temperatura del concreto-5% de diatomea



Fuente: Elaboración propia

- **Tiempo de Fraguado**

Para realizar este ensayo se siguió el procedimiento de la **ASTM C403**. Primero se tamizó por la malla N°4 para obtener el mortero a ensayar y así evitar que ninguna piedra pueda interferir en la lectura de los resultados. Se procedió a varillar 25 veces y a compactar con 15 golpes. Se dejó reposar de 3 a 4h para empezar con el ensayo. Finalmente se realizó la penetración con las agujas cada 30min hasta el fraguado final del concreto.

Nota: Se utilizó la maquina Marshall, adaptándola para poder realizar las penetraciones correspondientes. Se respeto según la norma, que la carga tiene que bajar en un tiempo de 10s y que la máquina que se utilice debe tener al menos una capacidad de 600N. Además no se realizó el ensayo para una dosificación del 15% ya que la muestra era demasiado seca.

Ilustración No. 34. Tiempo de fraguado del concreto patrón



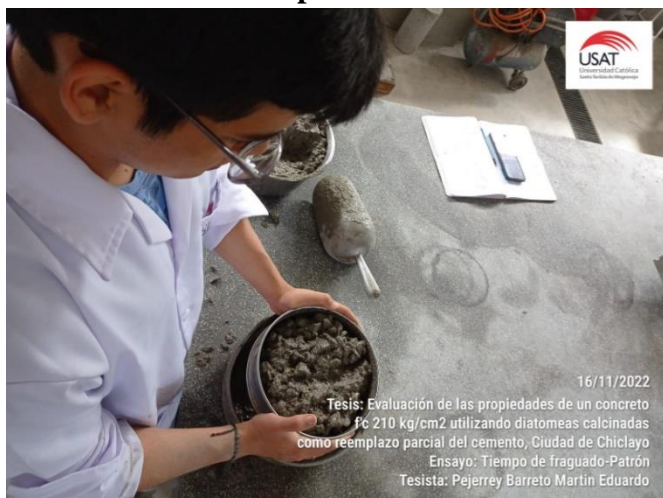
Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 35. Tiempo de fraguado-5% de diatomea



Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 36. Tamizado del concreto patrón



Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 37. Tamizado del concreto-5% de diatomea calcinada



Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 38. Evidencia del no tamizado al 15% de diatomea



Fuente: Elaboración propia

- **Contenido de Aire**

Para realizar este ensayo se siguió el procedimiento de la **ASTM C231**. Primero en un recipiente se llenaron tres capas de concreto, siguiendo el procedimiento de la **ASTM C31**. Se procedió a abrir la llave de purga y se le inyectó agua por un lado hasta que salga por el otro. Luego se procedió a cerrarlas al igual que la válvula de aire y se le empezó a bombear aire hasta que el medidor marque su posición inicial. Finalmente, se le dio pequeños golpes para estabilizar el medidor y se liberó la válvula principal de aire para tomar la lectura.

Ilustración No. 39. Contenido de aire del concreto patrón



Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 40. Contenido de aire-Lectura



Fuente: Elaboración propia

- **Resistencia a la compresión**

Se siguió el procedimiento de la ASTM C39. Se realizaron pruebas en muestras a los 7 días, 14 días y 28 días para todas las proporciones de mezcla propuestas, con el objetivo de realizar un seguimiento más preciso del desarrollo de la resistencia del concreto

Ilustración No. 41. Resistencia a la compresión-Patrón



Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 42. Resistencia a la compresión- 5% de diatomea



Fuente: Elaboración propia

- **Módulo de Elasticidad**

Para llevar a cabo este ensayo se siguió el procedimiento ASTM C469. En este caso el ensayo se realizó cuando el espécimen tuvo una edad de 28 días. Para este caso, se logró hallar la resistencia del concreto y su módulo de elasticidad.

Ilustración No. 43. Módulo de Elasticidad-Patrón



Fuente: Elaboración propia

Ilustración No. 44. Módulo de Elasticidad-5% de diatomea



Fuente: Elaboración propia

- **Profundidad de penetración de agua bajo presión**

El ensayo fue llevado a cabo siguiendo el procedimiento estandarizado UNE-EN 12390-8. En primer lugar, se desgastó la superficie de la muestra de ensayo que estaría expuesta a la presión del agua. Posteriormente, se colocó la muestra en el equipo de ensayo durante un período de 72 horas. Pasado este tiempo, se extrajo la muestra y se rompió por la mitad, permitiendo la observación de la penetración del agua. Se procedió a medir la profundidad máxima de la penetración en milímetros

Ilustración No. 45. Permeabilidad del Concreto



Fuente: Elaboración propia

- **Resistencia del concreto frente a sulfatos**

Este ensayo se realizó según algunos conceptos de la **ASTM C1012**, sin embargo, se usó como fuente la maestría de **William Garzón Pire**, ya que se tenía barras de concreto y no existe una normativa de resistencia de sulfatos para ello. Por esto, se elaboraron barras de 75mmx75mmx285mm según el **ASTM C157**. Después se desencofraron y se curaron durante 7 días. Se tomo la medida inicial del cambio de longitud de la barra e inmediatamente se sumergió en la solución de sulfatos (procedimiento realizado según la **ASTM C1012**). Finalmente se tomaron medidas de cambios de longitud a la 1,2,3,4,8,13 y 15 semanas.

Ilustración No. 46. Resistencia del concreto frente a sulfatos-Lectura



Fuente: Elaboración propia

Nota: Para los ensayos de durabilidad, se realizó solamente con la mejor adición de diatomeas calcinadas. Esto debido a la dificultad que se tuvo para elaborar muestras con porcentajes más elevados de diatomea calcinada a causa de la pérdida de trabajabilidad. Entonces, al conocer a priori la mejor adición para el desarrollo normal del concreto se optó por realizar los ensayos con esta misma.

Ilustración No. 47. Probeta de concreto al 15% de diatomea



Fuente: Elaboración propia

Resultados y discusión

Para poder realizar el diseño de mezcla del concreto convencional $f'c$ 210 kg/cm² se obtuvieron en primera instancia las características de los agregados a usar. Para esto, se obtuvo el agregado fino de la cantera “Pátapo-La Victoria” y el agregado grueso de la cantera “Tres-Tomas”. A continuación, se presentan los resultados de los ensayos realizados.

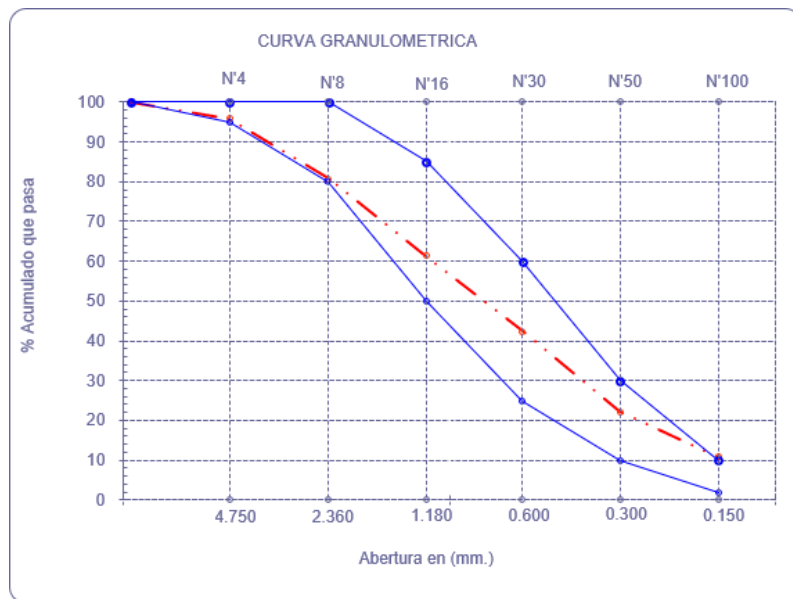
✓ **Granulometría**

En la siguiente tabla, se muestra los resultados granulométricos del agregado fino donde se puede observar que el M.F es 2.867.

Tabla No. 8. Granulometría del agregado fino

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	24.46	4.2	4.2	95.8	95	100
Nº 08	2.360	88.28	15.0	19.2	80.8	80	100
Nº 16	1.180	113.7	19.4	38.6	61.4	50	85
Nº 30	0.600	111.47	19.0	57.6	42.4	25	60
Nº 50	0.300	118.92	20.3	77.9	22.1	10	30
Nº 100	0.150	66.7	11.4	89.2	10.8	2	10
Fondo		63.08	10.8	100.0	0.0		
Módulo de Fineza				2.867			
Abertura de malla de referencia				9.500			

Fuente: Elaboración propia

Gráfico No. 1. Curva Granulométrica-Agregado Fino

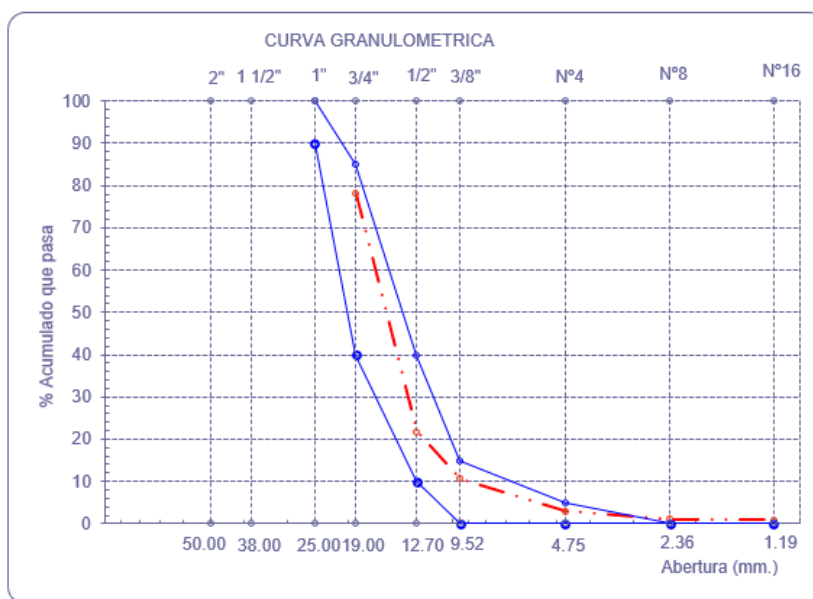
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla, se muestra los resultados granulométricos del agregado grueso donde se puede observar que el TMN es $\frac{3}{4}$ " y el TM es 1".

Tabla No. 9. Granulometría del agregado grueso

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones HUSO 56	
Pulg.	(mm.)						
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	90.0	100.0
3/4"	19.00	1160.0	21.9	21.9	78.1	40.0	85.0
1/2"	12.70	2990.0	56.4	78.3	21.7	10.0	40.0
3/8"	9.52	590.0	11.1	89.4	10.6	0.0	15.0
Nº 04	4.75	400.0	7.5	97.0	3.0	0.0	5.0
Nº 08	2.36	100.0	1.9	98.9	1.1	0.0	0.0
Nº 16	1.19	10.0	0.2	99.1	0.9	0.0	0.0
Fondo		50	0.9	100.0	0.0		
Tamaño Maximo			1"	38.00			
Tamaño Maximo Nominal			3/4"	25.00			

Fuente: Elaboración propia

Gráfico No. 2. Curva Granulométrica-Agregado Grueso

Fuente: Elaboración propia

✓ Diseño de Mezcla

Con los resultados de los ensayos a los agregados se procedió a realizar el diseño de mezcla convencional según el ACI 211 para un concreto $f'c$ 210 kg/cm², ya que, a partir de este diseño se reemplazará la diatomea calcinada por la cantidad de cemento.

Tabla No. 10. Diseño de Mezcla-Dosificación

12. Condiciones Húmedas (Por m³ de concreto)

Cemento:	369.369 kg
Agregado Fino:	758.293 kg
Agregado Grueso:	985.758 kg
Agua:	208.234 Lts

Dosificación en peso

1.00	2.05	2.67	23.96lts/bls
------	------	------	--------------

Dosificación en Volumen

1.00	1.94	2.84	23.96lts/bls
------	------	------	--------------

Fuente: Elaboración propia

Se procedió a realizar un reajuste por slump ya que se obtuvo en la practica 2.5” y se requería 4”.

Tabla No. 11. Diseño de Mezcla-Dosificación-Reajuste

12. Condiciones Húmedas(Por m3 de concreto)

C	382.883 kg
AF	727.660 kg
AG	985.758 kg
AE	215.897 Lts

Dosificación en peso

1.00	1.90	2.57	23.96lts/bls
------	------	------	--------------

Dosificación en Volumen

1.00	1.79	2.74	23.96lts/bls
------	------	------	--------------

Fuente: Elaboración propia

✓ **Contenido de Humedad**

- La humedad del agregado fino fue 1.53%.
- La humedad del agregado grueso fue 0.38%.

Tabla No. 12. Humedad del agregado fino

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	595.6	595.6
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	586.61	586.61
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0.0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.5	1.5
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.53	

Fuente: Elaboración propia

Tabla No. 13. Humedad del agregado grueso

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	5320	5320
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	5300	5300
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.4	0.4
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.38	

Fuente: Elaboración propia

Peso Específico y Absorción

- El peso específico y absorción del agregado fino fue 2.559 g/cm³ y 0.99% respectivamente.
- El peso específico y absorción del agregado grueso fue 2.684 g/cm³ y 1.12% respectivamente.

Tabla No. 14. Peso específico-Absorción del agregado fino

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco +	(g)	996.4	996.4
2.- PescPeso de la Arena Sup. Seca + Peso del Fra:	(g)	689.82	689.82
3.- Peso del Agua	(g)	306.54	306.54
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Fi	(g)	684.92	684.92
5.- Peso del Frasco	(g)	189.82	189.82
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	495	495
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.559
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.585
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.626
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.99

Fuente: Elaboración propia

Tabla No. 15. Peso específico-Absorción del agregado grueso

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	3570	3570
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	3610	3610
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del	(g)	3160	3160
4.- Peso de la canastilla	(g)	880	880
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	2280	2280

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.684
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.714
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.767
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	1.12

Fuente: Elaboración propia

✓ Peso unitario suelto y compactado

- El peso unitario suelto y compactado del agregado fino fue 1568 kg/m³ y 1765 kg/m³ respectivamente.
- El peso unitario suelto y compactado del agregado grueso fue 1405 kg/m³ y 1602 kg/m³ respectivamente.

Tabla No. 16. Peso unitario suelto del agregado fino

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8850	8830
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8850	8830
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00555	0.00555
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1594	1590
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1568	

Fuente: Elaboración propia

Tabla No. 17. Peso unitario compactado del agregado fino

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9940	9960
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		9940	9960
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00555	0.00555
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1790	1794
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1765	

Fuente: Elaboración propia

Tabla No. 18. Peso unitario suelto del agregado grueso

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	7730	7620
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		7730	7620
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1420	1400
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1405	

Fuente: Elaboración propia

Tabla No. 19. Peso unitario compactado del agregado grueso

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8760	8750
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8760.0	8750.0
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1609	1607
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1602	

Fuente: Elaboración propia

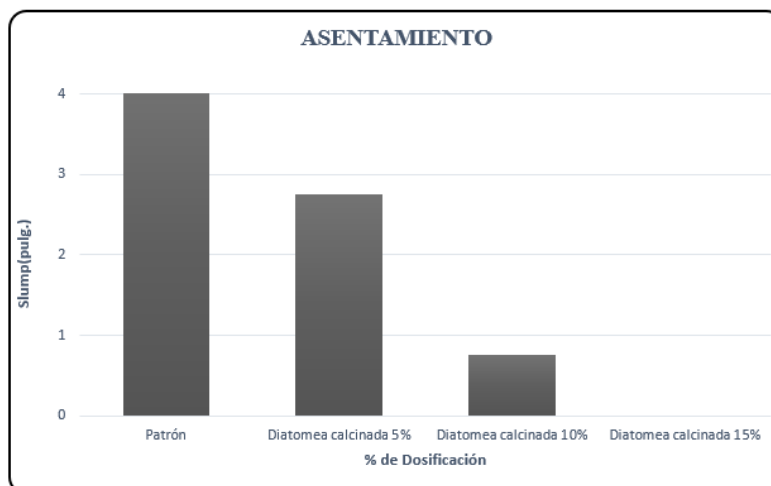
✓ **Asentamiento**

En el ensayo de asentamiento, se pudo observar que conforme iba aumentando el porcentaje de adición el asentamiento iba disminuyendo y esto debido a que la diatomea calcinada es un material muy poroso, por tanto, absorbe agua. La mezcla patrón presento un asentamiento de 4", la adición al 5% un asentamiento de 2.75", la adición al 10% un asentamiento de 0.75" y la adición del 15% un asentamiento de 0". [2] obtuvo resultados similares, para la mezcla patrón obtuvo un slump de 7.6cm, para la adición del 5% un slump de 5.1 cm y la adición del 10% un slump de 4.1 cm. [3], utilizó diatomea al 5% y 15% del peso del cemento, para el cual también obtuvo resultados parecidos respecto al asentamiento. Para la mezcla control obtuvo 0.4" de asentamiento, para el 5% un asentamiento de 0.4" y para el 15% un valor de 0". [6] encontró resultados parecidos, para la muestra patrón obtuvo un valor de 3.5", para el 6% un valor de 2.4", para el 12% obtuvo 1.95", para el 18" obtuvo 1.5" y finalmente para 24% un valor de 0". [7] encontró que para proporciones de diatomita de 5%,10% y 15% obtuvo valores de asentamiento de 2.7",0.8" y 0" respecto al concreto que encontró un asentamiento de 3.5". Esto deja en evidencia que conforme va aumentando el porcentaje de diatomea el asentamiento va disminuyendo.

Tabla No. 20. Asentamientos obtenidos para cada diseño de mezcla

Asentamiento	
Descripción	Slump(pulg.)
Patrón	4
Diatomea calcinada 5%	2.75
Diatomea calcinada 10%	0.75
Diatomea calcinada 15%	0

Fuente: Elaboración propia

Gráfico No. 3. Variación del asentamiento según el % de adición

Fuente: Elaboración propia

✓ Exudación

Se observó que conforme iba aumentando el porcentaje de diatomea calcinada la exudación se iba reduciendo hasta llegar a 0%. Para el concreto patrón la exudación fue de 0.94%, para el 5% de diatomea calcinada la exudación fue de 0.77%, para el 10% una exudación de 0.62% y para el 15% una exudación de 0%. Esto ocurre debido a que la diatomea calcinada es un material muy poroso y al absorber agua, existe menos exudación. [32] obtuvo resultados similares al ver que después de 30min la muestra control tenía la tasa de exudación más alta, y la tasa disminuía de acuerdo con el aumento de diatomea calcinada. Esto también se vio reflejado en el tiempo que exudaba el concreto, ya que, la muestra patrón, el 2% y 6% terminaron de exudar a los 120min. Obteniendo una exudación menor para el 10% de diatomea calcinada. [7] obtuvo resultados similares, ya que para el patrón obtuvo 2.20% y conforme fue aumentando de porcentaje de diatomita la exudación fue disminuyendo, llegando a 0.70% con el 15% como valor más bajo. Demostrándose así, que la exudación del concreto va disminuyendo conforme se va aumentando el porcentaje de diatomea calcinada.

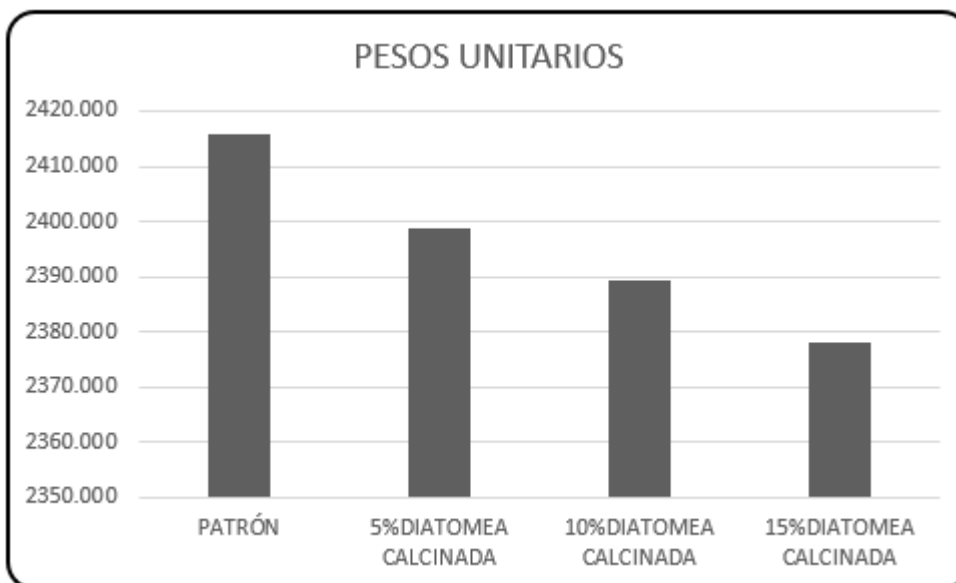
✓ **Peso Unitario**

Durante el ensayo, se observó una disminución en el peso unitario del concreto a medida que se incrementaba el porcentaje de diatomea calcinada. Esta reducción se debe a que la diatomea es un material liviano y posee una baja densidad en comparación con el concreto. Para el concreto sin adición de diatomea, se obtuvo un valor de 2415.760 kg/m³, mientras que para el 5% de diatomea calcinada se registró un valor de 2398.783 kg/m³, para el 10% de adición se obtuvo 2389.352 kg/m³ y finalmente, para el 15% de adición se registró un peso unitario de 2378.034 kg/m³. [35] En otra investigación que buscaba reemplazar parcialmente el cemento Portland por diatomita, también se observó una disminución en el peso unitario del concreto a medida que se incrementaba el porcentaje de diatomita. En el concreto de referencia, se obtuvo un peso unitario de 2214 kg/m³, mientras que para el 5% de adición se registró 2208 kg/m³, para el 10% de adición se obtuvo un valor de 2146 kg/m³ y para el 15% de adición se registró un peso unitario de 2098 kg/m³. [36] Otra investigación mostró resultados similares, donde los pesos unitarios disminuyeron hasta un 49% para un porcentaje de adición del 10% y hasta un 30% para un porcentaje de adición del 40%, en comparación con el concreto de referencia. [7] En general, se observa que existe una relación inversamente proporcional respecto a la diatomea con el peso unitario del concreto.

Tabla No. 22. Peso unitario del concreto para todas las dosificaciones

DISEÑO	P.CONCRETO+P.MOLDE (KG)	P.UNITARIO DEL CONCRETO (KG/M3)
PATRÓN	13.19	2415.760
5%DIATOMEA CALCINADA	13.1	2398.783
10%DIATOMEA CALCINADA	13.05	2389.352
15%DIATOMEA CALCINADA	12.99	2378.034

Fuente: Elaboración propia

Gráfico No. 5. Peso unitario del concreto para todas las dosificaciones

Fuente: Elaboración propia

✓ Temperatura

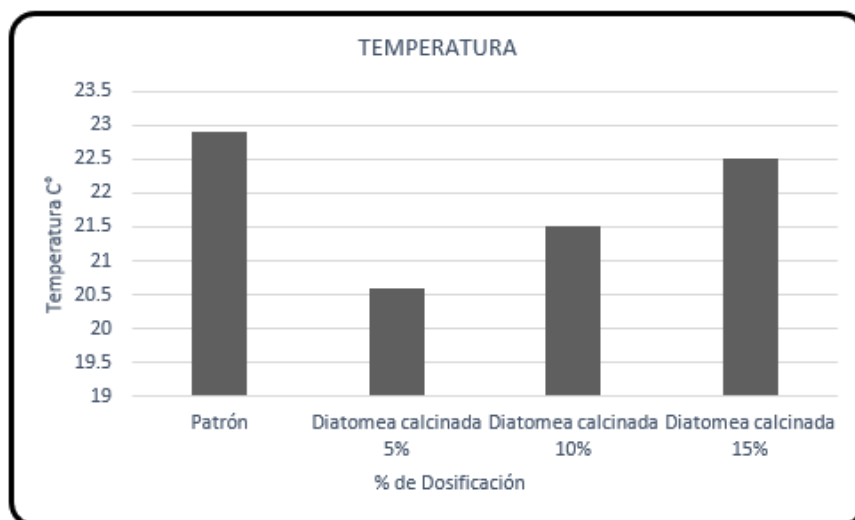
Para el concreto patrón se obtuvo una temperatura de 22.9 C°, para el 5% de diátomea calcificada una temperatura de 20.6 C°, para el 10% un valor de 21.5 C° y para el 15% una temperatura de 22.5C°. Donde podemos observar que hay una disminución de temperatura al 5% y conforme se va aumentando de porcentaje va aumentando la temperatura. Sin embargo, la temperatura es menor que la del concreto patrón con la adición de diátomea calcificada. [6] encontró que la temperatura para el concreto patrón fue de 22.2C° y obtuvo un menor valor de temperatura para el 6% de diátomita con 1.6C°, sin embargo, conforme aumento el porcentaje de diátomita la temperatura aumento superando al patrón, a excepción del 24% que la temperatura volvió a disminuir con un valor de 1.8C°.

Tabla No. 23. Temperatura para distintas dosificaciones

Diseño	Temperatura(C°)
Patrón	22.9
Diatomea calcificada 5%	20.6
Diatomea calcificada 10%	21.5
Diatomea calcificada 15%	22.5

Fuente: Elaboración propia

Gráfico No. 6. Variación de la temperatura según el % de dosificación



Fuente: Elaboración propia

✓ **Tiempo de Fraguado**

Para este ensayo se obtuvo que la mezcla patrón fraguó en 85min, para el 5% de diatomea calcinada un valor de 82min, para el 10% el concreto fraguó en 76min y para el 15% no se pudo realizar el procedimiento de la norma debido a que el concreto era muy seco.[32], obtuvo resultados similares al obtener que para el concreto patrón fraguó en 182min, para el 2% de diatomea se obtuvo un valor de 144min, para 6% de diatomea un tiempo de 141min y para el 10% un tiempo de fragua de 131min. Donde se puede observar que evidentemente a mayor porcentaje de diatomea calcinada el tiempo de fragua se va reduciendo. Esto debido a la estructura porosa de la diatomea ya que absorbe el agua que queda libre, disminuyendo el tiempo de fraguado.

Tabla No. 24. Tiempo de fraguado-Concreto patrón

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg2)	Min (minutos)	Presion (PSI)
12:37	117 Lb	0.99 pulg2	210	117.70
13:07	130 Lb	0.52 pulg2	240	251.48
13:37	164 Lb	0.25 pulg2	270	660.40
14:07	202 Lb	0.08 pulg2	300	2637.94
14:37	146 Lb	0.05 pulg2	330	2976.78
15:07	121 Lb	0.03 pulg2	360	4396.96

Tiempo Inicial	258 min
Tiempo final	343 min
Tiempo fragua	85 min

Fuente: Elaboración propia

Gráfico No. 7. Tiempo de Fraguado-Concreto Patrón

Fuente: Elaboración propia

Tabla No. 25. Tiempo de fraguado-5% de diatomea calcinada

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg2)	Min (minutos)	Presion (PSI)
13:30	130 Lb	0.99 pulg2	210	131.16
14:00	166 Lb	0.52 pulg2	240	320.85
14:30	187 Lb	0.25 pulg2	270	750.87
15:00	164 Lb	0.08 pulg2	300	2139.64
15:30	178 Lb	0.05 pulg2	330	3617.64
16:00	153 Lb	0.03 pulg2	360	5534.23

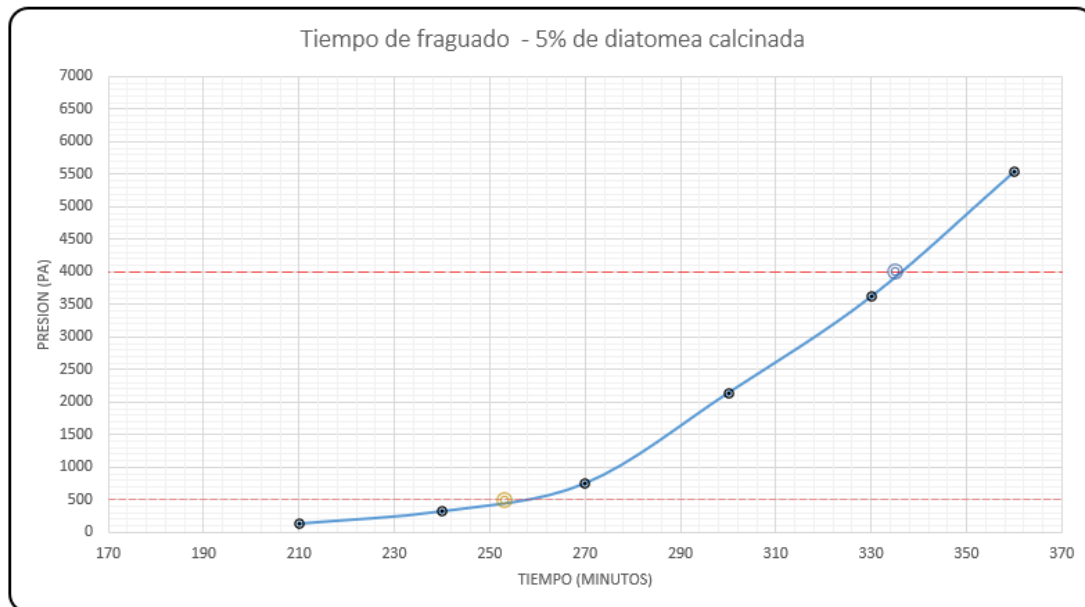
Tiempo Inicial 253 min

Tiempo final 335 min

Tiempo fragua 82 min

Fuente: Elaboración propia

Gráfico No. 8. Tiempo de Fraguado-5% de diatomea calcinada



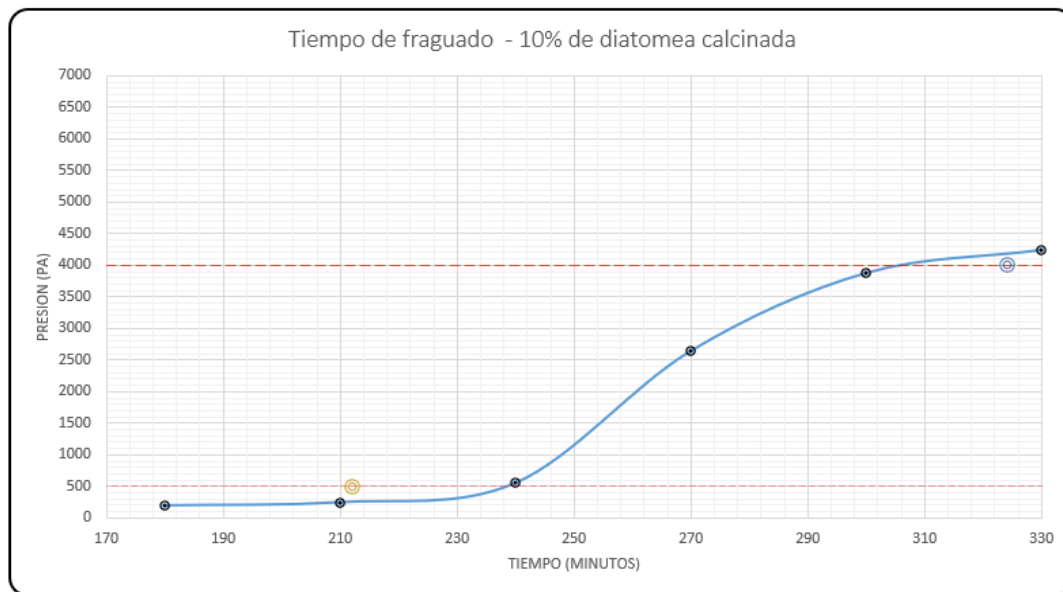
Fuente: Elaboración propia

Tabla No. 26. Tiempo de fraguado-10% de diatomea calcinada

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg2)	Min (minutos)	Presion (PSI)
15:00	200 Lb	0.99 pulg2	180	201.20
15:30	130 Lb	0.52 pulg2	210	250.73
16:00	138 Lb	0.25 pulg2	240	553.32
16:30	202 Lb	0.08 pulg2	270	2637.94
17:00	190 Lb	0.05 pulg2	300	3870.44
17:30	117 Lb	0.03 pulg2	330	4233.97

Tiempo Inicial	235 min
Tiempo final	311 min
Tiempo fragua	76 min

Fuente: Elaboración propia

Gráfico No. 9. Tiempo de Fraguado-10% de diatomea calcinada

Fuente: Elaboración propia

✓ Contenido de Aire

Para el contenido de aire, es un ensayo propuesto por el autor donde se obtuvieron los siguientes resultados. Para la mezcla patrón se obtuvo 1% en contenido de aire, para el 5% de diatomea calcinada un valor de 1.3%, para el 10% de diatomea calcinada un valor de 1.7% y para el 15% se obtuvo 3% en contenido de aire en la mezcla de concreto. Esto puede ser originado porque la diatomea calcinada tiende a quitar agua de la mezcla, en consecuencia, pierde trabajabilidad haciendo que el concreto no se acomode atrapando más cantidad de aire. [7] presentó una cantidad de aire para el patrón de 2.51% , para el %5 de diatomita 2.13% para el 10% de diatomita 1.39% y para el 15% de diatomita a 0.85% .En este caso este autor, obtuvo valores contrarios a los presentados en esta investigación.

Tabla No. 27. Variación en el contenido de aire para cada diseño de mezcla

Diseño	Contenido de Aire(%)
Patrón	1
Diatomea calcinada 5%	1.3
Diatomea calcinada 10%	1.7
Diatomea calcinada 15%	3

Fuente: Elaboración propia

✓ **Resistencia a la compresión**

Se realizaron a los 7 y 14 y 28 días el ensayo a la resistencia a la compresión. Para el concreto patrón se obtuvieron resultados de 210 kg/cm², 234 kg/cm² y 241 kg/cm² respectivamente, para el 5% de diatomea calcinada se obtuvo 190 kg/cm², 228 kg/cm² y 263 kg/cm² respectivamente, para el 10% se obtuvo 179 kg/cm², 205 kg/cm² y 226 kg/cm² y para el 15% de diatomea se obtuvo 164 kg/cm², 190 kg/cm² y 202 kg/cm² respectivamente. Esto debido a la alta actividad puzolánica que presenta la diatomea calcinada. [29] Evaluó al 10% y 20% de diatomea calcinada obteniendo el mismo concepto, ya que a los 7d y 28d para el concreto patrón obtuvo una resistencia de 516 kg/cm² y 578 kg/cm² respectivamente; para el 10% de diatomea calcinada se obtuvo un resultado de 614 kg/cm² y 636 kg/cm² respectivamente y para el 20% de diatomea calcinada la resistencia disminuyó por debajo del control. [30] obtuvo una resistencia de 347,31 kg/cm² para el concreto con 0% de diatomea calcinada, para el 5% obtuvo valores de resistencia de 372.71 kg/cm², para el 10% de diatomita 335.49 kg/cm² y para el 15% obtuvo un valor de 320.70 kg/cm²; obteniendo mejores resultados para una menor proporción de diatomita. [31], realizó dos mezclas con diatomea calcinada, una que oscilaba entre el 6%-14% y la otra que varía entre 15% -50% de tierras diatomeas. Para lo cual se obtuvo una mayor evolución de la resistencia en los primeros 7 días con la menor adición de las tierras diatomeas, pero luego a los 28 días y 91 días se mostró un mayor incremento de resistencia debido a la actividad puzolánica de la diatomea. [4] obtuvo resultados similares, para el concreto patrón obtuvo 54.1 Mpa, para el 5% de diatomea calcinada una resistencia de 71.6Mpa, para un 10% un valor de 66.9 Mpa, al 15% una resistencia de 60.1Mpa y para el 20% una resistencia de 65.6 Mpa ; obteniendo un mejor resultado para la menor adición. [33], muestra que el desarrollo de la resistencia a la compresión no muestra grandes cambios cuando se reemplaza el cemento por 10% de diatomea calcinada. Sin embargo, un mayor aumento de diatomeas calcinadas en la mezcla conlleva a que los cementos tengan una resistencia menor a la del concreto patrón. [3], muestra que al reemplazar el 5% y 15% de diatomea por el cemento se obtienen valores similares al concreto patrón.[34] también menciona que con el aumento de la cantidad de diatomea disminuye la resistencia a la compresión, obteniendo que el porcentaje más adecuado de sustitución es el 10% de diatomita. Sin embargo [35], obtuvo para el concreto control un valor de 49.87Mpa para los 28 días, para el 5% un valor de 46.02 Mpa, para el 10% un valor

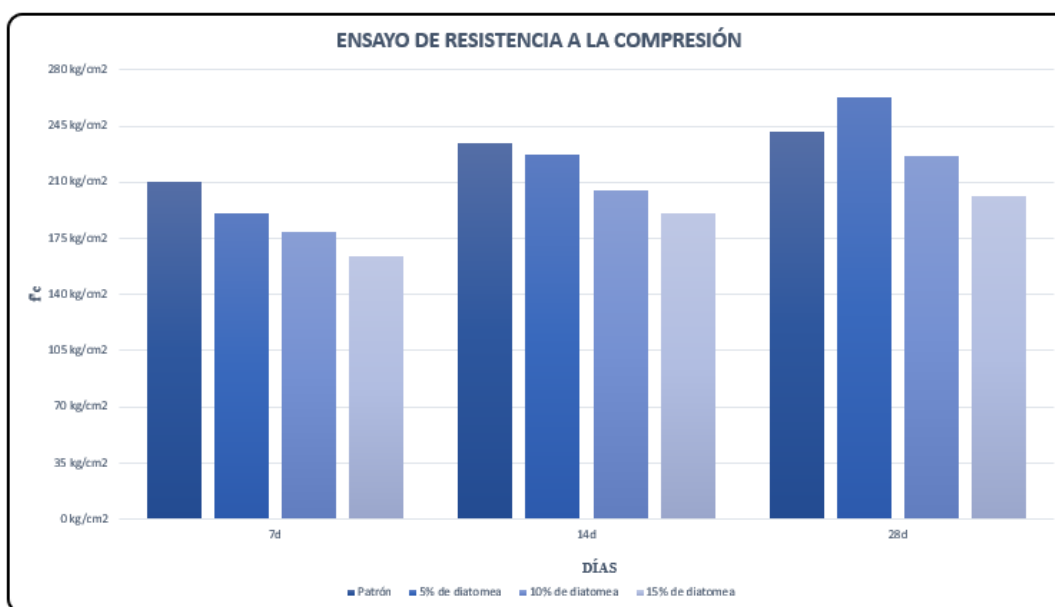
de 24.83Mpa y para el 15% un valor de 14.94Mpa. Por otro lado, obtuvo mejores resultados de resistencia a la compresión para concretos realizados con 8% y 10% de diatomea [1].

Tabla No. 28. Resultados de resistencia a la compresión a los 7d,14d y 28d para todas las dosificaciones

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION									
Muestra N°	ID	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	Resultado (Kg/cm2)	f'c diseño (kg/cm2)	Porcentaje	Promedio (kg/cm2)	Tipo de Falla
1	CONCRETO PATRÓN+0% DIATOMEA CALCINADA	15/09/2022	22/09/2022	7d	205.00	210	97.62%	210	V
2	CONCRETO PATRÓN+0% DIATOMEA CALCINADA	15/09/2022	22/09/2022	7d	215.60	210	102.67%		II
3	CONCRETO PATRÓN+0% DIATOMEA CALCINADA	15/09/2022	29/09/2022	14d	237.22	210	112.96%	234	V
4	CONCRETO PATRÓN+0% DIATOMEA CALCINADA	15/09/2022	29/09/2022	14d	231.11	210	110.05%		V
5	CONCRETO PATRÓN+0% DIATOMEA CALCINADA	15/09/2022	13/10/2022	28d	252.44	210	120.21%	241	V
6	CONCRETO PATRÓN+0% DIATOMEA CALCINADA	15/09/2022	13/10/2022	28d	230.26	210	109.65%		V
7	CONCRETO PATRÓN+5% DIATOMEA CALCINADA	17/09/2022	24/09/2022	7d	190.59	210	90.76%	190	V
8	CONCRETO PATRÓN+5% DIATOMEA CALCINADA	17/09/2022	24/09/2022	7d	190.02	210	90.49%		V
9	CONCRETO PATRÓN+5% DIATOMEA CALCINADA	17/09/2022	01/10/2022	14d	228.45	210	108.78%	228	V
10	CONCRETO PATRÓN+5% DIATOMEA CALCINADA	17/09/2022	01/10/2022	14d	226.58	210	107.90%		V
11	CONCRETO PATRÓN+5% DIATOMEA CALCINADA	17/09/2022	15/10/2022	28d	256.06	210	121.93%	263	V
12	CONCRETO PATRÓN+5% DIATOMEA CALCINADA	17/09/2022	15/10/2022	28d	270.15	210	128.64%		V
13	CONCRETO PATRÓN+10% DIATOMEA CALCINADA	23/09/2022	30/09/2022	7d	180.46	210	85.93%	179	II
14	CONCRETO PATRÓN+10% DIATOMEA CALCINADA	23/09/2022	30/09/2022	7d	178.03	210	84.77%		V
15	CONCRETO PATRÓN+10% DIATOMEA CALCINADA	23/09/2022	07/10/2022	14d	205.47	210	97.84%	205	V
16	CONCRETO PATRÓN+10% DIATOMEA CALCINADA	23/09/2022	07/10/2022	14d	204.28	210	97.28%		V
17	CONCRETO PATRÓN+10% DIATOMEA CALCINADA	23/09/2022	21/10/2022	28d	245.26	210	116.79%	226	III
18	CONCRETO PATRÓN+10% DIATOMEA CALCINADA	23/09/2022	21/10/2022	28d	207.39	210	98.76%		V
19	CONCRETO PATRÓN+15% DIATOMEA CALCINADA	24/09/2022	01/10/2022	7d	163.62	210	77.91%	164	V
20	CONCRETO PATRÓN+15% DIATOMEA CALCINADA	24/09/2022	01/10/2022	7d	164.96	210	78.55%		II
21	CONCRETO PATRÓN+15% DIATOMEA CALCINADA	24/09/2022	08/10/2022	14d	190.87	210	90.89%	190	V
22	CONCRETO PATRÓN+15% DIATOMEA CALCINADA	24/09/2022	08/10/2022	14d	189.86	210	90.41%		V
23	CONCRETO PATRÓN+15% DIATOMEA CALCINADA	24/09/2022	22/10/2022	28d	202.70	210	96.53%	202	V
24	CONCRETO PATRÓN+15% DIATOMEA CALCINADA	24/09/2022	22/10/2022	28d	200.47	210	95.46%		V

Fuente: Elaboración propia

Gráfico No. 10. Resultados de resistencia a la compresión a los 7d, 14d y 28d para todas las dosificaciones



Fuente: Elaboración propia

✓ **Módulo de Elasticidad**

Para el concreto control, se registró un valor de 230,898.023 kg/cm². Sin embargo, al agregar un 5% de diatomea, se registró un aumento, alcanzando un valor de 234,468.34 kg/cm². Por otro lado, cuando el porcentaje de diatomea aumenta al 10% y 15%, se observó una disminución en comparación con el concreto patrón, obteniendo valores de 226,067.36 kg/cm² y 202,272.19 kg/cm², respectivamente. Resultados similares fueron obtenidos en otra investigación donde se reemplazó un 5% de diatomea, resultando en un módulo de elasticidad de 28.84 GPa, en comparación con el concreto patrón que presentó un valor de 27.88 GPa. A medida que se incrementaba el porcentaje de diatomea al 10% y 15%, se observó una disminución en el módulo de elasticidad [30]. En resumen, se observa que existe una relación inversamente proporcional entre la diatomea calcinada y el módulo de elasticidad.

Tabla No. 29. Módulo de elasticidad-Concreto patrón a los 28 días

MUESTRA 01	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_z (S ₂)	E _c Kg/cm ²	Promedio E _c Kg/cm ²
01	CONCRETO PATRON - f'c= 210 kg/cm ²	15/09/2022	13/10/2022	28	252.44	101	11.46764	0.000440	229353	230898.023
02	CONCRETO PATRON - f'c= 210 kg/cm ²	15/09/2022	13/10/2022	28	230.26	92	11.62216	0.000396	232443	

Fuente: Elaboración propia

Tabla No. 30. Módulo de elasticidad-5% de diatomea calcinada a los 28 días

MUESTRA 01	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_z (S ₂)	E _c Kg/cm ²	Promedio E _c Kg/cm ²
01	CONCRETO PATRON 210 kg/cm ² +5% DIATOMEA CALCINADA	17/09/2022	15/10/2022	28	256.06	102	11.89267	0.000431	237853	234468.34
02	CONCRETO PATRON 210 kg/cm ² +5% DIATOMEA CALCINADA	17/09/2022	15/10/2022	28	270.15	108	11.55416	0.000468	231083	

Fuente: Elaboración propia

Tabla No. 31. Módulo de elasticidad-10% de diatomea calcinada a los 28 días

MUESTRA 01	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ_z unitaria (S_2)	E_c Kg/cm ²	Promedio E_c Kg/cm ²
01	CONCRETO PATRON 210 kg/cm ² +10% DIATOMEA CALCINADA	23/09/2022	21/10/2022	28	245.26	98	11.48043	0.000427	229609	226067.36
02	CONCRETO PATRON 210 kg/cm ² +10% DIATOMEA CALCINADA	23/09/2022	21/10/2022	28	207.39	83	9.20103	0.000381	222526	

Fuente: Elaboración propia

Tabla No. 32. Módulo de elasticidad-15% de diatomea calcinada a los 28 días

MUESTRA 01	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ_z unitaria (S_2)	E_c Kg/cm ²	Promedio E_c Kg/cm ²
01	CONCRETO PATRON 210 kg/cm ² +15% DIATOMEA CALCINADA	24/09/2022	22/10/2022	28	202.70	81	10.21231	0.000397	204246	202272.19
02	CONCRETO PATRON 210 kg/cm ² +15% DIATOMEA CALCINADA	24/09/2022	22/10/2022	28	200.47	80	10.01491	0.000400	200298	

Fuente: Elaboración propia

✓ Resistencia frente a los sulfatos

El concreto patrón presentó una pequeña contracción en la semana 1 con un valor de -0.036% y conforme fue aumentando las semanas se empezó a expandir llegando así a una máxima expansión en la semana 15 con un valor de 0.286%. El 5% de diatomea calcinada presentó una mayor contracción en la semana 1 con un valor de -0.048%, sin embargo, durante las siguientes semanas presento una menor expansión, llegando así a la semana 15 con un valor de 0.254%. [35] encontró resultado parecidos, para el concreto patrón observó que su durabilidad al ataque de sulfatos era menor con un valor máximo de exposición de 0.018% para la semana 8. Por otro lado, el 5% mostró una durabilidad intermedia al ataque de sulfatos, obteniendo un valor máximo de 0.014% para la semana 8. Esta comparativa da a entender que la diatomea aumenta la durabilidad del concreto y esto puede ser debido al efecto de relleno que genera la diatomita con sus partículas ultrafinas, relleno los poros no dejando penetrar a los agentes externos.

Tabla No. 33. Cambios de longitud debido a sulfatos-Concreto Patrón

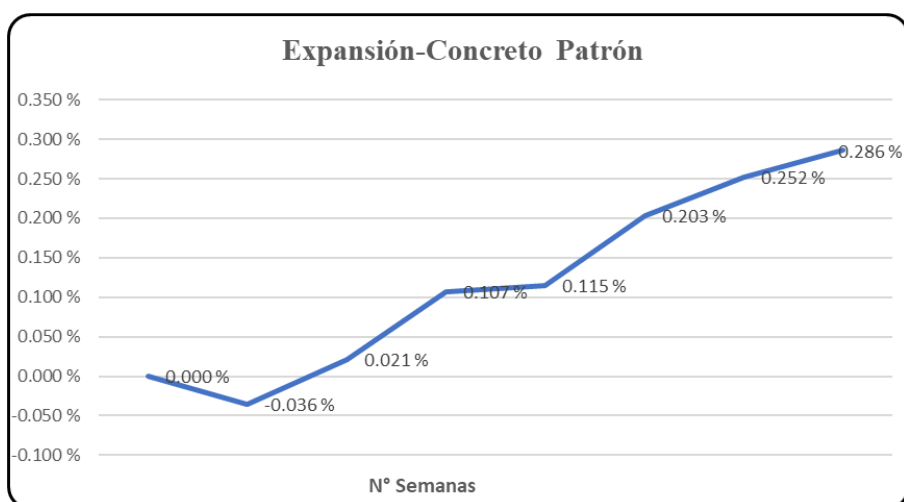
Tiempo de Lectura	Barra 1 (mm)	Barra 2 (mm)	Barra 3 (mm)
Semana 0	3.420	3.476	3.480
Semana 1	3.353	3.391	3.365
Semana 2	3.436	3.525	3.576
Semana 3	3.650	3.680	3.850
Semana 4	3.791	3.720	3.728
Semana 8	3.935	3.980	3.987
Semana 13	4.020	4.120	4.128
Semana 15	4.170	4.172	4.176

Fuente: Elaboración propia

Tabla No. 34. Expansión unitaria-Concreto Patrón

Tiempo de Lectura	Expansión Unitaria
Semana 0	0.000 %
Semana 1	-0.036 %
Semana 2	0.021 %
Semana 3	0.107 %
Semana 4	0.115 %
Semana 8	0.203 %
Semana 13	0.252 %
Semana 15	0.286 %

Fuente: Elaboración propia

Gráfico No. 11. Cambios de longitud vs semanas-Concreto patrón

Fuente: Elaboración propia

Tabla No. 35. Cambios de longitud debido a sulfatos-5% de diatomea calcinada

Tiempo de Lectura	Barra 1 (mm)	Barra 2 (mm)	Barra 3 (mm)
Semana 0	3.370	3.426	3.430
Semana 1	3.273	3.311	3.285
Semana 2	3.430	3.431	3.501
Semana 3	3.535	3.565	3.735
Semana 4	3.673	3.602	3.610
Semana 8	3.854	3.865	3.960
Semana 13	4.000	4.115	4.120
Semana 15	4.040	4.034	4.057

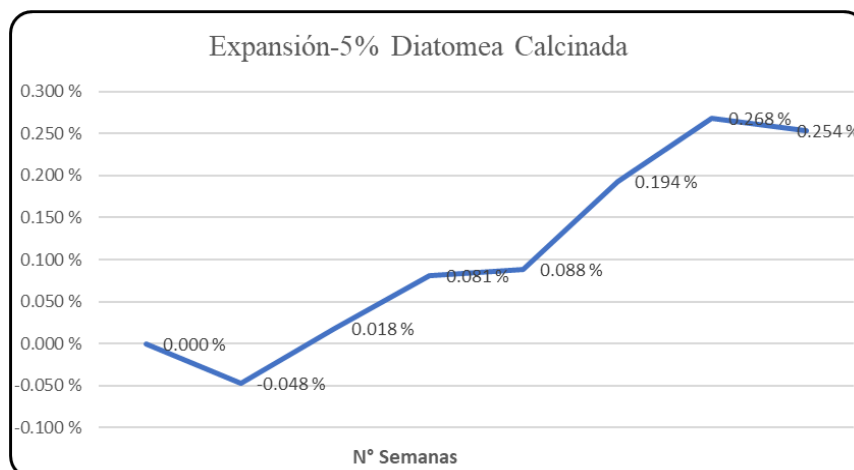
Fuente: Elaboración propia

Tabla No. 36. Expansión unitaria-5% de diatomea calcinada

Tiempo de Lectura	Expansión Unitaria
Semana 0	0.000 %
Semana 1	-0.048 %
Semana 2	0.018 %
Semana 3	0.081 %
Semana 4	0.088 %
Semana 8	0.194 %
Semana 13	0.268 %
Semana 15	0.254 %

Fuente: Elaboración propia

Gráfico No. 12. Cambios de longitud vs semanas-5% de diatomea



Fuente: Elaboración propia

✓ Permeabilidad

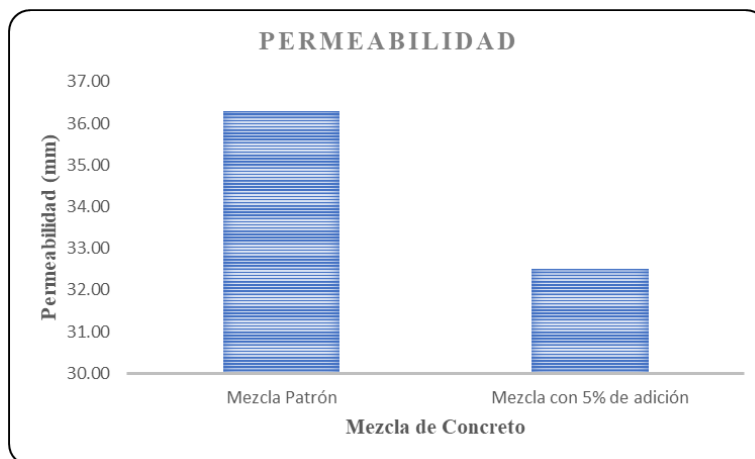
Se obtuvieron resultados de permeabilidad con la mejor adición. El concreto patrón presentó una permeabilidad de 36.30mm y para el 5% se obtuvo un valor de 32.50mm. A pesar de que la estructura del concreto sea más porosa debido a las características de la diatomea, esta tiene una particularidad. Presenta un efecto de relleno lo que permite densificar la matriz del concreto haciendo que disminuya su permeabilidad. [7] presenta el mismo concepto, para el concreto patrón la permeabilidad tenía un valor de 24.3 mm y para el 5% se observó una disminución de la permeabilidad con un valor de 18.4mm.

Tabla No. 37. Permeabilidad del concreto- Patrón y 5% de diatomea calcinada

Permeabilidad	
Mezcla de Concreto	Permeabilidad(mm)
Mezcla Patrón	36.30
Mezcla con 5% de adición	32.50

Fuente: Elaboración propia

Gráfico No. 13. Permeabilidad del concreto según el % de adición



Fuente: Elaboración propia

Costo - Producción

Se realizará la comparativa entre el concreto patrón y la mejor adición de diatomea calcinada obtenida de todos los ensayos. Se utilizó el libro de CAPECO para el rendimiento y la cuadrilla.

Tabla No. 38. Costo-Producción-Concreto patrón

Partida:	Zapatas - Concreto f'c 210kg/cm ²				
Rendimiento:	25	m ³ /día		FECHA	04/06/2023
				TOTAL	S/ 425.08
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Unitario	Parcial
MANO DE OBRA					S/ 57.47
Capataz	hh	0.2	0.064	S/ 24.00	S/ 1.54
Operario	hh	2	0.640	S/ 18.75	S/ 12.00
Oficial	hh	2	0.640	S/ 14.85	S/ 9.50
Peón	hh	8	2.560	S/ 13.45	S/ 34.43
MATERIALES					S/ 359.64
Cemento MS	bls		9.009	S/ 31.00	S/ 279.28
Agregado Fino	m ³		0.457	S/ 65.00	S/ 29.71
Piedra Chancada 3/4"	m ³		0.699	S/ 70.00	S/ 48.93
Agua	m ³		0.216	S/ 8.00	S/ 1.73
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					S/ 7.96
Mezcladora de 11p3	hm	1	0.320	S/ 12.00	S/ 3.84
Vibrador Ø2"- 4 HP	hm	0.75	0.240	S/ 10.00	S/ 2.40
Desgaste de herramientas	%MO		0.030	S/ 57.47	S/ 1.72

Fuente: Elaboración propia

Tabla No. 39. Costo-Producción-5% diatomea calcinada

Partida:	Zapatas - Concreto f'c 210kg/cm ² +5% Diatomea Calcinada				
Rendimiento:	25	m ³ /día		FECHA	04/06/2023
				TOTAL	S/ 437.15
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Unitario	Parcial
MANO DE OBRA					S/ 57.47
Capataz	hh	0.2	0.064	S/ 24.00	S/ 1.54
Operario	hh	2	0.640	S/ 18.75	S/ 12.00
Oficial	hh	2	0.640	S/ 14.85	S/ 9.50
Peón	hh	8	2.560	S/ 13.45	S/ 34.43
MATERIALES					S/ 371.72
Cemento Tipo I	bls		8.559	S/ 24.00	S/ 205.42
Diatomea calcinada	kg		19.14	S/ 4.49	S/ 85.94
Agregado Fino	m ³		0.457	S/ 65.00	S/ 29.71
Piedra Chancada 3/4"	m ³		0.699	S/ 70.00	S/ 48.93
Agua	m ³		0.216	S/ 8.00	S/ 1.73
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					S/ 7.96
Mezcladora de 11p3	hm	1	0.320	S/ 12.00	S/ 3.84
Vibrador Ø2"- 4 HP	hm	0.75	0.240	S/ 10.00	S/ 2.40
Desgaste de herramientas	%MO		0.030	S/ 57.47	S/ 1.72

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar el añadir diatomea calcinada con la mejor proporción, genera un costo adicional de aproximadamente S/.12 por m³ para la construcción de una zapata. Sin embargo, esta diatomea calcinada brinda diversas propiedades y beneficio al concreto. Por ejemplo, el aumento de la resistencia a la compresión en casi un 10% en comparación de un concreto común, la disminución de la permeabilidad, el aumento de resistencia a los sulfatos, entre otros. Pero sobre todo ayuda a disminuir la contaminación de CO₂ al medio ambiente.[7] obtuvo un aumento similar, ya que para el concreto patrón presenta un precio de S/.240.03 soles y para la adición del 5% de diatomea calcinada presenta un valor de S/.253.53. Existiendo un aumento de S/13.5 soles por m³ de concreto. Este aumento de precio puede deberse a que la diatomea tiene todo un proceso para poder llegar a ser utilizada, empezando por la calcinación para eliminar la materia orgánica y así esta tenga un mejor rendimiento al momento de sustituir parcialmente el cemento.

Procedimiento Constructivo

En esta sección se explica el procedimiento correcto para elaborar concreto con diatomeas calcinadas. Así como también en qué tipo de estructuras puede ser usada, sus ventajas, el porcentaje ideal en la que debe usarse y sus propiedades físicas y químicas.

Tabla No. 40. Hoja Técnica- Diatomea calcinada con el porcentaje óptimo

HOJA TÉCNICA - DIATOMEA CALCINADA
<p>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</p> <p>La diatomea calcinada es un material de tipo sedimentario y está constituido principalmente por capas exteriores de diatomeas. Este material es muy fino, extremadamente rico en sílice, tiene una elevada porosidad y una gran superficie.</p>
<p>USOS</p> <p>La diatomea calcinada se usa principalmente en concretos que van a hacer parte de un elemento estructural y que no presentan grandes cantidades de acero , como por ejemplo:</p> <p>Zapatas Losas Aligeradas</p>
<p>CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS</p> <p>La diatomea calcinada tiene las siguientes características y beneficios:</p> <p>Aumenta la resistencia a la compresión Disminuye el peso unitario del concreto, haciendolo más ligero. Disminuye la temperatura Disminuye la permeabilidad Aumenta la resistencia frente a sulfatos</p>
<p>DATOS BÁSICOS</p> <p>PROPIEDADES FÍSICAS</p> <p>Color: Rosa Apariencia: Polvo Origen: Diatomita de agua dulce planctónica</p> <p>PROPIEDADES QUÍMICAS</p> <p>Permeabilidad, Darcys : 0.09 Densidad Humeda g/L : 307 pH: 5.2 Gravedad Especifica: 2.1</p>
<p>DETALLES Y MÉTODOS DE APLICACIÓN</p> <p>CONSUMO</p> <p>5% del peso del cemento o material cementante</p> <p>PROCESO DE MEZCLADO</p> <p>Primero se ingresa al mezclador de concreto los agregados, tanto fino como grueso. Se recomienda humedecer primero el mezclador de concreto. Se le agrega 1/2 del agua total de la mezcla y se procede a mezclar los agregados aproximadamente 1min. Se agrega el cemento en conjunto con la diatomea calcinada, para evitar que esta absorba toda el agua de la mezcla y no se haga un correcto mezclado del concreto. Se le añade un 1/4 de agua más a la mezcla y se deja mezclar aproximadamente 1min. Finalmente se le agrega todo el agua restante y se deja mezclar aproximadamente 3 a 4min , de esta manera nos aseguraremos que exista un correcto mezclado y a posteriori un buen desarrollo de las propiedades en estado fresco y endurecido del concreto.</p>

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

- ✓ Los agregados utilizados en la producción del concreto cumplieron con los requisitos de granulometría establecidos por las normas HUSO. El TMN del agregado grueso fue de $\frac{3}{4}$ de pulgada, mientras que el TM fue de 1 pulgada. Además, el módulo de fineza del agregado fino se registró en 2.867. Se hallaron todas las propiedades de los agregados para un correcto diseño.
- ✓ El diseño de mezcla para el concreto convencional tuvo la siguiente dosificación 1:1.79:2.74/23.96 lts/bls, trabajando y manteniendo una relación agua-cemento de 0.555 en todos los casos. Para la investigación lo único que se varió fue la cantidad de cemento. Para el 0% =382.883kg, para el 5% =363.739 kg, para el 10%=344.595 kg y para el 15%=325.450kg.
- ✓ En estado fresco, respecto a la trabajabilidad se obtuvo un valor de 4" para el concreto patrón, para el 5% un valor de 2.75", para el 10% un valor de 0.75" y para 15% un valor de 0". Para la exudación, el concreto control presentó un 0.94%, el 5% un valor de 0.77%, para el 10% un valor de 0.62% y finalmente para el 15% una exudación del 0%. Respecto al tiempo de fraguado, el concreto patrón fraguó en un intervalo de 85min, para el 5% un intervalo de 82min, para el 10% un valor de 76min y para el 15% de diatomea calcinada no se pudo realizar por motivos explicados en la metodología de esta investigación. Para el peso unitario del concreto, respecto al patrón se obtuvo 2415.760 kg/m³, para el 5% un valor de 2398.873 kg/m³, para el 10% un valor de 2389.352 kg/m³ y para el 15% un valor de 2378.034kg/m³. Estas propiedades disminuyeron debido a la alta porosidad de la diatomea calcinada. Por otro lado, puede ser usado como aislante térmico, ya que, al tener partículas tan finas actúa como un relleno densificando la matriz del concreto disminuyendo la temperatura respecto a la mezcla control. Para el concreto patrón se obtuvo un valor de 22.9 C°, para el 5% se obtuvo una temperatura de 20.6 C°, para el 10% un valor de 21,5C° y para el 15% una temperatura de 22. 2C°. Además, puede ser usado para la elaboración de concreto ligero ya que disminuyo 17kg/m³, 26kg/m³ y 37.7 kg/m³ respectivamente en base al concreto patrón. El aumento del contenido de aire es debido a la perdida de trabajabilidad ya que es más difícil de compactar para eliminar las burbujas de aire en la mezcla conforme va aumentando el porcentaje de diatomea. Para el concreto patrón se obtuvo un porcentaje

de 1%, para el 5% un valor de 1.3%, para el 10% un valor de 1.7% y para el 15% un valor del 3% de contenido de aire.

- ✓ En estado endurecido, se observaron mejoras respecto a la resistencia a la compresión. El 5% de diatomea calcinada llegó a superar en un 9% la resistencia del concreto patrón. Sin embargo, conforme se fue aumentando el porcentaje de diatomea al 10% y 15%, esta resistencia fue disminuyendo incluso por debajo del concreto control. Se observó que el concreto con diatomea al 5% aumento de resistencia en los 28d y esto debido a la alta actividad puzolánica que contiene. Para 28d se obtuvo un valor para el 0% de 241 kg/cm², para el 5% un valor de 263 kg/cm², para el 10% un valor de 226 kg/cm² y para el 15% un valor de 202 kg/cm². Respecto a la permeabilidad, el concreto patrón mostró una permeabilidad de 36.30mm y el concreto con 5% un valor de 32.50mm; y esto debido a que la diatomea calcinada al ser un material tan fino actúa como efecto de relleno sellando los poros y densificando la matriz del concreto. De igual manera, se obtuvieron resultados para la resistencia frente a sulfatos; para el concreto patrón se obtuvo una expansión máxima a las 15 semanas de 0.286% y para el concreto con 5% de diatomeas calcinadas una expansión máxima de 0.254%, obteniendo una mejor resistencia frente a los sulfatos para el concreto con la adición de diatomea.
- ✓ La diatomea calcinada se comporta mejor y se obtienen mejores resultados cuando esta se aplica en menores proporciones al concreto, llegando a concluir que el porcentaje óptimo para que el concreto se desarrolle de manera correcta es al 5%. Además, se consiguen mejoras en la resistencia a la compresión y en la durabilidad. Estos factores son muy importantes al momento de elaborar concreto.
- ✓ El costo unitario por m³ de elaboración de concreto con la adición de diatomea aumentó en 12 soles aproximadamente respecto al patrón, probablemente debido al proceso que se tiene que realizar a la diatomea para eliminar la materia orgánica que presenta y se pueda utilizar de manera correcta como reemplazo parcial del cemento.
- ✓ Para la elaboración de la diatomea calcinada con la mejor adición respecto al proceso constructivo, lo ideal es mezclar el cemento y la diatomea a la vez con el fin de que esta no absorba toda el agua de la mezcla y el concreto se pueda mezclar de manera satisfactoria.

Recomendaciones

- ✓ Se recomienda realizar de manera correcta y cuidadosa las propiedades de los agregados ya que estos servirán para una correcta elaboración de un diseño de mezcla. Además, el diseño de mezcla es la base para poder realizar alguna investigación.
- ✓ Se recomienda realizar investigaciones con porcentajes de diatomeas calcinadas menores al 5%, ya que, las diatomeas calcinadas presentan un mejor comportamiento en menores proporciones.
- ✓ Se recomienda utilizar un aditivo plastificante o superplastificante para corregir el problema de trabajabilidad generada por la diatomea calcinada. De esta manera se podrá averiguar si estudiar porcentajes mayores de diatomea es beneficioso al momento de elaborar concreto.
- ✓ Para disminuir el costo unitario, se pueden buscar evaluar menores porcentajes que el 5% de diatomea calcinada con el fin de encontrar un balance entre costo-beneficio.

Referencias

- [1] H.Paiva, A.Velosa, P.Cachim y VM.Ferreira, "Effect of pozzolans with different physical and chemical characteristics on the properties of concrete ", *Materiales De Construcción*, vol. 66, (322), junio 2016.[En línea]. **Disponible en:** <https://bit.ly/3nuEzs6> .**Acceso:** 24 de abril 2022.
- [2] A. Macedo, A. Silva, D. da Luz, R. Ferreira, C. Lourenço y U.Gomes " Study of the effect of diatomite on the physical-mechanical properties of concrete", *Cerámica* vol. 66, (377), 2020. **[En línea]. Disponible en:** <https://bit.ly/3QgNTgk> . **Acceso:** 15 de mayo 2022.
- [3] C. Rodríguez, I. Miñano, C. Parra, P. Pujante y F.Benito " Properties of Precast Concrete Using Food-Filtered Recycled Diatoms", *Sustainability*, vol. 13, (6), pp. 3137, marzo 2021. **[En línea]. Disponible en:** <https://bit.ly/3zyGEKF> . **Acceso:** 21 de abril del 2022.
- [4] J.Pokorny, M.Zaleska, M.Pavlikova y Z.Pavlik " Properties of Fine-Grained Concrete with Admixture of Diatomite Powder ", *Materials Science and Engineering*, vol.603,n.º2, 2019. **[En línea]. Disponible en:** <https://bit.ly/3OU1IQI> . **Acceso:**27 de mayo del 2022.
- [5] P. Cachim, A. L. Velosa and E. Ferraz, "Substitution materials for sustainable concrete production in Portugal ," *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 18, (1), pp. 60-66, 2014. **[En línea]. Disponible en:** <https://bit.ly/3xItQA3> . **Acceso:** 12 de mayo del 2022.
- [6] F.Lachira y F.Talledo,"Análisis de las propiedades mecánicas del concreto de resistencia $f'c$ 210 kg/cm² incorporando diatomita, Piura 2021",**Tesis de pregrado**, Universidad César Vallejo,Piura,Perú,2021.**[En línea]. Disponible en:** <https://bit.ly/3mEJ7M2>
- [7] J. Velázquez, "PRODUCCIÓN DE CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PORCENTUAL DE DIATOMITA POR CEMENTO PORTLAND TIPO I EN NUEVO CHIMBOTE", **Tesis de pregrado**, Universidad Nacional del Santa,Chimbote,Perú,2019.**[En línea]. Disponible en:** <https://bit.ly/3QeCRIu>
- [8] CONCRETO. *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*, NTP 339.034-2015.
- [9] AGREGADOS. *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*, NTP 339.185-2002.
- [10] AGREGADOS. *Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*, NTP 400.021-2002.
- [11] AGREGADOS. *Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino*, NTP 400.022-2002.
- [12] AGREGADOS. *Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado*, NTP 400.017-1999.

- [13] AGREGADOS. *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*, NTP 400.012-2001.
- [14] *Método de prueba estándar para cambio de longitud de morteros de cemento hidráulico expuestos a una solución de sulfato*, ASTM C1012-2004.
- [15] *Método de prueba estándar para el asentamiento de concreto de cemento hidráulico*, ASTM C143-2010.
- [16] *Profundidad de penetración de agua bajo presión*, UNE -EN-12390-8-2000
- [17] A.Torres,2004. *Curso Básico de Tecnología del Concreto*.**[En línea]. Disponible en:** <https://bit.ly/3xM0Kjz> . **Acceso:** 20 de mayo del 2022.
- [18] Nota de Prensa, "Minam, Produce e industria cementera se reúnen para articular avances en la reducción de emisiones de carbono" *MINAM*, Setiembre 2019. **[En línea]. Disponible en:** <https://bit.ly/3QjVL0L>
- [19] F.Soria"Las Puzolanas y el ahorro energético en los materiales de construcción", *Materiales de Construcción*, vol.615,n.º91,pp.190-191,abril 1983. **[En línea]. Disponible en:** <https://bit.ly/3aYkV4P> **Acceso:**26 de mayo del 2022.
- [20] CEMENTOS. *Cemento Portland Requisitos*, NTP 334.009-2005.
- [21] AGREGADOS. *Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos*, NTP 400011-2008.
- [22] IMCYC, 2006.*Pruebas de resistencia a la compresión del concreto*.**[En línea].Disponible en:** <https://bit.ly/3zPFR23> . **Acceso:** 20 mayo del 2022.
- [23] *Método de Ensayo Normalizado de Contenido de Aire del Concreto Recién Mezclado mediante el Método de Presión*, ASTM C231-2014.
- [24] *Método de prueba estándar para Exudación del concreto*, ASTM C232-2009.
- [25] *Tiempo de Fraguado de Mezclas de Concreto por resistencia a la penetración*, ASTM C 403-1999.
- [26] *Módulo estático de Elasticidad y relación de Poisson del concreto en compresión*, ASTM C469-2002.
- [27] G.Rivera,s.f. *Concreto Simple*.**[En línea]. Disponible en:** <https://bit.ly/3uzL7K1> . **Acceso:** 8 de julio del 2021.
- [28] *Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra*, ASTM C31-2008.
- [29] W. Du, "Study on Preparation of Ultra-high Strength and High Performance Concrete from Diatomite and Its Mechanical Properties," in IOP Conference Series: Earth and

Environmental Science, Institute of Physics Publishing, Dec. 2019. doi: 10.1088/1755-1315/376/1/012054.

[30] V. Letelier, E. Tarela, P. Muñoz, and G. Moriconi, “Assessment of the mechanical properties of a concrete made by reusing both: Brewery spent diatomite and recycled aggregates,” *Constr Build Mater*, vol. 114, pp. 492–498, Jul. 2016, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.03.177.

[31] P. C. R. A. Abrão, F. A. Cardoso, and V. M. John, “Evaluation of Portland pozzolan blended cements containing diatomaceous earth,” *Ceramica*, vol. 65, pp. 75–86, Jan. 2019, doi: 10.1590/0366-6913201965S12596.

[32] Hasanzadeh B and Sun Z, “Impacts of Diatomaceous Earth on the Properties of Cement Pastes,” *J. Build. Mater. Struct*, vol. 5, pp. 197–211, 2018, doi: 10.5281/zenodo.2538094.

[33] D. Kastis, G. Kakali, S. Tsivilis, and M. G. Stamatakis, “Properties and hydration of blended cements with calcareous diatomite,” *Cem Concr Res*, vol. 36, no. 10, pp. 1821–1826, Oct. 2006, doi: 10.1016/j.cemconres.2006.05.005.

[34] J. Zahalkova and P. Rovnanikova, “Study of the effect of diatomite as a partial replacement of cement in cement pastes,” in *Materials Science Forum*, Trans Tech Publications Ltd, 2016, pp. 22–26. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.865.22.

[35] N. Degirmenci and A. Yilmaz, “Use of diatomite as partial replacement for Portland cement in cement mortars,” *Constr Build Mater*, vol. 23, no. 1, pp. 284–288, Jan. 2009, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2007.12.008.

[36] Mehmedi Vehbi GÖKÇE, “Use of diatomite in the production of lightweight building elements with cement as binder,” *Scientific Research and Essays*, vol. 7, no. 7, Feb. 2012, doi: 10.5897/sre11.236.

[37] *Método de prueba estándar para Temperatura del concreto de cemento hidráulico mezclado recientemente*, ASTM C1064-2012.

[38] *Método de prueba estándar para cambio de longitud de mortero de cemento hidráulico endurecido y Concreto*, ASTM C157-2008.

[39] A. William and G. Pire, “ESTUDIO DE DURABILIDAD AL ATAQUE DE SULFATOS DEL CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO,” 2013.

Anexos

Anexos No. 1. Diseño de Mezcla- Concreto f'c 210 kg/cm²

DISEÑO DE MEZCLA-ACI 211

CARACTERISTICAS	Arena	Piedra
Modulo de fineza	2.867	3.855
Tamaño Maximo Nominal		3/4
Peso especifico de masa(gr/cm ³)	2.559	2.684
PUS _S (kg/m ³)	1568	1405
PUC _S (kg/m ³)	1765	1602
%Absorción	0.99	1.12
%Humedad	1.53	0.38

Peso especifico de cemento	3.15	gr/cm ³
Peso Unitario del concreto	2360	kg/m ³

1.fcr

fc especificado	210	kg/cm ²
-----------------	-----	--------------------

fcr 295 kg/cm²

2.TMN

3/4

3.Asentamiento

4 "

4.Contenido de aire

2 %

5.Contenido de agua

212.5 lts/m³

6. a/c

0.555

7.Cantidad de Cemento

C 9.009 bls/m³C

8.Volumenes de los Agregados

b/bo 0.613

Peso Seco AG 982.026 kg/m³

8.1 Volumenes Absolutos

C	0.122 m ³
A	0.213 m ³
Aire	0.020 m ³
AG	0.366 m ³
Total	0.7199 m³

AF	0.280 m3
Para kg ---->	716.695 kg/m3C

9. Condiciones Secas

C=	382.883 kg
AF	716.695 kg
AG	982.026 kg
Agua	212.500 lt

10. Corrección por Humedad

Pesos Humedos	
PHAF	727.6603614 kg
PHAG	985.7576988 kg

11. Agua Efectiva

a) Aporte de Humedad

AP_{AF}	3.870 lts
AP_{AG}	-7.267 lts
<i>Aporte total</i>	<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/> -3.397 lts

b) Agua Efectiva

Agua de diseño	212.5 lts
AE	215.897 lts

12. Condiciones Húmedas (Por m3 de concreto)

C	382.883 kg
AF	727.660 kg
AG	985.758 kg
AE	215.897 lts

Dosificación en peso

1.00	1.90	2.57	23.96lts/bls
------	------	------	--------------

Dosificación en volumen

Datos

	AF	AG
PUS	1568	1405
%H	1.53	0.38

Materiales por Tanda(bls)

C	42.50kg
AF	80.77kg
AG	109.42kg
Agua	23.96lts

PUSH

PUSHAF 1591.9904 kg/m³

PUSHAG 1410.339 kg/m³

PUSH en pie³

PUSHAF 45.0733 kg/pie³

PUSHAG 39.9303 kg/pie³

Dosificación en Volumen

1.00	1.79	2.74	23.96lts/bls
------	------	------	--------------

Anexos No. 2. Panel Fotográfico-Ensayo de Asentamiento



Slump-Concreto Patrón



Slump- 5% Diatomea calcinada



Slump-10% Diatomea Calcinada



Slump-15% Diatomea Calcinada

Anexos No. 3. Panel Fotográfico-Peso Unitario del concreto patrón



Peso Unitario-Concreto Patrón



Peso Unitario-5% Diatomea Calcinada



Peso Unitario-10% Diatomea calcinada



Peso Unitario-15% Diatomea Calcinada

Anexos No. 4. Panel Fotográfico-Temperatura del concreto



Temperatura-Concreto Patrón



Temperatura-5% Diatomea Calcinada



Temperatura-10% Diatomea Calcinada



Temperatura-15% Diatomea Calcinada

Anexos No. 5. Panel Fotográfico-Contenido de Aire



Contenido de Aire- Concreto Patrón



Contenido de Aire- 5% Diatomea Calcinada



Contenido de Aire-10% Diatomea Calcinada



Contenido de Aire-15% Diatomea Calcinada

Anexos No. 6. Panel Fotográfico-Resistencia a la compresión y Módulo de Elasticidad



Resistencia a la compresión y Módulo de Elasticidad a los 28d-Patrón



Resistencia a la compresión y Módulo de Elasticidad a los 28d-5% Diatomea Calcinada



Resistencia a la compresión y Módulo de Elasticidad a los 28d-10% Diatomea Calcinada



Resistencia a la compresión y Módulo de Elasticidad a los 28d-15% Diatomea Calcinada

Anexos No. 7. Panel Fotográfico-Tiempo de fraguado del concreto



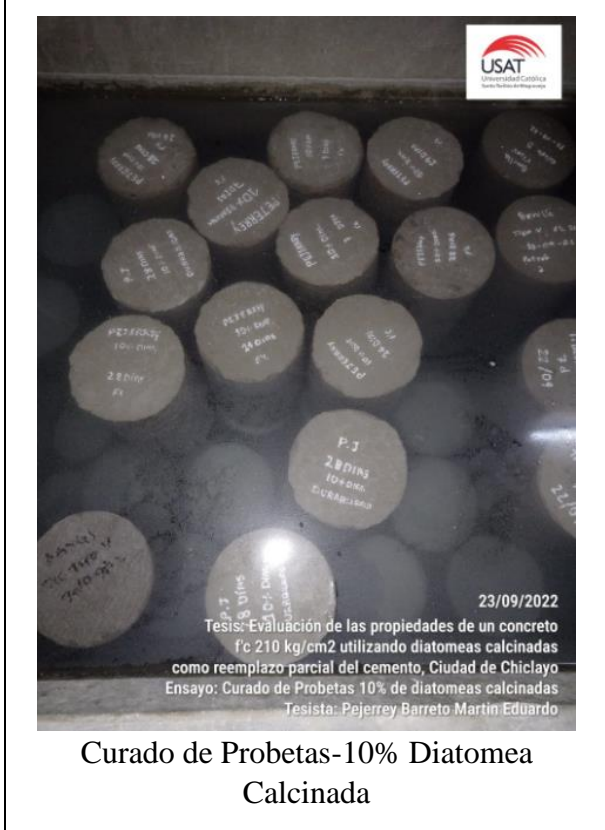
Anexos No. 8. Panel Fotográfico-Curado de Probetas



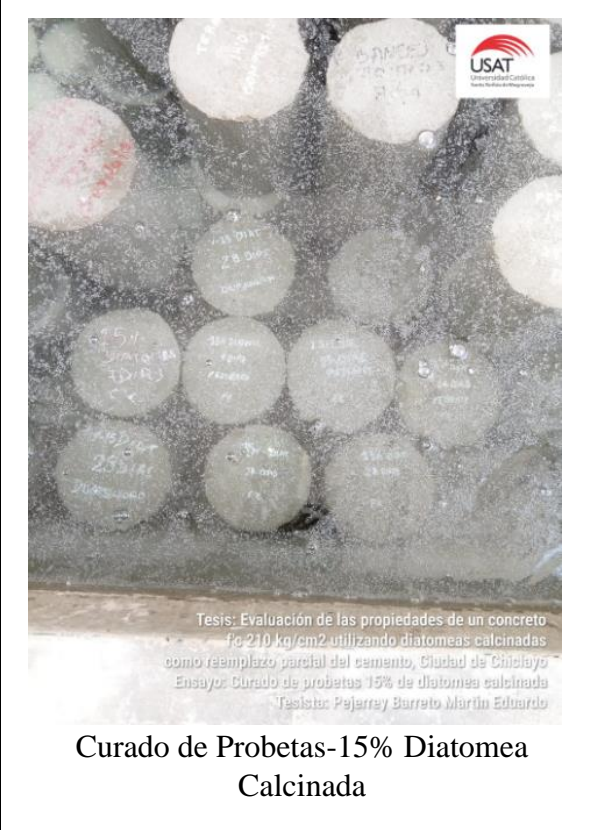
Curado de Probetas-Concreto Patrón



Curado de Probetas-5% Diatomea Calcinada



Curado de Probetas-10% Diatomea Calcinada



Curado de Probetas-15% Diatomea Calcinada

Anexos No. 9. Panel Fotográfico- Tipos de Falla del concreto



Tipo de Falla-Patrón



Tipo de Falla-5% de diatomea calcinada



Tipo de Falla-10% diatomea calcinada



Tipo de Falla-15% diatomea calcinada

Anexos No. 10. Panel fotográfico-Permeabilidad del concreto

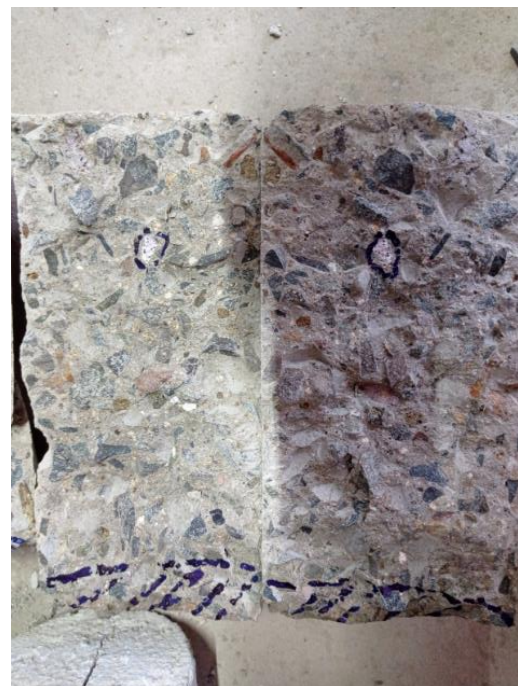
Permeabilidad



Permeabilidad-Toma de Datos



Permeabilidad -Toma de datos



Permeabilidad-Rotura

Anexos No. 11. Panel fotográfico-Resistencia a los sulfatos del concreto

Sulfatos-Patrón



Sulfatos-5% de diatomea calcinada



Sulfatos-Solución preparada



Sulfato de sodio



Sulfatos-Preparación de muestras



Sulfatos-Agua Destilada

Anexos No. 12. Informe de laboratorio-Análisis Granulométrico del agregado fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

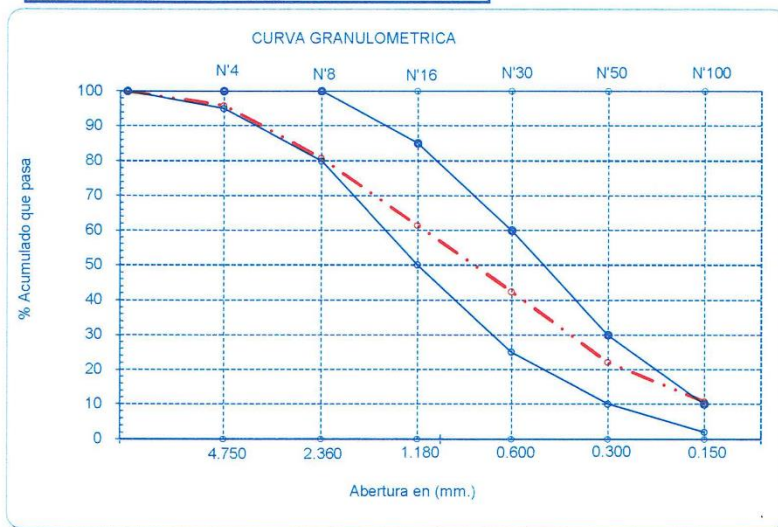


Tesista : Pejerrey Barreto Martín Eduardo
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino
 Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo. **P. Inicial H.** 595.6 **% de Humedad =** 1.53 **Modulo de Fineza:** 2.87
P. Inicial S. 586.6

Malla	Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Que Pasa		
1/2"	12.700	0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	24.46	4.2	95.8	95	100
Nº 08	2.360	88.28	15.0	80.8	80	100
Nº 16	1.180	113.7	19.4	61.4	50	85
Nº 30	0.600	111.47	19.0	42.4	25	60
Nº 50	0.300	118.92	20.3	22.1	10	30
Nº 100	0.150	66.7	11.4	10.8	2	10
Fondo		63.08	10.8	100.0	0.0	
Módulo de Fineza			2.867			
Abertura de malla de referencia			9.500			



Pejerrey Barreto



Anexos No. 13. Informe de laboratorio- Análisis Granulométrico del agregado grueso



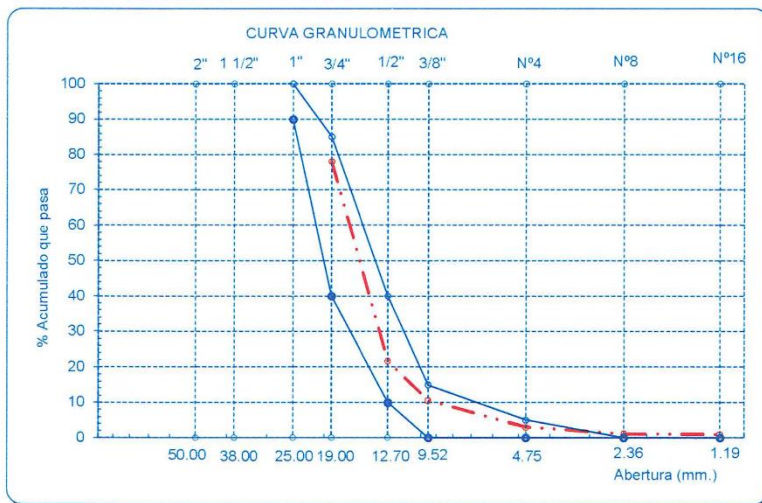
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Pejerrey Barreto Martín Eduardo
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades de un concreto f'c 210 kg/cm2 utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-136 G N.T.P. 400.012

Cantera : Piedra Chancada - Tres Tomas **P. Inicial H.** 5320 **% de**
P. Inicial S. 5300 **Humedad =** 0.38

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones HUSO 56	
Pulg.	(mm.)						
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	90.0	100.0
3/4"	19.00	1160.0	21.9	21.9	78.1	40.0	85.0
1/2"	12.70	2990.0	56.4	78.3	21.7	10.0	40.0
3/8"	9.52	590.0	11.1	89.4	10.6	0.0	15.0
Nº 04	4.75	400.0	7.5	97.0	3.0	0.0	5.0
Nº 08	2.36	100.0	1.9	98.9	1.1	0.0	0.0
Nº 16	1.19	10.0	0.2	99.1	0.9	0.0	0.0
Fondo		50	0.9	100.0	0.0		
Tamaño Maximo			1"	38.00			
Tamaño Maximo Nominal			3/4"	25.00			



Pejerrey Barreto



Anexos No. 14. Informe de laboratorio- Peso específico y Absorción del agregado fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Pejerrey Barreto Martín Eduardo
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

Cantera : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco +	(g)	996.4	996.4
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasc	(g)	689.82	689.82
3.- Peso del Agua	(g)	306.54	306.54
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Fra	(g)	684.92	684.92
5.- Peso del Frasco	(g)	189.82	189.82
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	495	495
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.559
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.585
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.626
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.99

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

Cantera : Piedra Chancada - Tres Tomas

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	3570	3570
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	3610	3610
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del c.	(g)	3160	3160
4.- Peso de la canastilla	(g)	880	880
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	2280	2280

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.684
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.714
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.767
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	1.12

Pejerrey Barreto



Anexos No. 15. Informe de laboratorio-Peso unitario del agregado fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Pejerrey Barreto Martín Eduardo
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

Ensayo : Peso unitario del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Canetra : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8850	8830
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8850	8830
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00555	0.00555
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1594	1590
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1568	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9940	9960
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		9940	9960
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00555	0.00555
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1790	1794
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1765	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	595.6	595.6
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	586.61	586.61
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0.0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.5	1.5
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.53	

Pejerrey Barreto



Anexos No. 16. Informe de laboratorio-Peso unitario del agregado grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Pejerrey Barreto Martín Eduardo
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

Ensayo : Peso unitario del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Cantera : Piedra Chancada - Tres Tomas

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	7730	7620
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		7730	7620
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1420	1400
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1405	

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8760	8750
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8760.0	8750.0
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1609	1607
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1602	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	5320	5320
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	5300	5300
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.4	0.4
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.38	

Pejerrey Barreto



Anexos No. 17. Informe de laboratorio-Contenido de humedad del agregado fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Pejerrey Barreto Martín Eduardo
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 18 de Noviembre del 2022

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	595.6	595.6
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	586.61	586.61
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.53	1.53
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.53	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Piedra Chancada - Tres Tomas

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	5320	5320
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	5300	5300
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.4	0.4
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.38	

Pejerrey Barreto



Anexos No. 18. Informe de laboratorio- Asentamiento del concreto



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



- Tesis** : Evaluación de las propiedades de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo
- Tesista** : Pejerrey Barreto Martín Eduardo
- Lugar** : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque
- Ensayo** : Asentamiento-Slump
- Referencia** : Norma ASTM C143

Diseño	Slump(pulg.)
Patrón	4
Diatomea calcinada 5%	2.75
Diatomea calcinada 10%	0.75
Diatomea calcinada 15%	0

Pejerrey Barreto



Anexos No. 19. Informe de laboratorio- Exudación del concreto



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS DE SUELOS CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesis : Evaluación de las propiedades de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de
Tesista : Pejerrey Barreto Martin Eduardo
Lugar : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque
Ensayo : Exudación
Referencia : Norma ASTM C232

HORA	PATRÓN	AGUA EXUDADA ACUMULADA(mi)		
		5% DIATOMEA CALCINADA	10% DIATOMEA CALCINADA	15% DIATOMEA CALCINADA
10MIN	3.5	0.0	0.0	0.0
20MIN	6.5	3.5	0.0	0.0
30MIN	10.5	4.5	2.5	0.0
40MIN	15.5	7.0	5.0	0.0
120MIN	21.5	11.6	10.0	0.0
150MIN	24.5	16.0	14.5	0.0
180MIN	26.5	19.5	16.0	0.0
210MIN	-	21.5	17.5	0.0
%EXUDACION	0.94	0.77	0.62	0.00

Masa de agua en el molde 2807 g

Pejerrey Barreto



Anexos No. 2. Informe de laboratorio- Contenido de aire del concreto



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



- Tesis** : Evaluación de las propiedades de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo
- Tesista** : Pejerrey Barreto Martín Eduardo
- Lugar** : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque
- Ensayo** : Contenido de Aire
- Referencia** : Norma ASTM C231

Diseño	Contenido de Aire(%)
Patrón	1
Diatomea calcinada 5%	1.3
Diatomea calcinada 10%	1.7
Diatomea calcinada 15%	3

Pejerrey Barreto



Anexos No. 21. Informe de laboratorio-Peso unitario del concreto



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesis : Evaluación de las propiedades de un concreto f'c 210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo

Tesista : Pejerrey Barreto Martín Eduardo

Lugar : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

Ensayo : Peso Unitario

Referencia : Norma ASTM C138

Peso del molde : 0.383kg
Volumen del molde : 0.005m³

DISEÑO	P.CONCRETO+P.MOLDE (KG)	P.UNITARIO DEL CONCRETO (KG/M ³)
PATRÓN	13.19	2415.760
5%DIATOMEA CALCINADA	13.1	2398.783
10%DIATOMEA CALCINADA	13.05	2389.352
15%DIATOMEA CALCINADA	12.99	2378.034

Pejerrey Barreto



Anexos No. 22. Informe de laboratorio-Temperatura del concreto



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



- Tesis** : Evaluación de las propiedades de un concreto f'c 210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo
- Tesista** : Pejerrey Barreto Martin Eduardo
- Lugar** : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque
- Ensayo** : Temperatura
- Referencia** : Norma ASTM C1014

Diseño	Temperatura(C°)
Patrón	22.9
Diatomea calcinada 5%	20.6
Diatomea calcinada 10%	21.5
Diatomea calcinada 15%	22.5

Pejerrey Barreto



Anexos No. 23. Informe de laboratorio-Tiempo de Fraguado del concreto



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesis : Evaluación de las propiedades de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo

Tesista : Pejerrey Barreto Martín Eduardo

Lugar : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

Ensayo : Tiempo de fraguado del concreto por penetración-Patrón

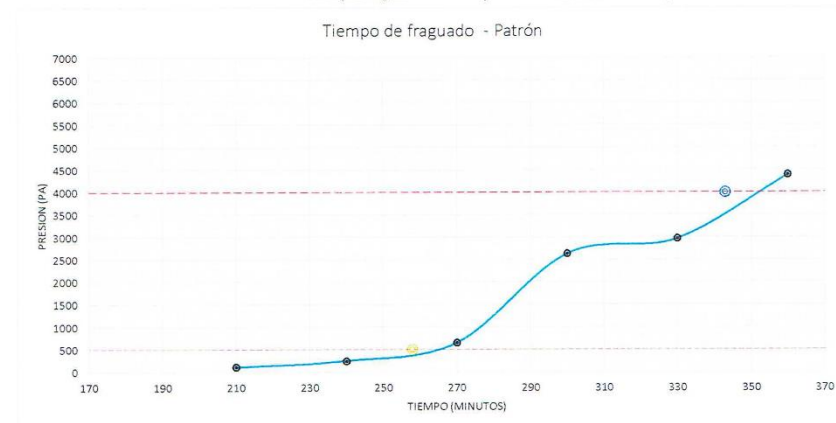
Referencia : Norma ASTM C403

$f'c$: 210 kg/cm²

Temperatura exterior: 23 C°

Hora de inicio: 9.07 am

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg ²)	Min (minutos)	Presion (PSI)
12:37	117 Lb	0.99 pulg ²	210	117.70
13:07	130 Lb	0.52 pulg ²	240	251.48
13:37	164 Lb	0.25 pulg ²	270	660.40
14:07	202 Lb	0.08 pulg ²	300	2637.94
14:37	146 Lb	0.05 pulg ²	330	2976.78
15:07	121 Lb	0.03 pulg ²	360	4396.96
Tiempo Inicial			258 min	
Tiempo final			343 min	
Tiempo fragua			85 min	



Pejerrey Barreto



Anexos No. 24. Informe de laboratorio- Tiempo de Fraguado-5% de diatomea calcinada



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



- Tesis** : Evaluación de las propiedades de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo
- Tesista** : Pejerrey Barreto Martín Eduardo
- Lugar** : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque
- Ensayo** : Tiempo de fraguado del concreto por penetración-5% Diatomea calcinada
- Referencia** : Norma ASTM C403

$F'c$: 210 kg/cm²
 Temperatura exterior: 23 C°
 Hora de inicio : 10:00 a.m.

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg ²)	Min (minutos)	Presion (PSI)
13:30	130 Lb	0.99 pulg ²	210	131.16
14:00	166 Lb	0.52 pulg ²	240	320.85
14:30	187 Lb	0.25 pulg ²	270	750.87
15:00	164 Lb	0.08 pulg ²	300	2139.64
15:30	178 Lb	0.05 pulg ²	330	3617.64
16:00	153 Lb	0.03 pulg ²	360	5534.23
Tiempo Inicial			253 min	
Tiempo final			335 min	
Tiempo fragua			82 min	



Pejerrey Barreto



Anexos No. 25. Informe de laboratorio- Tiempo de Fraguado-10% de diatomea calcinada



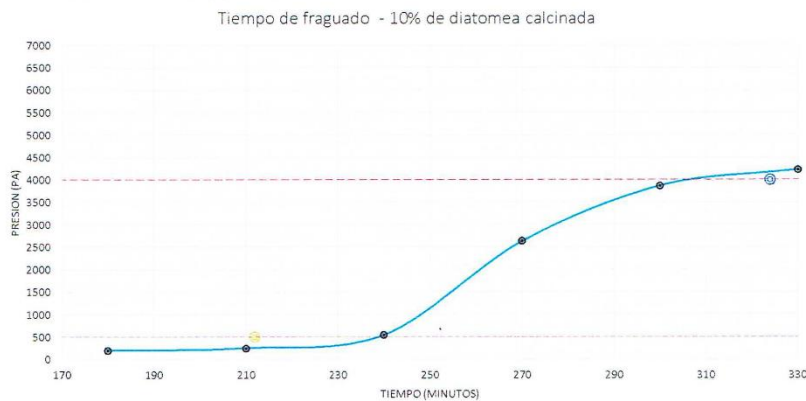
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



- Tesis** : Evaluación de las propiedades de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo
- Tesista** : Pejerrey Barreto Martín Eduardo
- Lugar** : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque
- Ensayo** : Tiempo de fraguado del concreto por penetración-10% Diatomea calcinada
- Referencia** : Norma ASTM C403

$F'c$: 210 kg/cm²
 Temperatura exterior: 23 C°
 Hora de ensayo: 12:00 p.m.

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg ²)	Min (minutos)	Presion (PSI)
15:00	200 Lb	0.99 pulg ²	180	201.20
15:30	130 Lb	0.52 pulg ²	210	250.73
16:00	138 Lb	0.25 pulg ²	240	553.32
16:30	202 Lb	0.08 pulg ²	270	2637.94
17:00	190 Lb	0.05 pulg ²	300	3870.44
17:30	117 Lb	0.03 pulg ²	330	4233.97
Tiempo Inicial			235 min	
Tiempo final			311 min	
Tiempo fragua			76 min	



Pejerrey Barreto



Anexos No. 26. Informe de laboratorio-Resistencia a la compresión del concreto patrón



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Pejerrey Barreto Martín Eduardo
 Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Evaluación de las propiedades de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 25 de octubre del 2022

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	$f'c$ kg/cm ²
01	CONCRETO 210 kg/cm ² +0% DIATOMEA CALCINADA	15/09/2022	22/09/2022	7	205
02	CONCRETO 210 kg/cm ² +0% DIATOMEA CALCINADA	15/09/2022	22/09/2022	7	216
03	CONCRETO 210 kg/cm ² +0% DIATOMEA CALCINADA	15/09/2022	29/09/2022	14	237
04	CONCRETO 210 kg/cm ² +0% DIATOMEA CALCINADA	15/09/2022	29/09/2022	14	231
05	CONCRETO 210 kg/cm ² +0% DIATOMEA CALCINADA	15/09/2022	13/10/2022	28	252
06	CONCRETO 210 kg/cm ² +0% DIATOMEA CALCINADA	15/09/2022	13/10/2022	28	230

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita de laboratorio

Pejerrey Barreto



Anexos No. 27. Informe de laboratorio-Resistencia a la compresión al 5% de diatomea



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Pejerrey Barreto Martín Eduardo
 Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Evaluación de las propiedades de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 25 de octubre del 2022

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05
 Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	$f'c$ kg/cm ²
01	CONCRETO 210 kg/cm ² +5% DIATOMEA CALCINADA	17/09/2022	24/09/2022	7	191
02	CONCRETO 210 kg/cm ² +5% DIATOMEA CALCINADA	17/09/2022	24/09/2022	7	190
03	CONCRETO 210 kg/cm ² +5% DIATOMEA CALCINADA	17/09/2022	01/10/2022	14	228
04	CONCRETO 210 kg/cm ² +5% DIATOMEA CALCINADA	17/09/2022	01/10/2022	14	227
05	CONCRETO 210 kg/cm ² +5% DIATOMEA CALCINADA	17/09/2022	15/10/2022	28	256
06	CONCRETO 210 kg/cm ² +5% DIATOMEA CALCINADA	17/09/2022	15/10/2022	28	270

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita de laboratorio

Pejerrey Barreto



Anexos No. 28. Informe de laboratorio-Resistencia a la compresión al 10% de diatomea



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Pejerrey Barreto Martín Eduardo
 Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Evaluación de las propiedades de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 25 de octubre del 2022

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	$f'c$ kg/cm ²
01	CONCRETO 210 kg/cm ² +10% DIATOMEA CALCINADA	23/09/2022	30/09/2022	7	180
02	CONCRETO 210 kg/cm ² +10% DIATOMEA CALCINADA	23/09/2022	30/09/2022	7	178
03	CONCRETO 210 kg/cm ² +10% DIATOMEA CALCINADA	23/09/2022	07/10/2022	14	205
04	CONCRETO 210 kg/cm ² +10% DIATOMEA CALCINADA	23/09/2022	07/10/2022	14	204
05	CONCRETO 210 kg/cm ² +10% DIATOMEA CALCINADA	23/09/2022	21/10/2022	28	245
06	CONCRETO 210 kg/cm ² +10% DIATOMEA CALCINADA	23/09/2022	21/10/2022	28	207

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.

-El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita de laboratorio



Anexos No. 29. Informe de laboratorio-Resistencia a la compresión al 15% de diatomea



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Pejerrey Barreto Martín Eduardo
 Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Evaluación de las propiedades de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 25 de octubre del 2022

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	$f'c$ kg/cm ²
01	CONCRETO 210 kg/cm ² +15% DIATOMEA CALCINADA	24/09/2022	01/10/2022	7	164
02	CONCRETO 210 kg/cm ² +15% DIATOMEA CALCINADA	24/09/2022	01/10/2022	7	165
03	CONCRETO 210 kg/cm ² +15% DIATOMEA CALCINADA	24/09/2022	08/10/2022	14	191
04	CONCRETO 210 kg/cm ² +15% DIATOMEA CALCINADA	24/09/2022	08/10/2022	14	190
05	CONCRETO 210 kg/cm ² +15% DIATOMEA CALCINADA	24/09/2022	22/10/2022	28	203
06	CONCRETO 210 kg/cm ² +15% DIATOMEA CALCINADA	24/09/2022	22/10/2022	28	200

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.

-El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita de laboratorio

Pejerrey Barreto



Anexos No. 30. Informe de laboratorio-Permeabilidad del concreto patrón



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswycerl.com

Solicitud de Ensayo : **1305A-23/ LEMS W&C**
Solicitante : Pejerrey Barreto Martin Eduardo

Proyecto / Obra : Evaluación de las propiedades de un concreto f'c 210 kg/cm2 utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Sábado, 13 de mayo del 2023.
Inicio de ensayo : Sábado, 13 de mayo del 2023.
Fin de ensayo : Martes, 16 de mayo del 2023

Ensayo : ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.
Norma : UNE-EN12390-8

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm2)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)		
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio	Clase de exposición
CP-01	CONCRETO PATRÓN 210	28	13/05/2023	16/05/2023	5:00 p. m.	5:00 p. m.	72	A	34.97	36.30	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	34.34		
CP-02	CONCRETO PATRÓN 210	28	13/05/2023	16/05/2023	5:00 p. m.	5:00 p. m.	72	A	31.70		
								B	31.98		
CP-03	CONCRETO PATRÓN 210	28	13/05/2023	16/05/2023	5:00 p. m.	5:00 p. m.	72	A	42.21		
								B	42.30		

NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL

WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Anexos No. 31. Informe de laboratorio-Permeabilidad del concreto al 5% de diatomea



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo - Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitud de Ensayo : **1305A-23/ LEMS W&C**
Solicitante : Pejerrey Barreto Martin Eduardo

Proyecto / Obra : Evaluación de las propiedades de un concreto f'c 210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Sábado, 13 de mayo del 2023.
Inicio de ensayo : Miércoles, 17 de mayo del 2023.
Fin de ensayo : Sábado, 20 de mayo del 2023.

Ensayo : ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.
Norma : UNE-EN12390-8

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm ²)	Edad (Dias)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)		
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio	Clase de exposición
5%DC-01	CONCRETO + 5% DIATOMEA CALCINADA	28	17/05/2023	20/05/2023	5:00 p. m.	5:00 p. m.	72	A	33.50	32.50	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	33.40		
5%DC-02	CONCRETO + 5% DIATOMEA CALCINADA	28	17/05/2023	20/05/2023	5:00 p. m.	5:00 p. m.	72	A	32.67		
								B	32.20		
5%DC-03	CONCRETO + 5% DIATOMEA CALCINADA	28	17/05/2023	20/05/2023	5:00 p. m.	5:00 p. m.	72	A	31.40		
								B	31.57		

NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Anexos No. 32. Informe de laboratorio-Resistencia a los sulfatos del concreto patrón



INFORME DE ENSAYO Nº 386

Expediente Nº : 319 - 2023 L.E.M. AMAZING S.A.C
Solicitante : Pejerrey Barreto Martín Eduardo
Atención : Laboratorio de mecánica de suelos (USAT)
Obra/ Tesis : "Evaluación de las propiedades de un concreto f'c=210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo"

Código: ASTM C 157
Título: Método de prueba estándar para cambio de longitud de módulo y concreto de cemento hidráulico endurecido

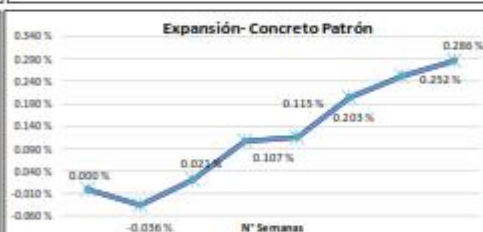
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA Concreto Patrón f'c=210 kg/cm²

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA 3
Semana 0	3.420	3.476	3.450
Semana 1	3.353	3.391	3.365
Semana 2	3.436	3.525	3.576
Semana 3	3.650	3.650	3.850
Semana 4	3.791	3.720	3.728
Semana 8	3.935	3.980	3.967
Semana 13	4.020	4.120	4.128
Semana 15	4.170	4.172	4.176

Expansión Acumulada	Expansión Aunitaria
0.000 %	0.000 %
-0.036 %	-0.036 %
-0.014 %	0.021 %
0.093 %	0.107 %
0.208 %	0.115 %
0.412 %	0.203 %
0.664 %	0.252 %
0.949 %	0.286 %



Desviación Estandar	BARRA 1	BARRA 2	BARRA 3
	0.22172	0.20450	0.19930



German Oscar Gastón Chirinos
 T.E. LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES



Juan Carlos Pinedo Córdova
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CHI. 123351

Anexos No. 33. Informe de laboratorio-Resistencia a los sulfatos del concreto al 5% de diatomea



INFORME DE ENSAYO Nº 387

Expediente Nº : 319 - 2023 L.E.M. AMAZING S.A.C
 Solicitante : Pejerrey Barreto Marín Eduardo
 Atención : Laboratorio de mecánica de suelos (USAT)
 Obra/ Tests : "Evaluación de las propiedades de un concreto f'c 210 kg/cm2 utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo"

Código: ASTM C 157
 Título: Método de prueba estándar para cambio de longitud de mortero y concreto de cemento hidráulico endurecido

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA 5% de diatomea calcinada- f'c=210 kg/cm2

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA 3
Semana 0	3.370	3.420	3.430
Semana 1	3.273	3.311	3.205
Semana 2	3.430	3.431	3.501
Semana 3	3.535	3.565	3.735
Semana 4	3.673	3.602	3.610
Semana 5	3.654	3.665	3.900
Semana 13	4.000	4.115	4.120
Semana 15	4.040	4.034	4.057

Desviación Estandar	BARRA 1	BARRA 2	BARRA 3
	0.22080	0.22223	0.21530

Expansión Acumulada	Expansión Aunitaria
0.000 %	0.000 %
-0.046 %	-0.046 %
-0.029 %	0.016 %
0.052 %	0.061 %
0.140 %	0.068 %
0.333 %	0.194 %
0.601 %	0.260 %
0.655 %	0.254 %



German Oscar Gestelo Ojeda
 TIT. LABORATORISTA PROYECTO DE MATERIAS



Juan Carlos Pinedo Cordero
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CH. 123351

Oficina y Laboratorio: Francisco Cabrera Nº 1201 Chiclayo - Lambayeque T: (074) 516906 C: 964 423 859
 Oficina Chiclayo: Alfonso Ugarte Nº 696 Int. 201 - Chiclayo C: 924 387 254 - 963 847 718
 Oficina Ica: Mz 15 Lot. 15 Urb. Juan Manuel Meza - Vista Alegre - Nasca - Ica T: (056) 402821 C: 959 669 889
 amazing.sac.ic@gmail.com

Anexos No. 34. Informe de laboratorio-Módulo de elasticidad para todas las dosificaciones

Amzing
CONSTRUCTIVA Y REVISIONES GENERALES

Tesis : Evaluación de las propiedades de un concreto F_c 210 kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo

Tesieta : Piyerrey Barreto Merth Eduardo

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque

Fecha de emisión : Chiclayo, 21 de Octubre del 2022

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSONS RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión)

Referencia : ASTM C-469

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	α_s (Kg/cm ³)	Esfuerzo S_2 (40% α_s) Kg/cm ²	Esfuerzo S_1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_s (%)	E_c Kg/cm ²	Promedio E_c Kg/cm ²
01	CONCRETO PATRON - F_c 210 kg/cm ²	12/06/2022	10/07/2022	28	252.44	101	11.46764	0.000440	22983	23089.023
02	CONCRETO PATRON - F_c 210 kg/cm ²	12/06/2022	10/07/2022	28	230.26	92	11.62216	0.000396	23243	
03	CONCRETO PATRON - F_c 210 kg/cm ² + 3% DIATOMEA CALCINADA	12/06/2022	10/07/2022	28	256.06	102	11.89267	0.000431	23783	23486
04	CONCRETO PATRON - F_c 210 kg/cm ² + 5% DIATOMEA CALCINADA	12/06/2022	10/07/2022	28	270.15	108	11.55436	0.000468	23183	
05	CONCRETO PATRON 210 kg/cm ² +10% DIATOMEA CALCINADA	23/09/2022	21/10/2022	28	245.26	98	11.48043	0.000427	22909	22667.358
06	CONCRETO PATRON 210 kg/cm ² +10% DIATOMEA CALCINADA	23/09/2022	21/10/2022	28	207.39	83	9.20103	0.000381	222526	
07	CONCRETO PATRON 210 kg/cm ² +15% DIATOMEA CALCINADA	24/09/2022	22/10/2022	28	202.70	81	10.21231	0.000397	204246	202772.394
08	CONCRETO PATRON 210 kg/cm ² +15% DIATOMEA CALCINADA	24/09/2022	22/10/2022	28	200.47	80	10.01491	0.000400	200298	

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


German Oscar Gastelo Ehrinos
Tec. Laboratorio




Juan Carlos Firme Queda Ayesta
Ing. Civil - Reg. CIP. 123351

Oficina y Laboratorio: Francisco Cabrera N° 1201 Chiclayo - Lambayeque T: (074) 518908 C: 964 423 809
Oficina Chiclayo: Alfonso Ugarte N° 496 int. 201 - Chiclayo C: 924 387 254 - 963 847 718
Oficina Ica: Mz 15 Lot. 15 Urb. Juan Manuel Maza - Vista Alegre - Nasca - Ica T: (054) 402621 C: 959 669 889

Anexos No. 35. Ficha técnica de la diatomea calcinada

**Imerys Diatomita México, S.A. de C.V.**

José Antonio Torres No. 400 s/Colonia; General Andrés Figueroa, Jalisco, C.P.45765

Conmutador: (52 326) 434-2000 Fax: (52 326) 434 2067

Oficinas México: (52 55) 5279-9170 Fax: (52 55) 5279-9183

Technical Data

Celite 505™**TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES**

Color	Pink
Appearance	Powder
Origin	Plankton Fresh Water Diatomite
Description	Natural Product Calcined Filter Aid
Permeability, Darcys	0.09
Wet Density, g/L	307
lb/ft ³	19.2
325 Mesh Screen Residue, %	1.10
Median Cake Pore Size, Microns	2.7
pH	5.2
Specific Gravity	2.1
Moisture as shipped, %	0.5

TYPICAL CHEMICAL ANALYSIS, %

SiO ₂	91.4
Al ₂ O ₃	3.8
Fe ₂ O ₃	1.9
P ₂ O ₅	0.2
TiO ₂	0.2
CaO	0.6
MgO	0.2
Na ₂ O + K ₂ O	1.2

The typical physical or chemical properties of Imerys Diatomita Mexico products represent average values obtained in accordance with accepted test methods and are subject to normal manufacturing variations. They are supplied as a technical service and are subject to change without notice. Typical data shown above are considered accurate and reliable; no guarantee is given or intended.

January / 09 / 2012

Anexos No. 36. Ficha técnica del cemento portland tipo I

CEMENTO PORTLAND TIPO I

MÁS PUNCHE. MENOS BOLSAS.



Cemento Portland TIPO I, es un cemento de uso general, fabricado mediante la molienda de clinker y yeso en adecuadas proporciones, asegurando de esa manera un producto de calidad, para construcciones donde se requieran propiedades de avance y durabilidad en obra. Cumple con los requisitos de las normas técnicas NTP 334.009 y ASTM C 150.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

PROPIEDADES FÍSICAS	CEMENTO QHUNA TIPO I	REQUISITO DE NORMA 334.009 - ASTM C 150	a la NTP 334.009 / ASTM C 150
Superficie Específica (cm^2/gr)	3620	Mínimo 2800	
Retenido 45 μm (%)	8.4	No Específica	
Contenido de Aire (%)	6.0	Máx. 12.0	
Densidad (g/ml)	3.14	No Específica	
Pérdida Por Ignición (%)	2.47	Máx. 3.5	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
1 DÍA Mpa (kg/cm^2)	10.0 (102)	NE	
3 DÍAS Mpa (kg/cm^2)	20.2 (206)	12.0 (122)	
7 DÍAS Mpa (kg/cm^2)	27.9 (285)	19.0 (194)	
28 DÍAS Mpa (kg/cm^2)	47.7 (487)	28.0 (286)	
TIEMPO DE FRAGUADO			
Fraguado Inicial (Minutos)	122'	Mínimo 45'	
Fraguado Final (Minutos)	245'	Máximo 375'	

CUADRO COMPARATIVO DE RESISTENCIAS

COMPARATIVO DE



RESISTENCIAS

CEMENTO PORTLAND TIPO I

MÁS PUNCHE, MENOS BOLSAS



APLICACIONES

- Para uso en obras de construcción en general, proporciona altas resistencias.
- Para preparación de concretos en cimientos, zapatas, vigas, columnas y techado de edificaciones.
- Para uso en la construcción de todo tipo de elementos o estructuras de concreto, simple o armado.
- Usado en la fabricación de ladrillos o bloques de alta resistencia, alcañallados o adoquines.
- Para asentar ladrillos, tarrajear, enchapes de mayólicas, pisos cerámicos y otros materiales.

RECOMENDACIONES

- Usar agregados y materiales de propiedades conocidas, certificados y de buena calidad.
- Preparar la mezcla sobre una superficie limpia, libre de materiales ajenos a la preparación.
- Es recomendable realizar el curado con agua o un agente curador químico al momento del vaciado, esto para lograr una eficiente hidratación del cemento con el objetivo de optimizar el desarrollo de la resistencia a la compresión.
- Para asegurar la conservación del cemento, se recomienda almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes o pisos y protegidas de la humedad.
- Evitar apilar las bolsas en más de 10, para evitar la compactación de las mismas.
- Controlar la cantidad de agua de la mezcla, cuidando que no exceda la relación agua/cemento, determinada en el diseño.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

Este producto, seco o húmedo puede causar irritación o quemadura a los ojos y la piel, por ende, evitar el contacto directo.



Usar lentes de protección, guantes y botas de jébe, así como respiradores de polvo apropiados cuando se abra la bolsa o se ejecute el trabajo.



Cubra sus brazos y piernas adecuadamente, para evitar irritación.



Mantener fuera del alcance de los niños.



Pacasmayo

Fabricador Cementos Pacasmayo S.A.A.

Dirección:

Chilayo - Lima - Perú

Página Web:

www.cementospacasmayo.com.pe

Anexos No. 37. Ficha técnica del sulfato de sodio



INDIQSA

INDUSTRIAL INSUMOS QUÍMICOS S.A.

CERTIFICADO DE ANÁLISIS SULFATO DE SODIO ANHIDRO

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Nombre Químico	Sulfato de Sodio Anhidro
Fórmula Molecular	Na ₂ SO ₄
Peso Molecular	142.06 g/mol.
Sinónimos Sulfato	Di-sódico

2. DESCRIPCIÓN

Sal inorgánica, cristalina, blanca e inodora cuando esta en forma anhidra, y se conoce como sal Glauber cuando esta en forma deca-hidratada con fórmula Na₂SO₄.10 H₂O

3. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Pureza % mín.	99
Cloruros % Max	0.2
Hierro (mg/kg) Max	100
Calcio (mg/Kg) Max	500
Magnesio (mg/Kg) máx.	20
Humedad % máx.	0.2
Insolubles en HCl % máx.	0.05

4. PROPIEDADES


Presentación	polvo
Color	blanco
Olor	inodoro
Sabor	picante, salino
Gravedad específica	2.671
pH (5 % P/P a 25°C)	6 - 7

INDUSTRIAL INSUMOS QUÍMICOS S.A.

☐ Calle Benito Pardo Figueroa N° 147
Urb. Balconillo, La Victoria, Lima, Perú

☎ Tel. 01 474 1099 | Fax 01 474 1079
indiqua@gmail.com | chubralu@ec-red.com

Anexos No. 38. Validación de Ensayos de Laboratorio



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS

INFORME N° LEM USAT 061-2023
 FECHA: 14 de junio 2023

Validación de Ensayos de Laboratorio

ESTUDIANTE: Pejerrey Barreto Martin Eduardo

TITULO DE LA TESIS: Evaluación de las propiedades de un concreto f'c 210kg/cm² utilizando diatomeas calcinadas como reemplazo parcial del cemento, Ciudad de Chiclayo.

El que suscribe, responsable del laboratorio de ingeniería Civil ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizado por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

Propiedades físicas del agregado Fino y grueso

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

- Granulometría
- Peso unitario suelto y compactado
- Contenido de humedad
- Peso específico y absorción

Propiedades en estado fresco y endurecido del concreto

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

- Asentamiento
- Exudación


- Peso Unitario
- Temperatura
- Tiempo de Fraguado
- Contenido de Aire
- Resistencia a la compresión

LABORATORIO DE MATERIALES
LEMS W&C EIRL

- Profundidad de penetración de agua bajo presión
- Resistencia del concreto frente a sulfatos
- Módulo de Elasticidad

FERMATI

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.



Henry Rivadeneyra Oblitas
Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental