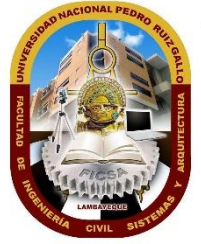




UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

Facultad De Ingeniería Civil, Sistemas y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



TESIS

**Estudio de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, con
reemplazo parcial de agregado fino por conchas de abanico y uso de aditivo
plastificante Chema Plast**

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Bach. Periche Castro, Juan Carlos

Bach. Diaz Herquinio, Cristopher Brahian Anselmo

Asesora:

Dra. Ing. Blas Rebaza, Rocío Del Pilar

Lambayeque – Perú

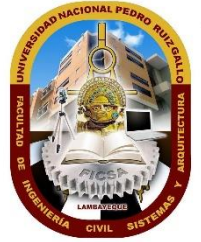
Fecha de sustentación: 11 de febrero de 2026



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

Facultad De Ingeniería Civil, Sistemas y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Estudio de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, con
reemplazo parcial de agregado fino por conchas de abanico y uso de aditivo
plastificante Chema Plast**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Elaborado por:

Bach. Juan Carlos Periche Castro

Autor

Bach. Cristopher Brahian Diaz Herquinio

Autor

Aprobado por:

DR. ING. VICTOR MANUEL ESCOBEDO OBLITAS
PRESIDENTE

DRA. ING. YRMA DEL CARMEN CAPUÑAY CAPUÑAY
SECRETARIO

DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS
VOCAL

DRA. ING. ROCIO DEL PILAR BLAS REBAZA
ASESOR

Lambayeque, 2026



ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 341-2026-UI-FICSA

Siendo las 12:00 m del día 11 de febrero del 2026, se reunieron los miembros de jurado de la Tesis titulada: "ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C=210KG/CM2, CON REEMPLAZO PARCIAL DE AGREGADO FINO POR CONCHAS DE ABANICO Y USO DE ADITIVO PLASTIFICANTE CHEMA PLAST" con código N° IC_V_2024_021, y designado por Resolución Decanal N° 720-2024-UNPRG-FICSA con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis profesional antes mencionada, conformado por los siguientes docentes:

DR. ING. VICTOR MANUEL ESCOBEDO OBLITAS	PRESIDENTE
DRA. ING. YRMA DEL CARMEN CAPUÑAY CAPUÑAY	SECRETARIO
DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS	VOCAL


Asesorado por DRA. ING. ROCIO DEL PILAR BLAS REBAZA.

El acto de sustentación fue autorizado por OFICIO VIRTUAL N° 032-2026-UIFICSA, la tesis profesional fue presentada y sustentada por los Bachilleres: JUAN CARLOS PERICHE CASTRO Y CRISTOPHER BRAHIAN ANSELMO DIAZ HERQUINIO, tuvo una duración de 60 minutos Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva:

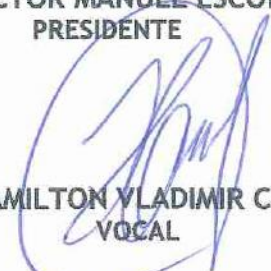
	NUMERO	LETRAS	CALIFICATIVO
JUAN CARLOS PERICHE CASTRO	<u>17</u>	<u>Diecisiete</u>	<u>BUENO</u>
CRISTOPHER BRAHIAN ANSELMO DIAZ HERQUINIO	<u>17</u>	<u>Diecisiete</u>	<u>BUENO</u>

Por lo que quedan APTOS para obtener el Título Profesional de INGENIERO CIVIL de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Civil De Sistemas y de Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 13 hrs.; del mismo día, se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.


 DR. ING. VICTOR MANUEL ESCOBEDO OBLITAS
 PRESIDENTE


 DRA. ING. YRMA DEL CARMEN CAPUÑAY CAPUÑAY
 SECRETARIO


 DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS
 VOCAL


 DRA. ING. ROCIO DEL PILAR BLAS REBAZA
 ASESOR



CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Dra. Ing. Rocío Del Pilar Blas Rebaza, usuario revisor de:

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>
Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/>
Trabajo Académico	<input type="checkbox"/>

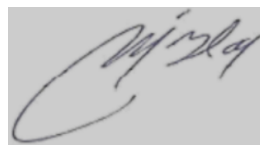
Titulado: “Estudio de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm², con reemplazo parcial de agregado fino por conchas de abanico y uso de aditivo plastificante Chema Plast”

Cuyos autores son: Periche Castro Juan Carlos; con DNI N° 74985814 y Diaz Herquinio Christopher Brahian Anselmo; con DNI N° 70523244, declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud 10 %, verificables en el Resumen del Reporte Automatizado de similitudes que se acompaña.

La suscrita analizó y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 18 de febrero del 2026



FIRMA (Asesor)

Dra. Ing. Rocío Del Pilar Blas Rebaza

DNI 18080838

Defina la modalidad con [X]

Adjuntar

- Reporte Automatizado de similitudes
- Recibo Digital

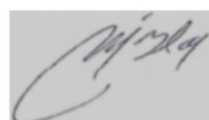
Estudio de la resistencia a la compresión del concreto
 $f_c=210\text{kg/cm}^2$, con reemplazo parcial de agregado fino por
conchas de abanico y uso de aditivo plastificante chema plast

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	Aroste Villa, Jorge Luis. "Impregnación de agregados reciclados con cemento IP y el mejoramiento de sus características físicos - mecánicas, en la resistencia del concreto.", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru) Publicación	1%
4	Vargas Soler, Erika Julieth | González Jiménez, Ana Jessyca. "Análisis de las Mezclas de Concreto Elaboradas con Agua Residual Proveniente de Procesos de Teñido Textil Conforme a sus Características Mecánicas", Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia) Publicación	<1%



FIRMA (Asesor)

Dra. Ing. Rocio Del Pilar Blas Rebaza

DNI 18080838

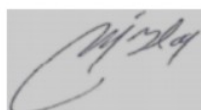
5 Submitted to Universidad Católica de Santa María <1 %
Trabajo del estudiante

6 Onofre Chura, Jorge Lucio. "Comportamiento físico mecánico del concreto en construcción de viviendas incorporando tereftalato de polietileno picado en la ciudad de Puno.", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru) <1 %
Publicación

7 SNC LAVALIN PERU S.A.. "Modificación del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Pozo Rico-IGA0005184", R.D. N° 199-2019/MINEM-DGAAM, 2020 <1 %
Publicación

8 Quenta Flores, Darwin. "Efecto del reciclado de las fibras de las botellas PET en las propiedades del concreto normal, Puno", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru) <1 %
Publicación

9 Luisa Paulina Viera Arroba. "Factibilidad constructiva de viviendas con muros portantes de fardos de paja energéticamente eficientes y sismo resistentes en la zona andina del Ecuador", Universitat Politecnica de Valencia, 2023 <1 %



FIRMA (Asesor)

Dra. Ing. Rocio Del Pilar Blas Rebaza

DNI 18080838

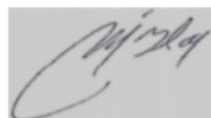
10 Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes <1 %
Trabajo del estudiante

11 Prado, José Alberto Maldonado. "Relación Entre Atención y Aptitud Musical Según la Etapa de Formación Musical en Niños y Niñas de 10 y 11 Años de la Ong Sinfonía por El Perú", Pontificia Universidad Catolica del Peru (Peru), 2023 <1 %
Publicación

12 Norma Cristina Solarte Vanegas. "Efecto en el módulo dinámico de la mezcla asfáltica modificada con añadido de residuos triturados de la industria cerámica", Universitat Politecnica de Valencia, 2022 <1 %
Publicación

13 Molina Mayo, Carlos. "Estudio de la composición y estabilidad de biodiesel obtenido a partir de aceites vegetales limpios y procedentes de aceites de fritura", Universidad de La Laguna (Canary Islands, Spain), 2021 <1 %
Publicación

14 CENTRO DE CONSERVACION DE ENERGIA Y DEL AMBIENTE. "EIA del Proyecto Centrales Termoeléctricas Pampa Salinas - Chilca-



FIRMA (Asesor)

Dra. Ing. Rocío Del Pilar Blas Rebaza

DNI 18080838

IGA0015194", R.D. N° 415-2008-MEM/AAE ,
2021

Publicación

15

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1 %

16

ASESORES Y CONSULTORES MINEROS S.A. -
ACOMISA. "Plan de Cierre Detallado para el
Proyecto de Explotación de Conchuelas de las
Concesiones Diana 1 y Diana 2 - Bella Unión-
IGA0010084", R.D. N° 027-2017-
PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2020

Publicación

<1 %

17

Cubillos Bernal, Fabian Camilo. "Estudio de
morteros adicionados con dióxido de titanio
frente al ataque de sulfatos", Universidad
Distrital Francisco José de Caldas
(Colombia), 2024

Publicación

<1 %

18

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

<1 %

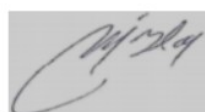
19

Chinchay Poma, Deybi Alejandro. "Análisis de
elementos finitos de concreto simple en
compresión simple y triaxial.", Pontificia
Universidad Católica del Perú - CENTRUM
Católica (Peru), 2021

Publicación

<1 %

Submitted to uncedu



FIRMA (Asesor)

Dra. Ing. Rocio Del Pilar Blas Rebaza

DNI 18080838

20

Trabajo del estudiante

<1 %

21

AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - AMBIDES
S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto Infraestructura de
Disposición Final y Planta de Recuperación y
Tratamiento de Residuos Sólidos de la Ciudad
de La Merced, Distrito y Provincia de
Chanchamayo, Región Junín-IGA0001362",
R.D. N° 097-2014/DSB/DIGESA/SA, 2020

Publicación

<1 %

22

GRUPO G Y A SOLUCIONES GEOAMBIENTALES
SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - GRUPO G Y
A SAC. "EIA-D del Proyecto Construcción de
Sistema de Irrigación Chota-IGA0016359",
R.D.G. N° 010-13-AG-DVM-DGAAA, 2022

Publicación

<1 %

23

JADER RODRIGUEZ CORTINA.
"CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LA
INTENSIFICACION DEL PROCESO DE SECADO
DE TOMILLO (Thymus Vulgaris L.):
APLICACIÓN DE ULTRASONIDOS DE
POTENCIA Y SECADO INTERMITENTE",
Universitat Politecnica de Valencia, 2013

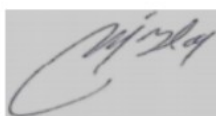
Publicación

<1 %

24

Landeros Barrera, Juan Carlos. "Influencia de
la Adición de la Cal Viva en Concretos

<1 %



FIRMA (Asesor)

Dra. Ing. Rocío Del Pilar Blas Rebaza

DNI 18080838

Elaborados con Agregados Reciclados de
Concreto", Universidad Distrital Francisco José
de Caldas (Colombia)

Publicación

25

PROYECTOS, ASESORIA, SERVICIOS A LA
MINERIA Y ASUNTOS AMBIENTALES SAC -
PASMINGA SAC. "Actualización del Plan de
Cierre de Minas de la Unidad Minera
Suyckutambo-IGA0001346", R.D. N° 160-2016-
MEM/DGAAM, 2020

<1%

Publicación

26

Mucching Toscano, Jorge Antonio. "Evaluación
de Normativas ACI 365.1R y EHE-08 Para la
Predicción de Vida Útil por Ataque de
Cloruros en Edificios Afectados por
Corrosión.", Pontificia Universidad Católica
del Perú (Peru)

<1%

Publicación

27

Nelson A. Tito Salazar, Diego G. Vega
Mercado, Jose L. Ríos Rabelo. "Analysis of the
physical-mechanical properties of a
photoluminescent mortar added with
recycled ground glass", Case Studies in
Construction Materials, 2025

<1%

Publicación

Excluir citas

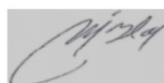
Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo



FIRMA (Asesor)

Dra. Ing. Rocio Del Pilar Blas Rebaza

DNI 18080838





Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Juan Carlos / Cristopher Brahian Anselmo Periche Castro / Día...
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Estudio de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210k...$
Nombre del archivo: PROYECTO_FINAL_Periche_y_Diaz.pdf
Tamaño del archivo: 29.62M
Total páginas: 380
Total de palabras: 56,763
Total de caracteres: 304,843
Fecha de entrega: 07-nov-2025 05:25p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2807106503

 UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Estudio de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210kg/cm^2$, con reemplazo parcial de agregado fino por conchas de abanico y uso de aditivo plastificante chema plast"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

Autores:
Periche Castro, Juan Carlos
Díaz Herquinio, Cristopher Brahian Anselmo

Asesora:
Dra. Ing. Blas Rebaza, Rocío Del Pilar

LAMBAEQUE – PERÚ
2025

FIRMA (Asesor)

Dra. Ing. Rocío Del Pilar Blas Rebaza

DNI 18080838

DEDICATORIA

A mis padres Rosa y José quienes me dieron su apoyo incondicional en cada una de mis etapas de superación personal y me inculcaron los consejos y valores que me ayudaron a crecer como persona.

A mis hermanos quienes me brindaron su apoyo y cariño en los momentos más importantes de mi vida.

Periche Castro, Juan Carlos

Esta investigación está especialmente dedicado a mis padres, porque sin su apoyo, motivación y consejos no podría haber logrado este objetivo. Las bendiciones que he recibido a lo largo de mi vida me cuidan y me orientan en el camino del saber.

Gracias a mis hermanos que han estado conmigo y me apoyaron desde el principio y me dieron fuerzas para continuar.

Diaz Herquinio, Cristopher Brahian Anselmo

AGRADECIMIENTO

A nuestra asesora Dra. Ing. Blas Rebaza Rocío del Pilar, por su constante apoyo y guía durante el desarrollo de esta investigación. Su experiencia, conocimientos y paciencia fueron fundamentales para orientarnos en cada etapa del proceso investigativo, fortaleciendo nuestra formación académica.

Al Ing. William Silva, jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la FICSA – UNPRG, y al técnico Carlos Martínez por brindarnos su apoyo con los instrumentos y materiales de laboratorio para cada uno de los ensayos que se realizaron.

Al Ing. Cristian David Vizconde Beltrán y a la analista Marilyn Catherine Quinteros Vélchez por ayudarnos con el análisis químico de nuestras muestras.

RESUMEN

El presente proyecto tuvo como finalidad evaluar la resistencia a la compresión de un concreto 210 kg/cm² utilizando conchas de abanico (*Argopecten purpuratus*) trituradas como reemplazo parcial del agregado fino, en combinación con un aditivo plastificante. Las conchas fueron previamente procesadas hasta quedar comprendidas entre los tamices N°4 (4.76 mm) y N°100 (0.15mm). Se elaboraron 96 probetas cilíndricas de concreto, distribuidas en cuatro grupos experimentales: concreto patrón y concreto con reemplazos del 5%, 25% y 50% en peso de agregado fino. Cada grupo fue ensayado a compresión a las edades de 7, 14 y 28 días, obteniéndose los valores de resistencia correspondientes. Los resultados evidenciaron que el reemplazo del 25% de arena por conchas de abanico trituradas permitió alcanzar un concreto estructural con un aumento significativo en la resistencia a la compresión respecto al concreto patrón. En consecuencia, se concluye que el uso de conchas de abanico en dicho porcentaje constituye una alternativa viable y sostenible para la producción de concretos destinados a estructuras que requieren resistencia estructural.

Palabras clave: Concreto, Conchas de abanico, Agregado fino, Aditivo plastificante, Resistencia a la compresión, Reemplazo parcial.

ABSTRACT

The purpose of this project was to evaluate the compressive strength of a 210 kg/cm² concrete using crushed scallop shells (*Argopecten purpuratus*) as a partial replacement of the fine aggregate, in combination with a plasticizing admixture. The shells were previously processed until they fell between sieves No. 4 (4.76 mm) and No. 100 (0.15 mm). Ninety-six cylindrical concrete specimens were prepared, distributed into four experimental groups: standard concrete and concrete with 5%, 25% and 50% replacements by weight of fine aggregate. Each group was tested in compression at ages of 7, 14 and 28 days, obtaining the corresponding strength values. The results showed that replacing 25% of sand with crushed scallop shells made it possible to achieve a structural concrete with a significant increase in compressive strength compared to the standard concrete. Consequently, it is concluded that the use of fan shells at this percentage constitutes a viable and sustainable alternative for the production of concrete for structures requiring structural strength.

Keywords: Concrete, Fan shells, Fine aggregate, Plasticizing admixture, Compressive strength, Partial replacement.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes	2
1.2.1 Antecedentes Internacionales.....	2
1.2.2 Antecedentes Nacionales	4
1.3 Realidad problemática	6
1.4 Formulación del problema de investigación	7
1.5 Hipótesis o solución del problema.....	7
1.5.1 Objetivo general	7
1.5.2 Objetivos específicos.....	7
1.6 Justificación.....	8
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	9
2.1 Bases teóricas	9
2.1.1 Concreto.....	9
2.1.2 Cemento	10
2.1.2.1 Clasificación y Uso.	11
2.1.3 Agregados	13
2.1.3.1 Agregado fino.	13
2.1.3.1.1 Gradación.	13
2.1.3.1.2 Módulo de fineza.	15
2.1.3.2 Agregado grueso.	15
2.1.3.2.1 Gradación.	16
2.1.4 Concha de abanico	18
2.1.4.1 Procedencia de las conchas de abanico utilizados en el proyecto.	20
2.1.4.2 Lavado y preparación.	21
2.1.4.3 Trituración y tamizado.	22
2.1.4.4 Propiedades Químicas.	25
2.1.4.5 Propiedades Físicas.	30
2.1.5 Ensayos de Agregado Fino, Conchas de abanico y Agregado Grueso	31
2.1.5.1 Ensayo granulométrico por tamizado	31
2.1.5.1.1 Normativa.....	31
2.1.5.1.2 Finalidad.	31
2.1.5.1.3 Materiales y equipos.	32

2.1.5.1.4 Procedimiento para agregado fino.....	32
2.1.5.1.5 Procedimiento para conchas de abanico trituradas.....	35
2.1.5.1.6 Procedimiento para agregado grueso.....	37
2.1.5.1.7 Cálculo.....	40
2.1.5.2 Ensayo del porcentaje del material más fino que pasa el tamiz N°200.	41
2.1.5.2.1 Normativa.....	41
2.1.5.2.2 Finalidad.	42
2.1.5.2.3 Descripción general.	42
2.1.5.2.4 Materiales y equipos.	42
2.1.5.2.5 Procedimiento para agregado fino.....	42
2.1.5.2.6 Procedimiento para conchas de abanico.	43
2.1.5.2.7 Cálculo	45
2.1.5.3 Ensayo de contenido de humedad.....	46
2.1.5.3.1 Normativa.....	46
2.1.5.3.2 Finalidad.	46
2.1.5.3.3 Materiales y equipos.	46
2.1.5.3.4 Procedimiento para agregado fino.....	46
2.1.5.3.5 Procedimiento para conchas de abanico.	48
2.1.5.3.6. Procedimiento para agregado grueso.....	50
2.1.5.4 Ensayo de peso unitario.....	53
2.1.5.4.1 Normativa.....	53
2.1.5.4.2 Finalidad.	53
2.1.5.4.3 Materiales y equipos.	53
2.1.5.4.4 Procedimiento de peso unitario suelto para agregado fino.	54
2.1.5.4.5 Procedimiento de peso unitario suelto para conchas de abanico.	56
2.1.5.4.6 Procedimiento de peso unitario suelto para agregado grueso.	58
2.1.5.4.7 Procedimiento de peso unitario compactado para agregado fino.....	60
2.1.5.4.8 Procedimiento de peso unitario compactado para conchas de abanico.	62
2.1.5.4.9 Procedimiento de peso unitario compactado para agregado grueso.....	64
2.1.5.5 Ensayo de peso específico y absorción.	66
2.1.5.5.1 Normativa.....	66
2.1.5.5.2 Finalidad.	66
2.1.5.5.3 Descripción general.	66
2.1.5.5.4 Materiales y equipos.	67
2.1.5.5.5 Procedimiento para agregado fino.....	67

2.1.5.5.6 Procedimiento para conchas de abanico.....	73
2.1.5.5.5 Procedimiento para agregado grueso.....	80
2.1.6 Aire.....	83
2.1.7 Agua.....	83
2.1.8 Aditivos.....	84
2.1.9 Propiedades del Concreto Fresco.....	86
2.1.9.1 Trabajabilidad.....	86
2.1.9.2 Segregación.....	86
2.1.9.3 Exudación.....	86
2.1.10 Propiedades del Concreto Endurecido.....	87
2.1.10.1 Módulo de elasticidad.....	87
2.1.10.2 Resistencia a la compresión.....	87
2.1.10.3 Durabilidad.....	87
2.1.10.4 Impermeabilidad.....	87
2.1.11 Ensayo del Concreto en Estado Fresco.....	88
2.1.11.1 Ensayo de asentamiento.....	88
2.1.11.2 Ensayo de temperatura.....	88
2.1.12 Ensayo del Concreto en Estado Endurecido.....	89
2.1.12.1 Resistencia a la compresión del concreto.....	89
2.1.12.1.1 Cálculo.....	90
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA.....	91
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	91
3.1.1 Tipo de investigación.....	91
3.1.1.1 Según el propósito del estudio.....	91
3.1.1.2 Enfoque de la investigación.....	91
3.1.1.3 Alcance del estudio.....	91
3.1.2 Diseño de investigación.....	92
3.1.2.1 Experimental.....	92
3.2 Variables y operacionalización.....	92
3.3 Población y muestra.....	93
3.4 Técnicas e instrumentos de Investigación.....	94
3.4.1 Técnicas.....	94
3.4.1.1 Observación.....	94
3.4.1.2 Medición.....	94
3.4.1.3 Análisis documental.....	94

3.4.2 Instrumentos.....	94
3.4.3 Equipos	95
3.4.4 Materiales.....	95
3.4.4.1 Agregados.....	95
3.4.4.1.1 Ubicación de las canteras.....	95
3.4.4.2 Conchas de abanico.....	98
3.4.4.3 Cemento.	99
3.4.4.4 Aditivo.....	99
3.4.4.5 Agua.	99
3.4.5 Proceso para la obtención de datos	99
3.4.6 Análisis de resultados e interpretación	100
CAPÍTULO 4: PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	101
4.1 Caracterización de los agregados	102
4.1.1 Ensayos del agregado grueso	102
4.1.1.1 Análisis granulométrico del agregado grueso.	102
4.1.1.2 Contenido de humedad del agregado grueso.....	103
4.1.1.3 Peso unitario del agregado grueso.	104
4.1.1.4 Peso específico y absorción del agregado grueso.....	108
4.1.2 Ensayos del agregado fino	109
4.1.2.1 Análisis granulométrico del agregado fino.	109
4.1.2.2 Ensayo de material que pasa el tamiz N°200 en agregado fino.	111
4.1.2.3 Contenido de humedad del agregado fino.....	111
4.1.2.4 Peso unitario del agregado fino.	112
4.1.2.5 Peso específico y absorción del agregado fino.....	116
4.1.3 Ensayos de conchas de abanico.....	117
4.1.3.1 Análisis granulométrico de conchas de abanico.....	117
4.1.3.2 Ensayo de material que pasa el tamiz N°200 en conchas de abanico.....	125
4.1.3.4 Ensayo de humedad de conchas de abanico.	125
4.1.3.4 Ensayo de humedad de conchas de abanico.	126
4.1.3.5 Peso específico de conchas de abanico.	130
4.1.3.6 Absorción de conchas de abanico.....	130
4.2 Diseño de mezcla.....	133
4.3 Cálculo de materiales para el concreto patrón.....	140
4.4 Cantidad de materiales del concreto con conchas de abanico.....	142

4.4.1 Dosificación corregida con reemplazo del 5% de agregado fino por conchas de abanico	144
4.4.1.1 Procedimiento	144
4.4.1.2 Dosificación a escala para elaboración de probetas.....	146
4.4.2 Dosificación corregida con reemplazo del 25% de agregado fino por conchas de abanico	147
4.4.2.1 Procedimiento	147
4.4.2.2 Dosificación a escala para elaboración de probetas.....	149
4.4.3 Dosificación corregida con reemplazo del 50% de agregado fino por conchas de abanico	151
4.4.3.1 Procedimiento	151
4.4.3.2 Dosificación a escala para elaboración de probetas.....	153
4.5 Elaboración de Mezclas y muestras de concreto	154
4.5.1 Tanda Estándar y Muestreo	155
4.5.2 Proceso de Mezclado	156
4.5.3 Procedimiento para Ensayos en Estado Fresco.....	158
4.5.4 Elaboración y Curado de Probetas Cilíndricas	159
4.5.5 Procedimiento para Ensayo de Resistencia a la Compresión	161
CAPÍTULO 5: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	162
5.1 Propiedades del Concreto en Estado Fresco	162
5.1.1 Asentamiento (Slump).....	162
5.1.2 Temperatura del concreto	166
5.2 Ensayos de concreto endurecido.....	167
5.2.1 Resistencia a la compresión.....	167
5.3 Análisis estadístico inferencial.....	177
5.3.1 Análisis de Varianza (ANOVA) para Resistencia a la Compresión	179
CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	194
6.1 Factibilidad técnica.....	194
6.2 Factibilidad ambiental.....	195
6.3 Factibilidad económica	196
6.3.1 Metodología de costos (Conversión de peso a volumen)	196
6.3.1.2 Cálculo de aportes unitarios: (Reemplazo 5%).	198
6.3.1.3 Cálculo de aportes unitarios: (Reemplazo 25%).	199
6.3.1.4 Cálculo de aportes unitarios: (Reemplazo 50%).	199
6.3.2 Aportes unitarios para análisis de costos.....	200
6.3.3 Análisis de precios unitarios (APU) y costo directo	200

CONCLUSIONES	204
RECOMENDACIONES	205
BIBLIOGRAFÍA	206
ANEXOS	212

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Requisitos granulométricos del agregado fino.	14
Tabla 2 Composición química de conchas de abanico.	28
Tabla 3 Edades de ensayos y tolerancias permisibles.	90
Tabla 4 Variables y su operacionalización.	92
Tabla 5 Población y muestra.	93
Tabla 6 Selección de los agregados.	95
Tabla 7 Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso.	102
Tabla 8 Contenido de humedad del agregado grueso.	103
Tabla 9 Resultados del peso unitario suelto y compactado de muestra N° 1.	104
Tabla 10 Resultados del peso unitario suelto y compactado de muestra N° 2.	105
Tabla 11 Resultados del peso unitario suelto y compactado de muestra N° 3.	106
Tabla 12 Peso unitario suelto promedio y compactado promedio del agregado grueso.	107
Tabla 13 Peso específico y absorción del agregado grueso.	108
Tabla 14 Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino.	109
Tabla 15 Porcentaje del material más fino que pasa el tamiz N°200 por lavado en el agregado fino.	111
Tabla 16 Contenido de humedad del agregado fino.	111
Tabla 17 Peso unitario suelto y compactado de Arena de la Cantera La Victoria – M1.	112
Tabla 18 Peso unitario suelto y compactado de Arena de la Cantera La Victoria – M2.	113
Tabla 19 Peso unitario suelto y compactado de Arena de la Cantera La Victoria – M3.	114
Tabla 20 Peso unitario suelto y compactado de Arena de la Cantera La Victoria – Promedio.	115
Tabla 21 Peso específico de agregado fino.	116
Tabla 22 Absorción de agregado fino.	116

Tabla 23 Análisis granulométrico N°01 de conchas de abanico trituradas.	117
Tabla 24 Análisis granulométrico N°02 de conchas de abanico trituradas.	119
Tabla 25 Análisis granulométrico N°03 de conchas de abanico trituradas.	121
Tabla 26 Análisis granulométrico promedio de conchas de abanico trituradas.	123
Tabla 27 Porcentaje del material más fino que pasa el tamiz N°200 por lavado en las conchas de abanico trituradas.	125
Tabla 28 Contenido de humedad de las conchas de abanico trituradas.	125
Tabla 29 Peso unitario suelto y compactado de conchas de abanico trituradas – M1.	126
Tabla 30 Peso unitario suelto y compactado de las conchas de abanico trituradas – M2.	127
Tabla 31 Peso unitario suelto y compactado de las conchas de abanico trituradas – M3.	128
Tabla 32 Peso unitario suelto y compactado de las conchas de abanico trituradas – promedio.	129
Tabla 33 Peso específico de las conchas de abanico.	130
Tabla 34 Absorción de las conchas de abanico.	130
Tabla 35 Resumen de propiedades físicas de conchas de abanico trituradas.	131
Tabla 36 Resumen de propiedades físicas de los agregados utilizados en la investigación.	132
Tabla 37 Resistencia a la compresión promedio requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.	133
Tabla 38 Valores límite de asentamiento (máximo y mínimo) establecidos por el ACI de acuerdo con el tipo de estructura.	134
Tabla 39 Diseño de mezcla.	136
Tabla 40 Cantidad de materiales para la tanda estándar (para producir 4 probetas).	141
Tabla 41 Cantidad de materiales para producir 4 probetas con reemplazo del 5% de agregado fino por conchas de abanico.	147

Tabla 42 Cantidad de materiales para producir 4 probetas con reemplazo del 25% de agregado fino por conchas de abanico.	150
Tabla 43 Cantidad de materiales para producir 4 probetas con reemplazo del 50% de agregado fino por conchas de abanico.	154
Tabla 44 Resultados del Ensayo de Asentamiento (Slump) por Tipo de Concreto.....	162
Tabla 45 Temperatura del concreto fresco por tipo de mezcla.....	166
Tabla 46 Promedio de resistencia a la compresión de los grupos experimentales (según porcentaje de reemplazo y edad de curado).....	167
Tabla 47 Variación porcentual de la resistencia promedio a la compresión de los diferentes porcentajes de reemplazo de concha de abanico con respecto al concreto patrón.	173
Tabla 48 Comparativa de aportes unitarios por tipo de concreto.	200

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cemento Portland Pacasmayo compuesto tipo ICo extraforte.	12
Figura 2 Parámetros granulométricos del agregado grueso.	17
Figura 3 Conchas de abanico (<i>Argopecten purpuratus</i>).	18
Figura 4 Concha de abanico triturada (Material compuesto por carbonato de calcio (CaCO ₃)).	19
Figura 5 Recolección de conchas de abanico.	20
Figura 6 Recolección y acarreo de conchas de abanico.	21
Figura 7 Lavado a presión de conchas de abanico.	21
Figura 8 Máquina de los Ángeles (Tambor cilíndrico rotatorio de acero).	22
Figura 9 Trituración de conchas de abanico.	23
Figura 10 Cuerpos molidores.	23
Figura 11 Conchas de abanico fragmentadas.	24
Figura 12 Preparación del material para su respectivo tamizado.	24
Figura 13 Tamizado del material triturado en el tamiz de 3/8" para su clasificación como agregado fino.	25
Figura 14 Tamizado de conchas de abanico que pasen el tamiz N°100.	25
Figura 15 Tamizado de conchas de abanico que pasen el tamiz N°100.	26
Figura 16 Muestra de 100 g de conchas de abanico trituradas que pasan el tamiz N° 100. ..	26
Figura 17 Proceso de digestión y preparación de la muestra triturada en fiola aforada, previo a su análisis mediante espectrometría ICP- OES.	27
Figura 18 Cuarteo y toma de muestra de agregado fino.	32
Figura 19 Colocación de muestra de agregado fino en la estufa.	33
Figura 20 Preparación de 1 kg de agregado fino para el respectivo tamizado.	33
Figura 21 Tamizado del agregado fino.	34

Figura 22 Peso de cada retenido de agregado fino.	34
Figura 23 Cuarteo y toma de muestra de conchas de abanico trituradas.	35
Figura 24 Colocación de muestra de concha de abanico en la estufa.	36
Figura 25 Tamizado de 1 kg de conchas de abanico trituradas.	36
Figura 26 Pesos retenidos de conchas de abanico trituradas.	37
Figura 27 Cuarteo de agregado grueso.	38
Figura 28 Toma de agregado grueso.	38
Figura 29 Colocación de agregado grueso en la estufa.	39
Figura 30 Tamizado de agregado grueso.	39
Figura 31 Peso retenidos de agregado grueso en cada uno de los recipientes.	40
Figura 32 Lavado de muestra de agregado fino con el tamiz N°200.	43
Figura 33 Lavado de muestra de las conchas de abanico trituradas con el tamiz N°200.	44
Figura 34 Lavado de muestra de las conchas de abanico trituradas con el tamiz N°200.	44
Figura 35 Muestra seca de concha de abanico triturada después del lavado en el tamiz N°200.	45
Figura 36 Muestra de agregado fino en estado húmedo.	47
Figura 37 Colocación de muestra húmeda de agregado fino en la estufa.	47
Figura 38 Peso de la muestra seca de agregado fino.	48
Figura 39 Muestra de conchas de abanico trituradas en estado húmedo.	49
Figura 40 Colocación de muestra húmeda de conchas de abanico en la estufa.	49
Figura 41 Peso de la muestra seca de conchas de abanico.	50
Figura 42 Muestra de agregado grueso en estado húmedo.	51
Figura 43 Colocación de muestra húmeda de agregado grueso en la estufa.	51
Figura 44 Peso de muestra seca de agregado grueso.	52
Figura 45 Peso y volumen del molde para agregado fino en peso unitario suelto.	54

Figura 46 Colocación de la muestra de agregado fino en el molde.	54
Figura 47 Nivelación del molde con la varilla.	55
Figura 48 Peso y volumen del molde para agregado fino en peso unitario suelto.	56
Figura 49 Colocación de la muestra de las conchas de abanico en el molde.	56
Figura 50 Nivelación del molde con la varilla.	57
Figura 51 Peso y volumen del molde para agregado grueso en peso unitario suelto.	58
Figura 52 Colocación de la muestra del agregado grueso en el molde.	58
Figura 53 Nivelación del molde con la varilla.	59
Figura 54 Compactación de cada una de las capas de agregado fino en el molde.	60
Figura 55 Peso del molde con el agregado fino.	61
Figura 56 Compactación de cada una de las capas de conchas de abanico en el molde.	62
Figura 57 Peso del recipiente con la muestra compactada de conchas de abanico.	63
Figura 58 Compactación de cada una de las capas de agregado grueso en el molde.	64
Figura 59 Peso del recipiente con la muestra compactada de agregado grueso.	65
Figura 60 Muestra seca de agregado fino.	68
Figura 61 Saturación de muestra de agregado fino.	68
Figura 62 Extracción del agua de la muestra de agregado fino.	69
Figura 63 Muestra de agregado fino expuesta en la intemperie.	69
Figura 64 Muestra saturada superficialmente seca en el cono de Abrams.	70
Figura 65 Asentamiento de la muestra saturada superficialmente seca en el cono de Abrams.	70
Figura 66 Vertido de 500 g de muestra superficialmente seca en el matraz.	71
Figura 67 Matraz con la muestra de 500 g con agua destilada hasta su máxima capacidad. .	71
Figura 68 Muestra de agregado fino luego haberla secado en el horno para su respectivo peso.	72

Figura 69 Cuarteo de conchas de abanico.	73
Figura 70 Muestra representativa de conchas de abanico para el ensayo.	73
Figura 71 Muestra de conchas de abanico trituradas llevadas a la estufa.	74
Figura 72 Peso del recipiente y con la muestra seca, pesaremos 1 kg para el ensayo.	74
Figura 73 Muestra saturada de conchas de abanico durante 24 horas.	75
Figura 74 Muestra saturada de conchas de abanico expuesta a la intemperie.	75
Figura 75 Muestra en estado saturado superficialmente seca debido al revenimiento.	76
Figura 76 Llenamos el matraz con la muestra y usamos agua destilada.	76
Figura 77 Estado de la muestra junto con el agua destilada luego de 24 horas.	77
Figura 78 Peso de la muestra con el matraz y el agua destilada.	77
Figura 79 Eliminación del agua del matraz.	78
Figura 80 Colocación de la muestra en un recipiente para su posterior colocación en la estufa.	78
Figura 81 Colocación de la muestra en la estufa.	79
Figura 82 Peso de la muestra seca de conchas de abanico luego de haber estado en la estufa durante 24 horas.	79
Figura 83 Eliminación del agua superficial en la muestra con una franela.	81
Figura 84 Peso de la muestra saturada superficialmente seca.	81
Figura 85 Medición del peso sumergido con la canastilla.	82
Figura 86 Recorrido hacia la cantera "La Victoria".	96
Figura 87 Recorrido hacia la cantera "Tres Tomas".	96
Figura 88 Visita a la planta Chancadora Corporación Asfaltos y Pavimentos Castillo S.A.C.	97
Figura 89 Materiales agregados clasificados en planta chancadora.	97
Figura 90 Acopio de Agregado Grueso de 1/2".	98

Figura 91 Ruta de Chiclayo a Piura.	98
Figura 92 Playa de Chuyillachi.....	99
Figura 93 Diagrama de flujo del proceso de la investigación.	100
Figura 94 Curva granulométrica del agregado grueso.	103
Figura 95 Curva granulométrica del agregado fino.	110
Figura 96 Curva granulométrica N°1 de conchas de abanico trituradas.	118
Figura 97 Curva granulométrica N°2 de conchas de abanico trituradas.	120
Figura 98 Curva granulométrica N°3 de conchas de abanico trituradas.	122
Figura 99 Curva granulométrica promedio de conchas de abanico trituradas.	124
Figura 100 Aditivo Chema Plast y sus respectivos rangos de aplicación en mezclas de concreto.	142
Figura 101 Materiales dosificados para una tanda estándar del concreto patrón.	155
Figura 102 Materiales dosificados para las tandas estándar con reemplazo al 5%, 25% y 50% por conchas de abanico, respectivamente.....	156
Figura 103 Incorporación de agregado grueso a la mezcladora.	157
Figura 104 Aditivo Chema Plast mezclado con el agua de diseño (para mezclas con reemplazo).	157
Figura 105 Incorporación del agregado fino en la mezcladora.	158
Figura 106 Realización del ensayo de asentamiento.	159
Figura 107 Moldes metálicos para elaboración de probetas.	160
Figura 108 Llenado y compactación de probetas.	160
Figura 109 Asentamiento del concreto según el porcentaje de reemplazo del agregado fino.	163
Figura 110 Slump de 10.8cm (4.25”) del concreto patrón.	164
Figura 111 Slump de 9.7cm (3.819”) del concreto con 5% de conchas de abanico.....	164

Figura 112 Slump de 9.7cm (3.819’’) del concreto con 5% de conchas de abanico.....	165
Figura 113 Slump de 8.15 cm (3.209’’) del concreto con 25% de conchas de abanico.....	165
Figura 114 Slump de 7.9cm (3.11’’) de concreto con 50% de conchas de abanico.....	166
Figura 115 Curva de resistencia promedio a la compresión de los diferentes grupos experimentales con respecto al tiempo.....	169
Figura 116 Resistencia promedio a la compresión de los diferentes porcentajes de reemplazo de concha de abanico.....	171
Figura 117 Evolución de la variación porcentual de la resistencia promedio a la compresión respecto al concreto patrón (%).	175
Figura 118 Estadísticos Descriptivos de la Resistencia a la Compresión (kg/cm ²) por Porcentaje de Reemplazo y Edad de Curado.....	180
Figura 119 Prueba de Levene de Igualdad de Varianzas de Error para Resistencia a la Compresión.....	181
Figura 120 Resultados de la Prueba ANOVA de Efectos Inter-Sujetos para la variable dependiente Resistencia a la Compresión (kg/cm ²).	183
Figura 121 Resultados de la prueba post hoc de Tukey HSD para comparaciones múltiples del factor porcentaje sobre la resistencia a la compresión.	185
Figura 122 Subconjuntos Homogéneos para la Resistencia a la Compresión (kg/cm ²) según el Porcentaje de Reemplazo (Tukey HSD).....	187
Figura 123 Resultados de la prueba post hoc de Tukey HSD para comparaciones múltiples del factor edad en días sobre la resistencia a la compresión.	189
Figura 124 Subconjuntos Homogéneos para la Resistencia a la Compresión (kg/cm ²) según la Edad en días (Tukey HSD).	190
Figura 125 Evolución de la resistencia a la compresión (f’c) según la edad del concreto y el porcentaje de reemplazo de agregado fino por conchas de abanico.	192

Figura 126 Análisis de Precios Unitarios (APU) para 1 m ³ de Concreto Patrón $f_c=210$ kg/cm ² , detallando los costos de materiales, mano de obra y equipos.....	201
Figura 127 Análisis de Precios Unitarios (APU) para 1 m ³ de Concreto $f_c=210$ kg/cm ² con 5% de reemplazo de agregado fino por conchas de abanico, detallando costos de materiales (incluye conchas y aditivo), mano de obra y equipos.	201
Figura 128 Análisis de Precios Unitarios (APU) para 1 m ³ de Concreto $f_c=210$ kg/cm ² con 25% de reemplazo de agregado fino por conchas de abanico, detallando costos de materiales (incluye conchas y aditivo), mano de obra y equipos.	202
Figura 129 Análisis de Precios Unitarios (APU) para 1 m ³ de Concreto $f_c=210$ kg/cm ² con 50% de reemplazo de agregado fino por conchas de abanico, detallando costos de materiales (incluye conchas y aditivo), mano de obra y equipos.	202

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

1.1 Introducción

En la búsqueda de alternativas económicas y sostenibles para la construcción, los recursos naturales disponibles en diversas regiones del país desempeñan un papel fundamental. Un ejemplo es el uso de conchas de abanico, abundantes en el norte del país, especialmente en Piura, cuyo alto contenido de carbonato de calcio les otorga potencial como sustituto parcial del agregado fino en las mezclas de concreto.

No obstante, su aplicación presenta desafíos, particularmente en la trabajabilidad y homogeneidad de la mezcla. Para contrarrestar estas limitaciones, se empleó un aditivo plastificante que mejora la trabajabilidad de la mezcla y optimiza la relación agua/cemento, compensando en parte la alta absorción de las conchas y favoreciendo la cohesión, compactación y el acabado del concreto.

El objetivo del presente estudio es determinar si el concreto fabricado con reemplazos parciales de agregado fino por conchas de abanico trituradas, en combinación con un aditivo plastificante, puede alcanzar o superar las resistencias requeridas frente a un concreto convencional. Asimismo, se evaluó ensayos la evolución de la resistencia a 7,14 y 28 días, con el fin de identificar las condiciones más favorables para su uso como alternativa en la industria de la construcción.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Antecedentes Internacionales

Prabha, Mohanalakshmi, Hema y Indhu (2017), en su investigación titulada *"Developing Concrete using Sea Shell as a Fine Aggregate"* [Desarrollo de concreto usando conchas marinas como agregado fino], evaluaron la viabilidad de reemplazar parcialmente la arena natural por conchas marinas trituradas como agregado fino en la producción de concreto.

Se elaboraron mezclas con diferentes porcentajes de reemplazo (0%, 20%, 40%, 60%, 80% y 100%) y se evaluaron sus propiedades mecánicas mediante ensayos de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción por división y resistencia a la flexión a los 7 y 28 días de curado.

Los autores concluyeron que la incorporación de conchas marinas trituradas incrementa la resistencia del concreto tanto a compresión, como a tracción indirecta y flexión, alcanzando el mejor desempeño con un reemplazo del 80% del agregado fino. Sin embargo, al llegar al 100% la resistencia disminuye, y recomendaron futuros estudios de durabilidad y de combinaciones con otros materiales como la ceniza volante.

Mohamed y Cherradi (2023), realizaron la investigación titulada *"Seashell as Aggregate in Cemented Materials: A Review"* [Las conchas marinas como agregado en materiales cementados: Una reseña], cuyo objetivo principal fue analizar el potencial de las conchas marinas como agregados en materiales cementados, tales como el concreto ordinario, morteros y concreto permeable.

Para ello los autores reunieron y evaluaron estudios previos sobre la caracterización física, química y mecánica de distintos tipos de conchas (ostras, mejillones, abanico, caracoles), considerando procesos de preparación como el lavado, secado y trituración. Asimismo, se

examinaron los efectos del uso de conchas en la resistencia a la compresión, la densidad, la trabajabilidad y la durabilidad del concreto.

Los resultados evidenciaron que las conchas presentan un alto contenido de carbonato de calcio y que su absorción de agua puede variar entre 0.1% y 12.9%, llegando en algunos casos a superar el límite recomendado por la normativa ACI. Se concluyó que, en concreto ordinario, el reemplazo de arena por conchas no debería superar el 25% para mantener propiedades mecánicas aceptables, mientras que en concreto permeable pueden utilizarse porcentajes mayores a costa de reducir la resistencia. Finalmente, los autores señalaron que las conchas finamente molidas pueden emplearse como adición mineral sin afectar negativamente el proceso de hidratación del cemento.

Zaimy y Abdul (2023) realizaron la investigación titulada "*A Review on Sea Shells Waste as Partial Replacement of Fine Aggregate in Concrete*" [Una revisión sobre los residuos de conchas marinas como reemplazo parcial del agregado fino en el hormigón], el objetivo principal fue analizar el potencial de los desechos de conchas marinas como sustituto parcial del agregado fino natural en la fabricación de concreto, atendiendo tanto al aspecto técnico como a la sostenibilidad ambiental.

Los autores recopilaron y revisaron múltiples investigaciones internacionales realizadas entre 2013 y 2022, en las que se evaluaron diferentes especies de conchas (como conchas de berberecho y conchas de ostras) en porcentajes de reemplazo que iban desde 5% hasta 100%. El análisis se centró en la caracterización física del material (densidad, granulometría, absorción) y en sus efectos sobre propiedades mecánicas del concreto como la resistencia a la compresión, la tracción indirecta y la trabajabilidad.

Los resultados de la revisión evidencian que los porcentajes bajos y moderados de reemplazo, en particular entre 5% y 20%, permiten mejorar o mantener las propiedades mecánicas del concreto. En cambio, niveles altos de sustitución generan una disminución

notable de la resistencia, limitando su aplicación estructural. De este modo, los autores concluyen que los desechos de conchas marinas representan una alternativa viable y sostenible como agregado fino, siempre que se controlen las proporciones de uso y se complementen con estrategias que reduzcan la absorción de agua.

1.2.2 Antecedentes Nacionales

Cueva (2019), investigó sobre ***“Influencia del uso de residuo de concha de abanico como reemplazo de agregado en la porosidad del concreto”***, el objetivo fue evaluar el efecto de los residuos triturados de concha de abanico sobre la porosidad del concreto. Para ello, se elaboraron mezclas de concreto en las que el agregado fino fue reemplazado parcialmente en proporciones de 5%, 20%, 40% y 60%, con tamaños de partícula entre 4.76 mm y 1.19 mm, manteniendo una relación agua/cemento de 0.45 y un asentamiento de 4” para garantizar la trabajabilidad.

El plan metodológico comprendió la preparación de probetas y la evaluación de propiedades tanto en estado fresco (trabajabilidad, peso unitario y contenido de aire) como en estado endurecido (resistencia a la compresión y porosidad).

Los resultados mostraron que el uso de conchas trituradas modificó el comportamiento del concreto, afectando varias propiedades. No obstante, a un 60% de reemplazo, se observó que la trabajabilidad se mantenía dentro de rangos aceptables, la resistencia a la compresión no se reducía significativamente y, de manera destacable, la porosidad tendía a disminuir conforme se incrementaba el porcentaje de concha, lo cual implica un concreto más compacto.

Laura y Tong (2019), en su tesis titulada ***“Concreto modificado con conchas de abanico y aditivo Sikacem Plastificante para mejorar las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido”***, estudiaron el efecto de reemplazar parcialmente el agregado

fino por conchas de abanico trituradas (tamices N°4 a N°100, 4.76–0.15 mm) en el concreto, incorporando además el aditivo SikaCem plastificante. El objetivo principal fue determinar si este reemplazo podía mejorar las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido, específicamente su resistencia a compresión, tracción y flexión, bajo un diseño de mezcla con resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Para ello, elaboraron un total de 72 probetas cilíndricas y 24 vigas prismáticas, distribuidas en un concreto patrón y tres grupos experimentales con reemplazos del 5%, 35% y 65% de agregado fino por conchas de abanico. Se siguieron normas técnicas peruanas (NTP) para ensayos de concreto fresco y endurecido, y se evaluaron propiedades como trabajabilidad, peso unitario y contenido de aire en estado fresco, así como resistencia a compresión, tracción y flexión a distintas edades en estado endurecido.

Los resultados mostraron que el uso de conchas de abanico trituradas, junto con el plastificante, permitió obtener resistencias mecánicas superiores a las del concreto patrón de 210 kg/cm^2 . En particular, los reemplazos intermedios (35%) lograron mejoras significativas en las tres propiedades evaluadas, mientras que a mayores porcentajes (65%) aún se alcanzaron resistencias aceptables, aunque con menor desempeño comparativo. En conclusión, la investigación evidenció que la combinación de material reciclado y aditivo químico es una alternativa viable para producir concretos sostenibles con buen desempeño estructural.

1.3 Realidad problemática

En los últimos años, la zona de Sechura, ubicada en la costa norte del Perú, ha experimentado un crecimiento significativo en la producción acuícola de concha de abanico, alcanzando cifras de hasta el 80% de la producción nacional y el 50% de la producción sudamericana (Lomovasky et al., 2015). Sin embargo, este auge ha generado una problemática ambiental considerable debido a la acumulación de residuos de conchas, que ascienden a más de 100,000 toneladas métricas anuales. Estos residuos, cuando son dispuestos inadecuadamente, deterioran el paisaje costero y producen polvo fino que, al ser inhalado, puede afectar la salud pública con enfermedades respiratorias crónicas (Flores & Mazza, 2014).

Por otro lado, la industria de la construcción enfrenta una creciente presión ambiental por la extracción de agregados naturales, especialmente arena y grava. La explotación intensiva de canteras y cauces fluviales ha generado un impacto ecológico significativo en la región, como lo demuestran estudios enfocados en buscar alternativas al agregado fino virgen en Chiclayo. Esto contribuye al deterioro de la calidad del suelo y el agua, comprometiendo el uso de este recurso vital por parte de las comunidades cercanas (Quiroz Suarez, 2021).

Frente a esta convergencia de problemáticas, residuos masivos de conchas y presión creciente sobre los recursos naturales, surge la necesidad de buscar soluciones sostenibles. Una alternativa es reutilizar las conchas de abanico trituradas como reemplazo parcial del agregado fino en la producción de concreto. Esta estrategia permite no solo reducir los residuos acumulados, sino también disminuir la extracción de materiales naturales,

fomentando prácticas constructivas más sostenibles. Asimismo, el empleo de aditivos plastificantes, como Chema Plast, garantiza la trabajabilidad y cohesión del concreto, sin comprometer su resistencia estructural.

1.4 Formulación del problema de investigación

¿Qué comprenderá el estudio de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, reemplazando parcialmente agregado fino por conchas de abanico y uso de aditivo plastificante chema plast?

1.5 Hipótesis o solución del problema

Se incrementará la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, reemplazando parcialmente agregado fino por conchas de abanico y uso de aditivo plastificante chema plast.

1.5.1 Objetivo general

Estudiar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, reemplazando parcialmente el agregado fino por conchas de abanico y uso de aditivo plastificante chema plast.

1.5.2 Objetivos específicos

-Determinar las características físicas y químicas del material sustituyente en el diseño de mezcla del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

-Realizar un análisis comparativo de la resistencia a compresión en los concretos con los materiales propuestos.

-Encontrar el porcentaje óptimo de sustitución del agregado fino por conchas de abanico (5%, 25% y 50% respectivamente) que nos permita obtener la mejor resistencia en el concreto.

- Realizar el diseño de mezclas de las probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con cada uno de los porcentajes propuestos tomando en cuenta el Método del Comité 211.1 ACI (American Concrete Institute).

-Realizar un análisis costo-beneficio de los concretos diseñados con el material sustituyente propuesto.

1.6 Justificación

La presente investigación se justifica en primer lugar por su *relevancia ambiental*. La acumulación masiva de residuos de conchas de abanico en la zona de Sechura constituye un serio problema de contaminación, tanto visual como sanitaria. Aprovechar este subproducto como insumo en el concreto permite reducir la disposición inadecuada de residuos en playas y botaderos, mitigando su impacto negativo en la salud pública y en los ecosistemas costeros.

En segundo lugar, la investigación tiene una *justificación técnica y científica*, pues plantea una alternativa innovadora para sustituir parcialmente el agregado fino en el concreto. Los ensayos estadísticos muestran que las conchas trituradas, junto con aditivos plastificantes, pueden cumplir una función estructural y asegurar la trabajabilidad de la mezcla, aportando al desarrollo de materiales de construcción sostenibles.

Asimismo, la investigación posee *relevancia social y económica*, al proponer un concreto con conchas de abanico como alternativa viable frente al uso de agregados naturales, reduciendo la contaminación marina y promoviendo un uso responsable de los recursos en beneficio de la construcción y de las comunidades costeras.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Bases teóricas

2.1.1 Concreto

El concreto es considerado el material de construcción más utilizado a nivel mundial por su versatilidad y durabilidad.

Se trata de un material compuesto que resulta de la mezcla de cemento Portland, agregados finos, agregados gruesos y agua, con la posible inclusión de aditivos químicos y adiciones minerales. La pasta de cemento hidratada actúa como aglutinante que une a los agregados, formando una masa sólida capaz de soportar esfuerzos de compresión significativos. Esta definición resalta la naturaleza heterogénea del concreto y su capacidad para ser modificado según las necesidades del proyecto. (Van Oss, 2005)

El concreto se puede describir como un sistema complejo en el cual el cemento Portland y el agua reaccionan químicamente para producir geles de silicato cálcico hidratado (C-S-H), responsables de la resistencia y cohesión del material. Al mismo tiempo, la microestructura del concreto puede ser optimizada mediante la incorporación de aditivos y el control de la relación agua/cemento, lo que permite ajustar propiedades como la trabajabilidad, durabilidad, resistencia a sulfatos o control del calor de hidratación. (Li, Zhou, Ma y Hou, 2022)

En conjunto, estas perspectivas muestran que el concreto no solo es un material estructural esencial, sino también un producto tecnológico en constante evolución, cuyo desempeño depende tanto de su composición como de las condiciones de fabricación y curado.

2.1.2 Cemento

El cemento es un aglutinante hidráulico de origen inorgánico, finamente molido, que al mezclarse con agua reacciona químicamente y forma una pasta que fragua y endurece, manteniendo su resistencia incluso en medios húmedos. (Lavagna, 2022)

Este material constituye la base del concreto moderno, ya que actúa como agente de unión entre los agregados finos y gruesos, asegurando la cohesión y la integridad estructural de las mezclas cementicias. (Scadeillas, Magniont, Amziane y Nozahic, 2013)

Los cementos hidráulicos pueden clasificarse en distintos tipos como el Portland común, de alta resistencia temprana o resistente a los sulfatos en función de los requerimientos técnicos y ambientales de cada proyecto. La correcta selección del tipo de cemento y el uso de aditivos químicos permiten optimizar tanto el desempeño mecánico como la durabilidad de las estructuras de concreto. (ACI, 2016)

El cemento Portland es el tipo más utilizado a nivel mundial, gracias a su versatilidad, alta disponibilidad y capacidad de desarrollar resistencias mecánicas adecuadas para aplicaciones estructurales. Su producción, sin embargo, implica procesos energéticamente intensivos, lo que motiva la búsqueda de adiciones minerales y alternativas sostenibles. (Van Oss, 2005)

En síntesis, el cemento no solo es un insumo esencial en la construcción, sino también un material cuya composición, tipo y control de calidad determinan en gran medida las propiedades del concreto fresco y endurecido. Su estudio y adecuada utilización constituyen una parte fundamental de la ingeniería civil moderna.

2.1.2.1 Clasificación y Uso. Según la Norma Técnica Peruana, NTP 334.009:2023

(*Cementos. Cementos Portland*), los cementos Portland se clasifican en cinco tipos principales:

- **Tipo I:** De uso general, sin propiedades especiales.
- **Tipo II:** Con resistencia moderada a sulfatos y calor de hidratación.
- **Tipo III:** Formulado para alcanzar altas resistencias iniciales.
- **Tipo IV:** Empleado cuando se requiera bajo calor de hidratación.
- **Tipo V:** Diseñado para ambientes con elevada concentración de sulfatos.

Además, la NTP 334.090:2024 (*Cementos Portland con adiciones. Requisitos*), amplía esta clasificación incorporando cementos adicionados como el Tipo ICo (con filler calizo) y el Tipo IMS (con adiciones mixtas, con moderada resistencia a los sulfatos), entre otros.

- **Tipo ICo:** Cemento Portland compuesto que puede incorporar hasta un 30% de materiales inertes, principalmente el filler calizo (polvo de piedra caliza finamente molido), lo que mejora ciertas propiedades de la mezcla y reduce la demanda del clínker.
- **Tipo IMS:** Variante del cemento Portland tipo I, formulada para ofrecer una resistencia moderada frente al ataque de sulfatos. Se recomienda en obras con exposición a ambientes sulfatados de intensidad media, como sistemas de drenaje o estructuras en contacto con agua subterráneas con contenido de sulfatos superior al normal, pero no en condiciones de alta agresividad.

Con base en lo anterior para el diseño de mezcla se utilizó el cemento Portland compuesto Tipo ICo, debido a que en la región Lambayeque su comercialización es más frecuente que la del Portland tipo I. Este cemento Portland incorpora hasta un 30% de filler calizo, que, aunque no reacciona químicamente como el clínker, mejora la trabajabilidad del concreto y reduce el calor de hidratación, beneficioso en climas cálidos o en elementos de gran volumen. Asimismo, al requerir menos clínker en su fabricación, disminuye las emisiones de CO_2 , lo que lo convierte en una alternativa más sostenible.

Figura 1

Cemento Portland Pacasmayo compuesto tipo ICo extraforte.



Nota. Elaboración propia

2.1.3 Agregados

Son materiales inorgánicos esenciales en concreto y morteros, pues al combinarse con cemento y agua constituyen la mayor parte del volumen de la mezcla.

Según Alexander y Mindess (2010), los agregados comprenden partículas como arena, grava o piedra triturada que dan soporte estructural y reducen costos al disminuir la necesidad de cemento. Además, dichos agregados deben estar libres de impurezas como barro, limo o materia orgánica, ya que estas pueden dificultar la unión con la pasta de cemento.

2.1.3.1 Agregado fino. Es un material granular compuesto por partículas pequeñas que pasan a través del tamiz N°3/8 y al menos el 95% de estas partículas pasan por el tamiz N°4, quedando retenidas en la malla N°200. (NTP 400.037, 2021)

El agregado fino consiste en partículas pequeñas que llenan los espacios entre los agregados gruesos y contribuyen a la cohesión y trabajabilidad del concreto. Su función es optimizar la densidad de la mezcla y facilitar la distribución homogénea de la pasta cementante. (Alexander y Mindess, 2010)

2.1.3.1.1 Gradación. Para garantizar un buen desempeño del concreto, el agregado fino debe cumplir con ciertos requisitos granulométricos. La granulometría influye en la trabajabilidad, la cohesión y la resistencia de la mezcla. Se muestran los límites establecidos para el agregado fino en la siguiente tabla. (NTP 400.037, 2021)

Tabla 1

Requisitos granulométricos del agregado fino.

Tamiz	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8")	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
600 μm (N° 30)	25 a 60
300 μm (N° 50)	5 a 30
150 μm (N° 100)	0 a 10
75 μm (N° 200)	0 a 3.0 ^{A, B}

^A En concretos que no estarán expuestos a condiciones de abrasión, la fracción de partículas que pasa por el tamiz N°200 (75 μm) no debe superar el 5 % del total del agregado.

^B En el caso de agregado fino manufacturado, si el material que pasa el tamiz N°200 (75 μm) corresponde a polvo de trituración libre de arcilla o esquistos, su contenido no debe exceder el 5 % en concretos sujetos a abrasión y el 7 % en concretos no expuestos a ella.

Nota: Basado en la NTP 400.037:2021 – Agregados

2.1.3.1.2 Módulo de fineza. El módulo de finura es un factor empírico que se calcula sumando los porcentajes retenidos de un agregado en una serie normalizada de tamices :1 1/2” (38.1 mm), 3/4” (19.0 mm), 3/8” (9.5 mm), N° 4 (4.75 mm), N° 8 (2.36 mm), N° 16 (1.18 mm), N° 30 (600 μm), N° 50 (300 μm), N° 100” (150 μm), dividiendo el total entre 100. Este índice permite describir la granulometría del agregado y, en consecuencia, estimar la cantidad de agua necesaria para obtener mezclas de concreto con consistencias similares. (U.S. Army Corps of Engineers, 1980)

Según la NTP 400.037 (2021), el módulo de finura será superior a 2.3 e inferior a 3.1.

Con base en lo previamente señalado, se usó el agregado fino proveniente de la cantera “La Victoria”, las cuales se caracterizaban por tener partículas limpias, polvo, partículas blandas, libres de materia orgánica y otro tipo de sustancias dañinas.

2.1.3.2 Agregado grueso. El agregado grueso está conformado por partículas que quedan retenidas en el tamiz N.º 4 (4,75 mm).

Estas especificaciones señalan que el material puede incluir piedra partida, grava natural o triturada, concreto reciclado y otros agregados adecuados, siempre que cumplan con los requisitos de calidad, durabilidad y limpieza. (NTP 400.037, 2021)

Las normas técnicas recomiendan que los agregados gruesos presenten formas angulares o semiangulares, sean compactos, resistentes y con textura rugosa, además de estar libres de impurezas como polvo, sales, humus, materia orgánica u otros contaminantes, ya que estos pueden afectar negativamente la adherencia con la pasta de cemento. (NTP 400.037, 2021)

Respecto a las exigencias mecánicas, los agregados deben poseer suficiente resistencia para garantizar el desempeño estructural del concreto, y que su selección debe realizarse conforme a los límites establecidos en las normas ASTM y NTP vigentes. (Vivanco, 2021, p. 21)

De acuerdo con lo descrito se utilizó agregado grueso de diámetro nominal 1/2", proveniente de la cantera *Tres Tomas*, el cual presentó partículas limpias y libres de sustancias perjudiciales. Este material fue sometido a un proceso de zarandeo para asegurar la eliminación de fracciones no deseadas y garantizar su idoneidad en el diseño de mezcla.

2.1.3.2.1 Gradación. El agregado grueso es esencial para la resistencia y rigidez del concreto. Según la NTP 400.037:2021, debe cumplir con parámetros granulométricos específicos que aseguren una adecuada distribución de partículas. Un control adecuado de esta gradación mejora tanto la trabajabilidad como la durabilidad del concreto.

A continuación, se presentan los requisitos granulométricos para el agregado grueso utilizado en este estudio:

Figura 2

Parámetros granulométricos del agregado grueso.

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ ")	75 mm (3 ")	63 mm (2 ½ ")	50 mm (2 ")	37.5 mm (1 ½ ")	25 mm (1 ")	19 mm (¾ ")	12.5 mm (1/2 ")	9.5 mm (3/8 ")	4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)	1.18 mm (N°16)	300 µm (N°50)
1	90mm a 37.5 mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	....	25 a 60	....	0 a 15	....	0 a 5	....	....	....	....	....
2	63mm a 37.5 mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	....	....	100	90 a 100	30 a 70	0 a 15	....	0 a 5	....	....	....	....	....
3	90mm a 37.5 mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	....	....	....	100	90 a 100	30 a 70	0 a 15	....	0 a 5	....	....	....	....
357	50mm a 4.75 mm (2 pulg a N°4)	....	....	....	100	95 a 100	....	35 a 70	....	10 a 30	....	0 a 5	....	....
4	37.5mm a 19 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	....	....	....	....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	....	0 a 5	....	....	....
467	37.5mm a 4.75 mm (1 ½ pulg a N°4)	....	....	....	....	100	95 a 100	....	35 a 70	....	10 a 30	0 a 5	....	....
5	25.0mm a 12.5 mm (1 pulg a ½ pulg)	....	....	....	....	....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	....	....	....
56	25.0mm a 9.5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)	....	....	....	....	....	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	....	....
57	25.0mm a 4.75 mm (1 pulg a N°4)	....	....	....	....	....	100	95 a 100	....	25 a 60	....	0 a 10	0 a 5	....
6	19.0mm a 9.5 mm (¾ pulg a 3/8 pulg)	....	....	....	....	....	....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	....	....
67	19.0mm a 4.75 mm (¾ pulg a N°4)	....	....	....	....	....	....	100	90 a 100	....	20 a 55	0 a 10	0 a 5	....
7	12.5mm a 4.75 mm (1/2 pulg a N°4)	....	....	....	....	....	....	....	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	....
8	9.5mm a 2.36 mm (3/8 pulg a N°8)	....	....	....	....	....	....	....	....	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	12.5mm a 9.5 mm (1/2 pulg a 3/8 pulg)	....	....	....	....	....	....	....	....	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9 ^A	4.75mm a 1.18 mm (N°4 pulg a N°16)	....	....	....	....	....	....	....	....	....	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

Nota. Basado en la (NTP 400.037:2021) – Agregados

En relación con los parámetros granulométricos, se debe resaltar que la calidad del concreto depende en gran medida de una adecuada distribución de tamaños en los agregados. Una gradación equilibrada asegura que las partículas más pequeñas llenen los vacíos entre las más grandes, reduciendo la cantidad de pasta de cemento necesaria y mejorando tanto la trabajabilidad como la resistencia del material.

En este sentido, Pawar, Sharma y Titiksh (2016) señalan que la optimización de la gradación de los agregados permite obtener concretos más densos, durables y resistentes, ya que disminuye la porosidad interna y mejora la cohesión de la mezcla. Por ello, mantener un control riguroso en este aspecto resulta fundamental para garantizar el desempeño estructural del concreto.

2.1.4 Concha de abanico

Según Laura y Tong (2019), la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) pertenece a la familia Pectinidae, la cual agrupa diversas especies conocidas como “vieiras”. Presenta una forma casi circular, con valvas desiguales, siendo una más convexa que la otra, y posee extensiones llamadas “orejas”. Su coloración varía entre tonos rosados, púrpuras oscuros e incluso anaranjados. (pp. 31–32)

Estas características morfológicas no solo permiten identificarla fácilmente entre otros moluscos, sino que también influyen en su comportamiento cuando es utilizada en el concreto. La forma y porosidad de sus valvas determinan su capacidad de absorción de agua, mientras que la dureza relativa del carbonato de calcio que la compone le otorga potencial como material alternativo al agregado fino.

Figura 3

Conchas de abanico (Argopecten purpuratus).



Nota. Caparazones de conchas de abanico (Elaboración propia).

La concha de abanico se caracteriza por estar compuesta principalmente por carbonato de calcio (CaCO_3), con niveles de pureza que varían entre el 90% y el 98% dependiendo de la especie analizada (Yang et al., 2005; Yoon et al., 2003). Si bien en un inicio se cuestionó su compatibilidad con el cemento, diversas investigaciones han demostrado que su incorporación no desencadena reacciones químicas adversas dentro de la mezcla. En consecuencia, su comportamiento es equiparable al de un agregado inerte, desempeñando principalmente una función de relleno y contribuyendo a la densificación de la matriz cementicia. (Robillard, 2012)

Figura 4

Concha de abanico triturada (Material compuesto por carbonato de calcio (CaCO_3)).



Nota. Residuos de conchas de abanico pulverizados, constituidos principalmente por carbonato de calcio (CaCO_3). Elaboración propia

De esta manera, las conchas de abanico trituradas se incorporan al concreto con un aporte de carácter físico más que químico, pues no intervienen en las reacciones de hidratación del cemento. Su papel principal es actuar como agregado granular de relleno, favoreciendo la gradación del material fino, la compactación de la mezcla y la reducción de vacíos.

2.1.4.1 Procedencia de las conchas de abanico utilizados en el proyecto. Las conchas de abanico utilizadas como material experimental fueron recolectadas en el botadero municipal de conchas de abanico de la ciudad de Sechura, en la región Piura. La recolección se realizó con el fin de asegurar una cantidad suficiente para la preparación de las probetas con reemplazo parcial del agregado fino. En total, se obtuvo aproximadamente 360 kg de conchas, cantidad que, tras el proceso de trituración y tamizado, permitió la elaboración de 72 probetas experimentales en distintas proporciones de sustitución.

Es importante precisar que el material recolectado se destinó exclusivamente a los grupos de reemplazo, mientras que las 24 probetas patrón se elaboraron únicamente con materiales convencionales de cantera, sin adición de conchas. De esta manera, se estableció un contraste adecuado entre los especímenes de control y los modificados, asegurando la validez de la comparación experimental.

Figura 5

Recolección de conchas de abanico.



Nota. Elaboración propia.

Figura 6

Recolección y acarreo de conchas de abanico.



Nota. Elaboración propia.

2.1.4.2 Lavado y preparación. Una vez recolectadas, las conchas de abanico fueron sometidas a un proceso de limpieza con agua a presión, con el fin de remover restos orgánicos, sedimentos y sales superficiales adheridas a las valvas. Este procedimiento permitió obtener un material más uniforme y libre de impurezas, adecuado para su posterior trituración y uso como agregado en la mezcla de concreto.

Figura 7

Lavado a presión de conchas de abanico.

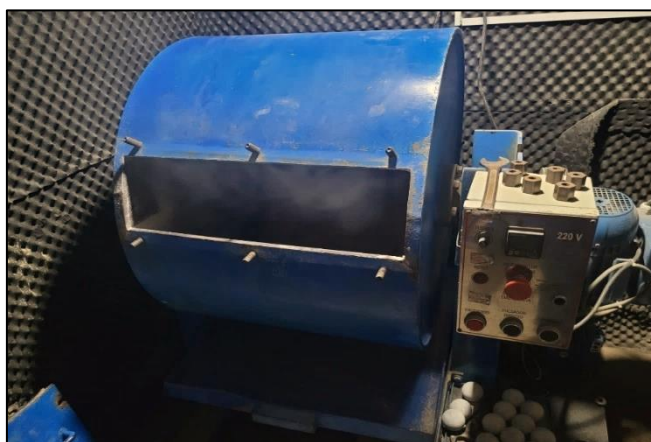


Finalmente, las conchas fueron dejadas secar al aire libre bajo condiciones ambientales controladas, con el fin de reducir su humedad a niveles adecuados para el procesamiento posterior (triturado y tamizado). Este procedimiento garantizó la obtención de un material limpio, estable y libre de contaminantes que pudieran alterar las propiedades del concreto, permitiendo así una caracterización más precisa y un mejor desempeño en las mezclas evaluadas.

2.1.4.3 Trituración y tamizado. Para la reducción granulométrica se empleó la máquina Los Ángeles, usualmente destinada al ensayo de desgaste, utilizándola aquí como triturador de baja energía. El tambor metálico ($\approx 511 \text{ mm}$ de longitud y 712 mm de diámetro) operó dentro del rango de 30–33 rpm, y se cargó en tandas de $\approx 30 \text{ kg}$ de conchas junto con 12 esferas de acero (diámetro 46.4–47.6 mm; masa 390–445 g), cumpliendo las especificaciones del equipo.

Figura 8

Máquina de los Ángeles (Tambor cilíndrico rotatorio de acero).



El protocolo de operación fue escalonado para evitar una producción excesiva de finos. Cada tanda se sometió primero a 300 revoluciones (≈ 9 minutos a 33 rpm) y, tras una inspección cribando con tamiz $3/8''$ (9.5 mm), se añadieron bloques adicionales de 150–200 revoluciones hasta cumplir el criterio de que prácticamente el 100 % del material pase $3/8''$.

En la práctica, la mayoría de tandas alcanzaron el objetivo entre 450 y 600 revoluciones ($\approx 14\text{--}18$ minutos a 33 rpm). Se estableció un límite operativo de $\leq 800\text{--}900$ revoluciones para evitar la sobre-trituración y la generación de exceso de material menor a $N^\circ 100$ ($150 \mu\text{m}$).

Figura 9

Trituración de conchas de abanico.



Durante la conminución, el material sufrió impactos y abrasión por la acción combinada de las esferas y las paredes del tambor, lo que produjo la fractura progresiva de las valvas y la reducción controlada del tamaño de partícula.

Figura 10

Cuerpos molidores.



El operador realizó inspecciones periódicas entre bloques de revoluciones para verificar el avance con el tamiz 3/8" y, cuando fue necesario, ajustó el siguiente bloque (menor número de revoluciones) al observar tendencia a generar finos. Este control evitó obtener un “polvo” excesivo que incrementaría la absorción de agua y afectaría la trabajabilidad y la resistencia del concreto.

Figura 11

Conchas de abanico fragmentadas.



Posteriormente el material fue tamizado, seleccionando únicamente las fracciones que pasaron por el tamiz de 3/8" (9.5mm). Estas partículas fueron consideradas aptas para los ensayos correspondientes, tratándolas a partir de este punto como un material alternativo al agregado fino convencional.

Figura 12

Preparación del material para su respectivo tamizado.



Figura 13

Tamizado del material triturado en el tamiz de 3/8" para su clasificación como agregado fino.



2.1.4.4 Propiedades Químicas. Para el análisis de las propiedades químicas de los residuos de concha de abanico, el material fue previamente triturado y tamizado hasta obtener partículas que pasaran por el tamiz N° 100 (150 μm). De esta fracción se seleccionó una muestra representativa de 100 g, la cual fue trasladada al laboratorio principal de la Facultad de Ingeniería Química de la UNPRG para su caracterización composicional.

Figura 14

Tamizado de conchas de abanico que pasen el tamiz N°100.



Figura 15

Tamizado de conchas de abanico que pasen el tamiz N°100.



Figura 16

Muestra de 100 g de conchas de abanico trituradas que pasan el tamiz N° 100.



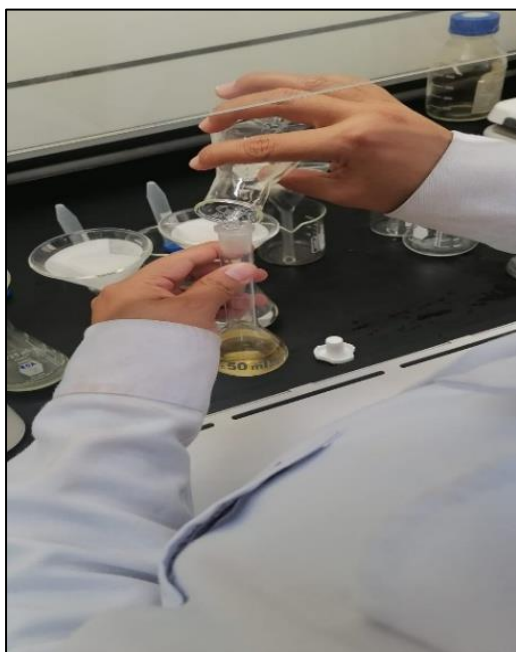
En el laboratorio, con el propósito de identificar y cuantificar los elementos presentes en la muestra, se utilizó el método EPA 200.7 (“Determinación de metales y oligoelementos mediante espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente, ICP-OES”), un protocolo estandarizado ampliamente empleado para el análisis de metales y elementos traza en matrices acuosas y residuos sólidos (U.S. EPA, 1994).

Dado que EPA 200.7 está diseñado para muestras en solución, las muestras sólidas como las conchas previamente trituradas fueron digeridas con una mezcla de ácido clorhídrico (HCl) y ácido nítrico (HNO_3) bajo condiciones de calentamiento controlado para disolver los componentes metálicos en solución acuosa, permitiendo el análisis por ICP-OES (U.S. EPA, 1996). Este procedimiento de digestión es común en el análisis metalúrgico de muestras sólidas para asegurar que los elementos de interés estén disponibles en forma soluble para la medición.

De los 100 g iniciales, se tomó una porción de $1.000 \pm 0.001 \text{ g}$ utilizando una balanza analítica Ohaus modelo AX224. Posteriormente, la digestión se efectuó en una proporción 1:3 (10 ml de HCl y 30 ml de HNO_3), manteniendo la mezcla a $80 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 90 minutos. Tras este proceso, la solución resultante fue filtrada para eliminar residuos no solubles, y luego enrasada con agua caliente hasta completar un volumen final de 50 ml en una fiola. La muestra líquida obtenida fue introducida en un espectrofotómetro de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) de la marca Teledyne Leeman.

Figura 17

Proceso de digestión y preparación de la muestra triturada en fiola aforada, previo a su análisis mediante espectrometría ICP- OES.



Lo que permitió identificar la presencia de metales y, a partir del balance de óxidos, determinar los componentes químicos principales de la concha de abanico.

La composición química de la concha de abanico es la siguiente:

Tabla 2

Composición química de conchas de abanico.

Fórmula	Óxido	Cantidad (%)
CaO	Óxido de calcio	74.027%
Na ₂ O	Óxido de sodio	8.812%
MgO	Óxido de magnesio	7.093%
SO ₂	Óxido de azufre	4.455%
SrO	Óxido de estroncio	1.595%
P ₂ O ₅	Óxido de fósforo	1.043%
K ₂ O	Óxido de potasio	0.942%
Fe ₂ O ₃	Óxido de fierro	0.757%
SiO ₂	Óxido de silicio	0.679%
Al ₂ O ₃	Óxido de aluminio	0.295%
V ₂ O ₅	Óxido de vanadio	0.005%

Fuente: Laboratorio de investigación y servicio técnicos – Facultad de Ingeniería Química e

Industrias alimentarias - UNPRG

Los resultados del análisis químico por ICP-OES muestran los siguientes porcentajes de óxidos totales en las conchas de abanico: CaO (74,027 %), Na₂O (8,812 %), MgO (7,093 %), SO₂ (4,455 %) y otros óxidos menores. Cabe precisar que las normas peruanas de agregados, como la NTP 400.037:2021 y la NTP 400.042:2016, no establecen límites específicos para los óxidos totales, pues sus parámetros de control se centran en la presencia de materia orgánica, el material fino que pasa el tamiz N.º 200 y, de manera particular, en la cuantificación de cloruros y sulfatos solubles.

En este sentido, debe considerarse que el método EPA 200.7 reporta la composición química total de la muestra, pero no discrimina qué fracción de estos compuestos es soluble. Por ello, aunque el contenido de SO₂ (4,455 %) pueda parecer elevado, tal valor no puede ser evaluado directamente frente a los criterios normativos vigentes sin una determinación específica de su fracción soluble. Algo similar ocurre con el Na₂O y otros óxidos minoritarios: su presencia en la muestra no implica necesariamente un efecto perjudicial en el concreto, salvo que se encuentren en estado soluble y en proporciones que puedan comprometer la durabilidad del material.

En consecuencia, los resultados obtenidos deben interpretarse con cautela y complementarse con ensayos de solubilidad, lo cual puede ser considerado en futuras investigaciones orientadas a evaluar la durabilidad del concreto elaborado con conchas de abanico trituradas.

2.1.4.5 Propiedades Físicas. El estudio de las propiedades físicas de los agregados resulta esencial para garantizar la calidad del concreto, tanto en estado fresco como endurecido. En esta investigación se caracterizaron las conchas de abanico trituradas, previamente sometidas a trituración mecánica hasta alcanzar tamaños compatibles con los requisitos normativos de los agregados finos. El objetivo principal fue verificar si este material cumple con los criterios técnicos de las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y si presenta un comportamiento comparable al de un agregado fino convencional, de modo que su incorporación en las mezclas de concreto no comprometa la trabajabilidad, cohesión ni resistencia.

Las propiedades físicas analizadas son críticas porque afectan directamente la dosificación y el desempeño estructural. Investigaciones como las de Alexander y Mindess (2010) han señalado que partículas angulosas y de textura rugosa pueden incrementar la demanda de agua, mientras que Nizama (2014) advierte que una adecuada granulometría puede mitigar este efecto. Por ello, en el presente trabajo se priorizó la evaluación de parámetros cuantificables y reconocidos normativamente, asegurando objetividad en la caracterización del material.

De acuerdo con los lineamientos de la normativa peruana para agregados, se evaluaron las siguientes propiedades físicas de las conchas de abanico trituradas:

- Análisis granulométrico y módulo de fineza.
- Porcentaje de material que pasa el tamiz N°200.
- Densidad suelta y densidad compactada.
- Peso específico y absorción.
- Contenido de humedad.

2.1.5 Ensayos de Agregado Fino, Conchas de abanico y Agregado Grueso

2.1.5.1 Ensayo granulométrico por tamizado

2.1.5.1.1 Normativa. El proceso para agregado fino y grueso se realizó en cumplimiento de las especificaciones técnicas contempladas en la normativa:

- NTP 400.012:2021 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo.

2.1.5.1.2 Finalidad.

- Determinar las condiciones que deben satisfacer el agregado fino, conchas de abanico y el agregado grueso para ser empleados en la elaboración de concreto.
- Analizar la distribución del tamaño de partículas del agregado fino, conchas de abanico y del agregado grueso mediante el tamizado, determinando el porcentaje que retiene cada malla, para posteriormente calcular el módulo de fineza y elaborar la respectiva curva granulométrica a partir de los datos obtenidos.
- Evaluar, mediante cálculo y análisis granulométrico, si las muestras de agregado fino incluyendo las conchas de abanico trituradas y el agregado grueso se encuentran dentro de los límites establecidos por la Norma Técnica Peruana y las especificaciones ASTM aplicables.

2.1.5.1.3 Materiales y equipos.

- Balanza digital con aproximación de 0,1 g.
- Tamices para granulometría de agregado fino y grueso.
- Bandejas metálicas.
- Cucharón
- Agregado fino
- Conchas de abanico trituradas
- Agregado grueso
- Brocha
- Estufa. ($110 \pm 5^\circ\text{C}$).

2.1.5.1.4 Procedimiento para agregado fino.

- Se tomó una muestra de arena ya seleccionado por el método del cuarteo.

Figura 18

Cuarteo y toma de muestra de agregado fino.



- Se procede a secar la muestra en la estufa.

Figura 19

Colocación de muestra de agregado fino en la estufa.



- Se pasó 1 kg de muestra seca de agregado fino por los tamices de la serie fina ($N^{\circ}4$, $N^{\circ}8$, $N^{\circ}16$, $N^{\circ}30$, $N^{\circ}50$, $N^{\circ}100$, $N^{\circ}200$).

Figura 20

Preparación de 1 kg de agregado fino para el respectivo tamizado.

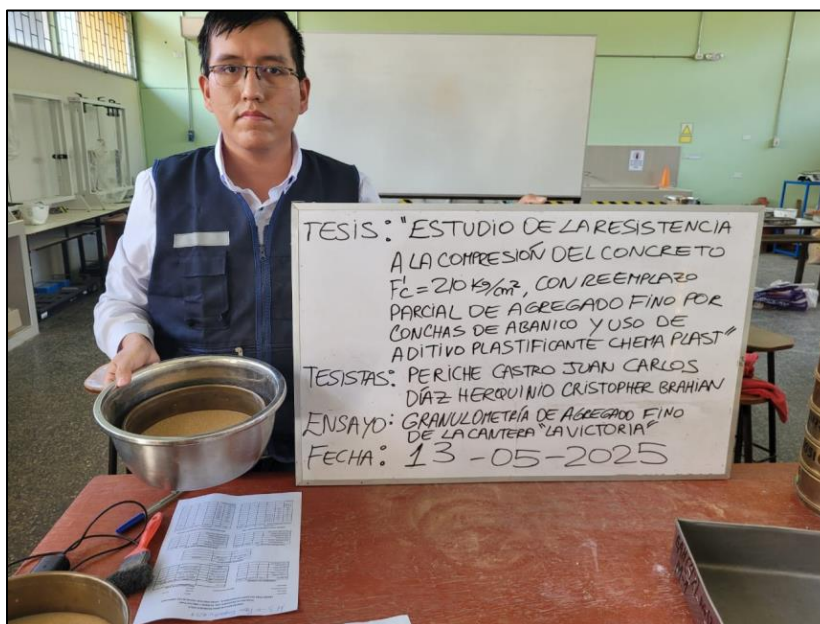


Figura 21
Tamizado del agregado fino.



- Se pesó cada una de las cantidades de muestra retenidas en cada tamiz, obteniendo así los pesos retenidos.

Figura 22
Peso de cada retenido de agregado fino.



“ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'c=210 \text{ KG/CM}^2$,
CON REEMPLAZO PARCIAL DE AGREGADO FINO POR CONCHAS DE ABANICO Y USO
DE ADITIVO PLASTIFICANTE CHEMA PLAST”

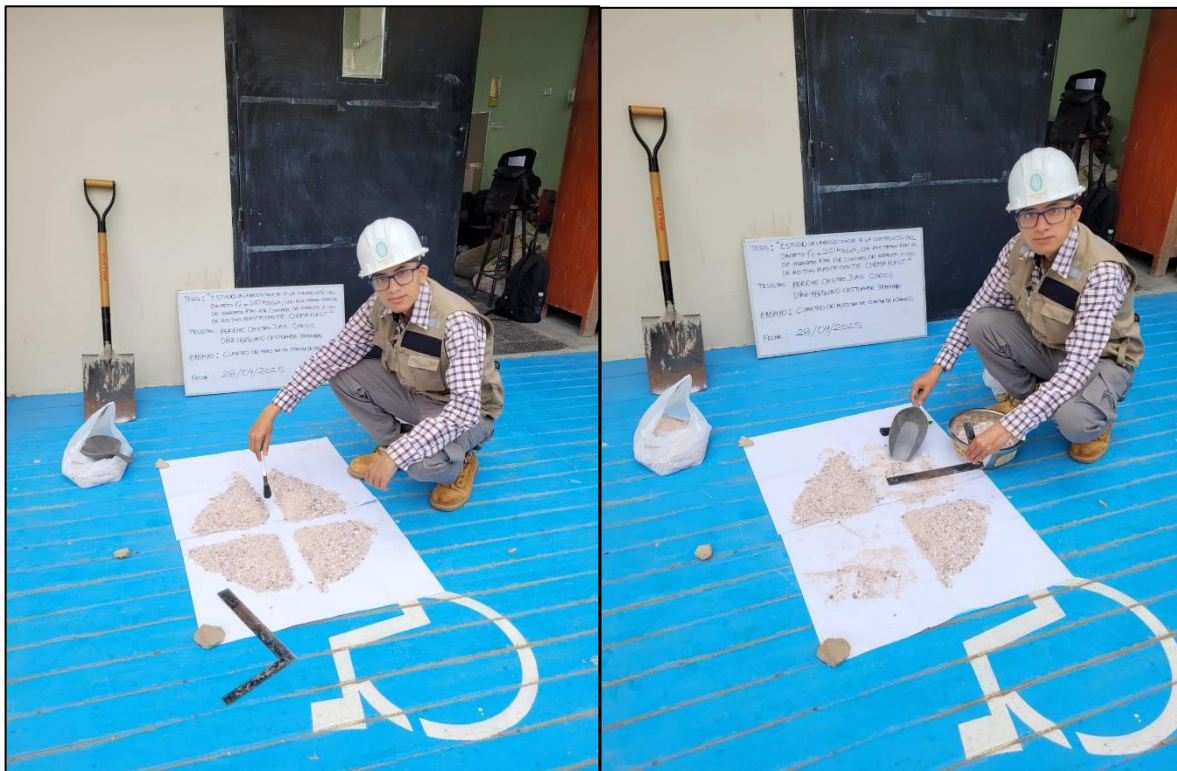
- A partir de los datos obtenidos, se procede a efectuar los cálculos del % retenido, % retenido acumulado, % que pasa, y el módulo de fineza para luego dibujar la curva granulométrica.

2.1.5.1.5 Procedimiento para conchas de abanico trituradas.

- Se tomó una muestra de conchas de abanico trituradas ya seleccionado por el método del cuarteo.

Figura 23

Cuarteo y toma de muestra de conchas de abanico trituradas.



- Se procede a secar la muestra.

Figura 24

Colocación de muestra de concha de abanico en la estufa.



- Se toma 1 kg de muestra seca para el ensayo y se pasa toda la muestra por los tamices de la serie fina (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200).

Figura 25

Tamizado de 1 kg de conchas de abanico trituradas.



- Se pesó cada una de las cantidades de muestra retenidas en cada tamiz, obteniendo así los pesos retenidos.

Figura 26

Pesos retenidos de conchas de abanico trituradas.



- A partir de los datos obtenidos, se procede a efectuar los cálculos del % retenido, % retenido acumulado, % que pasa, y el módulo de fineza para luego dibujar la curva granulométrica.

2.1.5.1.6 Procedimiento para agregado grueso.

- Se tomó una muestra de agregado grueso ya seleccionado por el método del cuarteo.

Figura 27

Cuarteo de agregado grueso.



Figura 28

Toma de agregado grueso.



- Se procede a secar la muestra.

Figura 29

Colocación de agregado grueso en la estufa.



- Se toma 5 kg de agregado grueso y se pasa toda la muestra por los tamices siguientes: 2 1/2”, 2”, 1 1/2”, 1”, 1/4”, 1/2”, 3/8”, N°4.

Figura 30

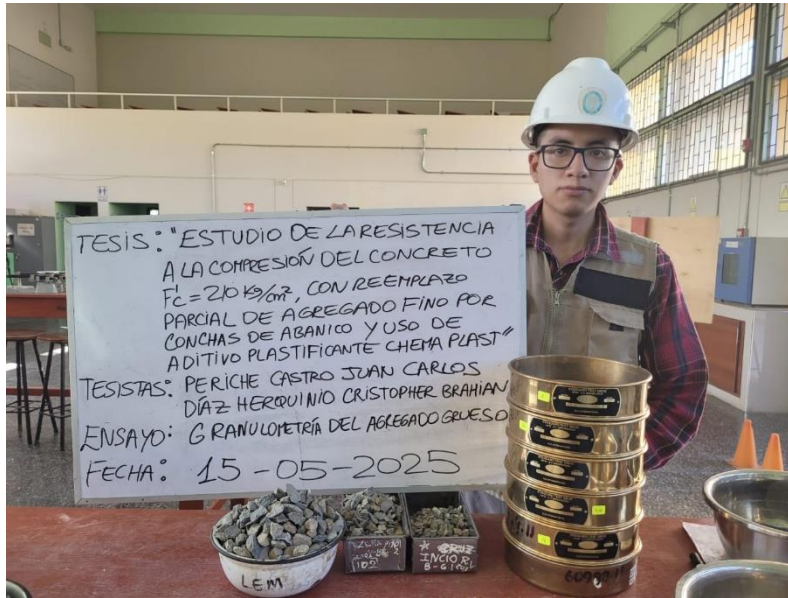
Tamizado de agregado grueso.



- Se pesó cada una de las cantidades de muestra retenidas en cada tamiz, obteniendo así los pesos retenidos.

Figura 31

Peso retenidos de agregado grueso en cada uno de los recipientes.



- A partir de los datos obtenidos, se procede a efectuar los cálculos del % retenido, % retenido acumulado, % que pasa, el tamaño máximo, el tamaño máximo nominal para luego dibujar la curva granulométrica.

2.1.5.1.7 Cálculo. El cálculo del % Retenido, el % que pasa, y el módulo de fineza se calculan con las siguientes fórmulas:

Para determinar los porcentajes que pasan (para la curva granulométrica) y el módulo de fineza, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- P_t = Peso total de la muestra a ensayar
- P_r = Peso retenida en cada tamiz
- %R= Porcentaje retenido en cada tamiz

$$\%R = \left(\frac{P_r}{P_t} \right)$$

- %Ra =Porcentaje retenido acumulado

$$\%Ra = \sum \%R(\text{Suma progresiva})$$

- %P =Porcentaje que pasa (o pasa acumulado)

$$\%P = 100 - \%Ra$$

En el caso del módulo de fineza el cual nos indica el valor numérico sobre qué tan fino o grueso es un agregado fino. Se calcula de la siguiente manera:

Se realiza la suma de los porcentajes de los retenidos acumulados de los tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y se divide entre 100.

$$M.F. = \frac{\sum \%Acumulados\ retenidos(N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50\ y\ N^{\circ}100)}{100}$$

Donde:

- MF= Módulo de fineza

2.1.5.2 Ensayo del porcentaje del material más fino que pasa el tamiz N°200.

2.1.5.2.1 Normativa. El proceso se realizó en cumplimiento de las especificaciones técnicas contempladas en la normativa:

- NTP 400.018:2020. AGREGADOS. Determinación de materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μM(N°200) por lavado en agregados. Método de ensayo.

2.1.5.2.2 Finalidad.

- Determinar el contenido de material fino menor al tamiz de $75\mu\text{m}$ (N°200) en el agregado fino y conchas de abanico trituradas mediante el ensayo por lavado.

2.1.5.2.3 Descripción general.

- Según la NTP 400.037:2021, el contenido máximo permitido de partículas finas (pasantes del tamiz N°200) para agregado fino manufacturado, triturado y libre de arcilla o esquistos para concreto sujeto a la abrasión es del 5%, para ello lo determinamos mediante el ensayo por lavado usando la NTP 400.018:2020.

2.1.5.2.4 Materiales y equipos.

- Muestra representativa de agregado fino y conchas de abanico trituradas.
- Tamiz N°200
- Balanza eléctrica con aproximación de 0.01g.
- Estufa. ($110\pm 5^{\circ}\text{C}$)
- Recipiente para colocar la muestra lavada y llevarla al horno.
- Cepillo de cerdas suaves para ayudar a limpiar el material retenido en el tamiz.

2.1.5.2.5 Procedimiento para agregado fino. Para calcular el porcentaje del material más fino que pasa el tamiz N°200 en el agregado fino o arena se realizó lo siguiente:

- Se tomó 1 kilo de muestra seca de agregado fino y se toma el tamiz N°200 por el cual se procede a realizar el lavado de la muestra hasta que el agua que pase sea transparente luego se procede a colocar la muestra húmeda en otro recipiente.

Figura 32

Lavado de muestra de agregado fino con el tamiz N°200.



- Se coloca en la estufa durante 24 horas y luego al día siguiente se toma el peso de la muestra seca.

2.1.5.2.6 Procedimiento para conchas de abanico. Para calcular el porcentaje del material más fino que pasa el tamiz N°200 en las conchas de abanico trituradas se realizó lo siguiente:

- Se tomó 1 kilo de muestra seca de conchas de abanico trituradas y se toma el tamiz N°200 por el cual se procede a realizar el lavado de la muestra hasta que el agua que pase sea transparente luego se procede a colocar la muestra húmeda en otro recipiente.

Figura 33

Lavado de muestra de las conchas de abanico trituradas con el tamiz N°200.



Figura 34

Lavado de muestra de las conchas de abanico trituradas con el tamiz N°200.



- Se coloca en la estufa durante 24 horas y luego al día siguiente se toma el peso de la muestra seca.

Figura 35

Muestra seca de concha de abanico triturada después del lavado en el tamiz N°200.



2.1.5.2.7 Cálculo

Para calcular la cantidad de material que pasa el tamiz normalizado de 75µm

(N°200) por vía humedad se utiliza la siguiente expresión:

$$A = \left[\frac{(P1 - P2)}{P1} \right] X 100$$

Donde:

A= Porcentaje de partículas finas que atraviesan el tamiz 75µm(N°200)

mediante el método de lavado.

P1= Peso seco de la muestra original.

P2=Peso seco de la muestra luego del lavado.

2.1.5.3 Ensayo de contenido de humedad.

2.1.5.3.1 Normativa.

El proceso se realizó en cumplimiento de las especificaciones técnicas contempladas en la normativa:

- NTP 339.185:2021. AGREGADOS. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo.

2.1.5.3.2 Finalidad.

- Establecer el porcentaje de humedad presente en los agregados, incluyendo las conchas de abanico trituradas, para evaluar su calidad para su uso en la producción de concreto.

2.1.5.3.3 Materiales y equipos.

- Balanza digital con aproximación de 0.1g.
- Estufa. ($110 \pm 5^{\circ}\text{C}$).
- Recipientes
- Muestra de agregado fino, conchas de abanico trituradas y agregado grueso.

2.1.5.3.4 Procedimiento para agregado fino.

- Se tomó una muestra de arena y se colocó en un recipiente para poder pesarlo, este peso corresponde al material en su estado húmedo.

Figura 36

Muestra de agregado fino en estado húmedo.



- Posteriormente, el recipiente con la muestra se coloca en un horno a una temperatura de 110°C durante 24 horas.

Figura 37

Colocación de muestra húmeda de agregado fino en la estufa.



- Una vez transcurrido el tiempo, se retira el recipiente con la muestra, se deja enfriar y luego se procede a pesarlo. Este valor corresponde al peso del material en su estado seco (2).

Figura 38

Peso de la muestra seca de agregado fino.



- La diferencia entre el peso del material en su estado húmedo y el peso en su estado seco nos permite determinar el peso del agua (1).
- Al dividir este valor entre el peso de la muestra seca, se obtiene el valor del contenido de humedad.

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{(1) - (2)}{\text{Peso de la muestra seca}}$$

2.1.5.3.5 Procedimiento para conchas de abanico.

- Se tomó una muestra de conchas de abanico trituradas y se colocó en un recipiente para poder pesarlo, este peso corresponde al material en su estado húmedo.

Figura 39

Muestra de conchas de abanico trituradas en estado húmedo.



- Posteriormente, el recipiente con la muestra se coloca en un horno a una temperatura de 110°C durante 24 horas.

Figura 40

Colocación de muestra húmeda de conchas de abanico en la estufa.



- Una vez transcurrido el tiempo, se retira el recipiente con la muestra, se deja enfriar y luego se procede a pesarlo. Este valor corresponde al peso del material en su estado seco (2).

Figura 41

Peso de la muestra seca de conchas de abanico.



- La diferencia entre el peso del material en su estado húmedo y el peso en su estado seco nos permite determinar el peso del agua (1).
- Al dividir este valor entre el peso de la muestra seca, se obtiene el valor del contenido de humedad.

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{(1) - (2)}{\text{Peso de la muestra seca}}$$

2.1.5.3.6. Procedimiento para agregado grueso.

- Se tomó una muestra de agregado grueso y se colocó en un recipiente para poder pesarlo, este peso corresponde al material en su estado húmedo.

Figura 42

Muestra de agregado grueso en estado húmedo.



- Posteriormente, el recipiente con la muestra se coloca en un horno a una temperatura de 110°C durante 24 horas.

Figura 43

Colocación de muestra húmeda de agregado grueso en la estufa.



- Una vez transcurrido el tiempo, se retira el recipiente con la muestra, se deja enfriar y luego se procede a pesarlo. Este valor corresponde al peso del material en su estado seco (2).

Figura 44

Peso de muestra seca de agregado



- La diferencia entre el peso del material en su estado húmedo y el peso en su estado seco nos permite determinar el peso del agua (1).
- Al dividir este valor entre el peso de la muestra seca, se obtiene el valor del contenido de humedad.

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{(1) - (2)}{\text{Peso de la muestra seca}}$$

2.1.5.4 Ensayo de peso unitario.

2.1.5.4.1 Normativa. El proceso se realizó en cumplimiento de las especificaciones técnicas contempladas en la normativa:

- NTP 400.017:2020. AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.

2.1.5.4.2 Finalidad.

- Establecer el peso unitario suelto y el peso unitario compactado del agregado fino, conchas de abanico trituradas y del agregado grueso, siguiendo los lineamientos de la NTP 400.017:2020, como parte fundamental para elaborar un diseño de mezcla adecuado.

2.1.5.4.3 Materiales y equipos.

- Balanza digital con aproximación de 0.1g.
- Estufa. ($110 \pm 5^{\circ}\text{C}$).
- Recipientes.
- Cucharón.
- Regla o varilla de apisonado de punta esférica.
- Moldes para agregado fino y agregado grueso.
- Muestra de agregado fino, conchas de abanico trituradas y agregado grueso.

2.1.5.4.4 Procedimiento de peso unitario suelto para agregado fino.

- Se lleva a cabo la medición del volumen del molde para agregado fino.

Figura 45

Peso y volumen del molde para agregado fino en peso unitario suelto.



- Para determinar el peso unitario suelto del agregado fino primero se vierte el material en el molde utilizando un cucharón, dejándolo caer desde una altura máxima de 50 mm (2”), hasta que el agregado sobresalga del recipiente.

Figura 46

Colocación de la muestra de agregado fino en el molde.



- Luego se nivela el molde con la varilla.

Figura 47

Nivelación del molde con la varilla.



- Posteriormente se calcula el peso del recipiente más el contenido.
- Finalmente, con los datos obtenidos se calcula el peso unitario con la siguiente fórmula:

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

Donde:

PU= Densidad de masa del agregado, kg/m³.

G= Masa del agregado más el recipiente, kg.

T= Masa del recipiente, kg.

V= Volumen del recipiente, m³.

2.1.5.4.5 Procedimiento de peso unitario suelto para conchas de abanico.

- Se lleva a cabo la medición del volumen y el peso del molde para agregado fino.

Figura 48

Peso y volumen del molde para agregado fino en peso unitario suelto.



- Para determinar el peso unitario suelto de conchas de abanico primero se vierte el material en el molde utilizando un cucharón, dejándolo caer desde una altura máxima de 50 mm (2”), hasta que el agregado sobresalga del recipiente.

Figura 49

Colocación de la muestra de las conchas de abanico en el molde.



- Luego se nivela el molde con la varilla.

Figura 50

Nivelación del molde con la varilla.



- Posteriormente se calcula el peso del recipiente más el contenido.
- Finalmente, con los datos obtenidos se calcula el peso unitario con la siguiente fórmula:

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

Donde:

PU= Densidad de masa del agregado, kg/m³.

G= Masa del agregado más el recipiente, kg.

T= Masa del recipiente, kg.

V= Volumen del recipiente, m³.

2.1.5.4.6 Procedimiento de peso unitario suelto para agregado grueso.

- Se lleva a cabo la medición del volumen y el peso del molde para agregado grueso.

Figura 51

Peso y volumen del molde para agregado grueso en peso unitario suelto.



- Para determinar el peso unitario suelto del agregado grueso, primero se vierte el material en el molde utilizando un cucharón, hasta que el agregado sobresalga del recipiente.

Figura 52

Colocación de la muestra del agregado grueso en el molde.



- Luego se elimina lo que sobra con la varilla.

Figura 53

Nivelación del molde con la varilla.



- Posteriormente se calcula el peso del recipiente más el contenido.
- Finalmente, con los datos obtenidos se calcula el peso unitario con la siguiente fórmula:

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

Donde:

PU= Densidad de masa del agregado grueso, kg/m³.

G= Masa del agregado más el recipiente, kg.

T= Masa del recipiente, kg.

V= Volumen del recipiente, m³.

2.1.5.4.7 Procedimiento de peso unitario compactado para agregado fino.

- Para determinar el peso unitario compactado del agregado fino se emplea el método de apisonamiento. Inicialmente, se llena un tercio del recipiente con el agregado y se nivela la superficie con una regla. Se compacta la primera capa de agregado aplicando 25 golpes uniformemente distribuidos con el extremo semiesférico de la varilla. Luego, se llena hasta completar dos tercios del volumen del recipiente, se nivela nuevamente la superficie y se repite el procedimiento con otros 25 golpes. Finalmente, se llena el recipiente hasta que rebose, se aplican 25 golpes adicionales y, una vez lleno, se enrasan los bordes con una regla. Posteriormente, se pesa el recipiente con el agregado.

Figura 54

Compactación de cada una de las capas de agregado fino en el molde.



Figura 55

Peso del molde con el agregado fino.



- Finalmente se calcula el peso unitario con la siguiente expresión:

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

Donde:

PU= Densidad de masa del agregado, kg/m³.

G= Masa del agregado más el recipiente, kg.

T= Masa del recipiente, kg.

V= Volumen del recipiente, m³.

2.1.5.4.8 Procedimiento de peso unitario compactado para conchas de abanico.

- Para determinar el peso unitario compactado de las conchas de abanico se emplea el método de apisonamiento. Inicialmente, se llena un tercio del recipiente con el agregado y se nivela la superficie con una regla. Se compacta la primera capa de agregado aplicando 25 golpes uniformemente distribuidos con el extremo semiesférico de la varilla. Luego, se llena hasta completar dos tercios del volumen del recipiente, se nivela nuevamente la superficie y se repite el procedimiento con otros 25 golpes. Finalmente, se llena el recipiente hasta que rebose, se aplican 25 golpes adicionales y, una vez lleno, se enrasan los bordes con una regla.

Posteriormente, se pesa el recipiente con el agregado.

Figura 56

Compactación de cada una de las capas de conchas de abanico en el molde.



Figura 57

Peso del recipiente con la muestra compactada de conchas de abanico.



- Finalmente se calcula el peso unitario con la siguiente expresión:

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

Donde:

PU= Densidad de masa de las conchas de abanico, kg/m^3 .

G= Masa del agregado más el recipiente, kg.

T= Masa del recipiente, kg.

V= Volumen del recipiente, m^3 .

2.1.5.4.9 Procedimiento de peso unitario compactado para agregado grueso.

- Para determinar el peso unitario compactado del agregado grueso, se emplea el método de apisonamiento. Inicialmente, se llena un tercio del recipiente con el agregado y se nivela la superficie con una regla. Se compacta la primera capa de agregado aplicando 25 golpes uniformemente distribuidos con el extremo semiesférico de la varilla. Luego, se llena hasta completar dos tercios del volumen del recipiente, se nivela nuevamente la superficie y se repite el procedimiento con otros 25 golpes. Finalmente, se llena el recipiente hasta que rebose, se aplican 25 golpes adicionales y, una vez lleno, se enrasan los bordes con una regla.

Posteriormente, se pesa el recipiente con el agregado.

Figura 58

Compactación de cada una de las capas de agregado grueso en el molde.



Figura 59

Peso del recipiente con la muestra compactada de agregado grueso.



- Finalmente se calcula el peso unitario con la siguiente expresión:

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

Donde:

PU= Densidad de masa del agregado, kg/m^3 .

G= Masa del agregado más el recipiente, kg.

T= Masa del recipiente, kg.

V= Volumen del recipiente, m^3 .

2.1.5.5 Ensayo de peso específico y absorción.

2.1.5.5.1 Normativa.

- NTP 400.022:2024. AGREGADOS. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo.
- NTP 400.021:2020. AGREGADOS. Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Método de ensayo.

2.1.5.5.2 Finalidad.

- Determinar la densidad relativa (peso específico) y la absorción del agregado fino.
- Determinar la densidad relativa (peso específico) y las conchas de abanico trituradas, utilizadas como sustituto del agregado fino.
- Determinar la densidad relativa (peso específico) y la absorción del agregado grueso.

2.1.5.5.3 Descripción general.

- La densidad relativa del agregado es la relación entre la masa del agregado seco y el volumen total que ocupa, considerando sus poros. En cuanto a la absorción nos indica la cantidad de agua que el agregado puede retener dentro de sus poros después de estar sumergido y saturado. Estas propiedades son esenciales para determinar el comportamiento del agregado en la mezcla y asegurar la calidad del concreto.

2.1.5.5.4 Materiales y equipos.

- Muestra representativa de agregado fino (1 kg), de conchas de abanico (1 kg) y de agregado grueso (5 kg).
- Balanza eléctrica con aproximación de 0.01g.
- Estufa. ($110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$)
- Recipiente para colocar la muestra y llevarla al horno.
- Picnómetro (para usarse con el procedimiento gravimétrico)
- El molde y la barra compactadora para los ensayos superficiales de humedad.
- Cesta: Una canasta de alambre de 3,35 mm (No. 6) o de malla más fina o un cubo de aproximadamente el mismo ancho y altura, con una capacidad de 4 a 7 litros
- Depósito de agua: Un recipiente hermético, en el que se coloca el recipiente de la muestra mientras está suspendido debajo de la balanza.
- Tamices: un tamiz de 4,75 mm (No.4) u otros tamaños según sea necesario.

2.1.5.5.5 Procedimiento para agregado fino.

- Cuarteamos el material para el ensayo.
- Tomamos una muestra representativa para el ensayo.
- Procedemos llevar la muestra al horno para que pierda toda su humedad.
- Una vez secada la muestra tomamos 1 kilogramo de muestra seca.
- Saturamos la muestra seca durante 24 horas.

Figura 60

Muestra seca de agregado fino.



Figura 61

Saturación de muestra de agregado fino.



- Luego de 24 horas se extrae el agua, y se coloca en un recipiente para llevarlo a la intemperie para que pierda humedad. Con la finalidad de que la muestra obtenga el estado de saturado superficialmente seco.

Figura 62

Extracción del agua de la muestra de agregado fino.



Figura 63

Muestra de agregado fino expuesta en la intemperie.



- Colocamos la muestra saturada superficialmente seca en el cono de abrams para poder verificar el asentamiento correspondiente.

Figura 64

Muestra saturada superficialmente seca en el cono de Abrams.



Figura 65

Asentamiento de la muestra saturada superficialmente seca en el cono de Abrams.



- Colocamos 500 gramos de la muestra en un matraz de capacidad 500 ml y llenarlo hasta su capacidad máxima con agua destilada.

Figura 66

Vertido de 500 g de muestra superficialmente seca en el matraz.



- Agitamos el matraz para poder eliminar la cantidad de vacíos, y posteriormente dejamos reposando el matraz durante 24 horas.

Figura 67

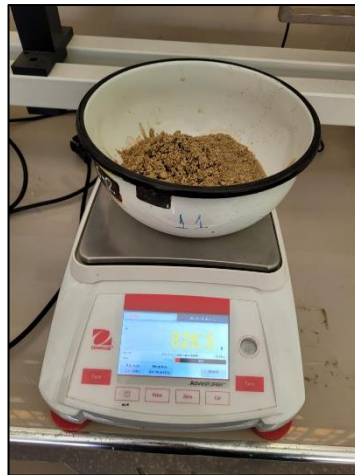
Matraz con la muestra de 500 g con agua destilada hasta su máxima capacidad.



- Registramos el peso de la muestra con el matraz y el agua destilada, posteriormente eliminamos el agua del matraz y colocamos la muestra en un recipiente para llevarlo al horno y obtener el último peso.

Figura 68

Muestra de agregado fino luego haberla secado en el horno para su respectivo peso.



- Con los datos obtenidos se calcula el peso específico con la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad Relativa (Gravedad específica)}(SH) = \left[\frac{A}{(B + S - C)} \right]$$

Donde:

A= Masa de la muestra secada al horno.

B= Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración.

C= Masa del picnómetro llenado de muestra y agua hasta la marca de calibración.

S= Masa de la muestra saturada superficialmente seca (utilizado en el procedimiento gravimétrico para la densidad y la densidad relativa (gravedad específica), o para la absorción.

Para el cálculo de la absorción se utiliza la siguiente expresión:

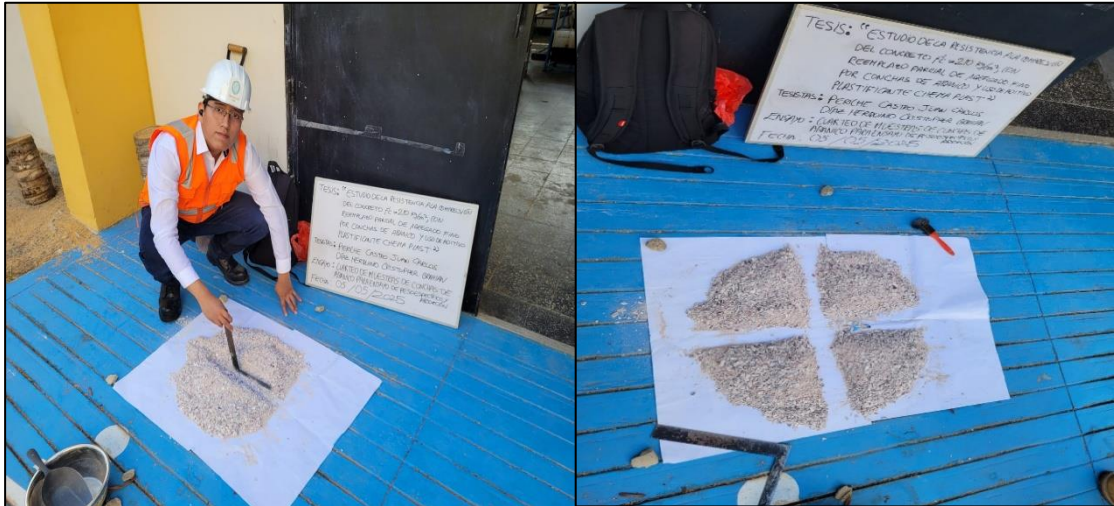
$$\text{Absorción (\%)} = \left[\frac{(S - A)}{A} \right] \times 100$$

2.1.5.5.6 Procedimiento para conchas de abanico.

- Cuarteamos el material para el ensayo.

Figura 69

Cuarteo de conchas de abanico.



- Tomamos una muestra representativa de conchas de abanico trituradas para el ensayo.

Figura 70

Muestra representativa de conchas de abanico para el ensayo.



- Procedemos llevar la muestra al horno para que pierda toda su humedad.

Figura 71

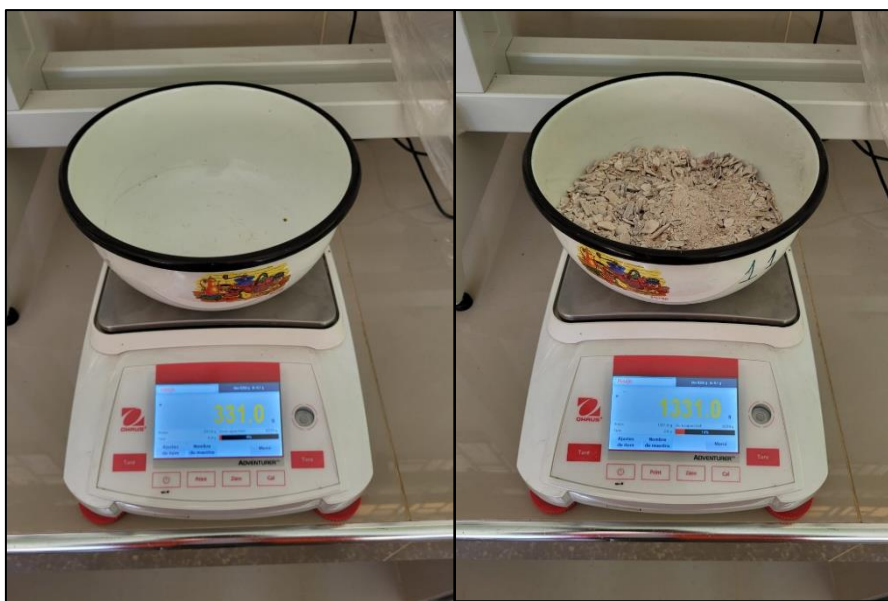
Muestra de conchas de abanico trituradas llevadas a la estufa.



- Una vez secada la muestra tomamos 1 kilogramo de muestra seca.

Figura 72

Peso del recipiente y con la muestra seca, pesaremos 1 kg para el ensayo.



- Saturamos la muestra seca durante 24 horas.

Figura 73

Muestra saturada de conchas de abanico durante 24 horas.



- Luego de 24 horas se extrae el agua, y se coloca en un recipiente para llevarlo a la intemperie para que pierda humedad. Con la finalidad de que la muestra obtenga el estado de saturado superficialmente seco.

Figura 74

Muestra saturada de conchas de abanico expuesta a la intemperie.



- Colocamos la muestra saturada superficialmente seca en el cono de abrams para poder verificar el asentamiento correspondiente.

Figura 75

Muestra en estado saturado superficialmente seca debido al revenimiento.



- Colocamos 500 gramos de la muestra en un matraz de capacidad 500 ml y llenarlo hasta su capacidad máxima con agua destilada.

Figura 76

Llenamos el matraz con la muestra y usamos agua destilada.



- Agitamos el matraz para poder eliminar la cantidad de vacíos, y posteriormente dejamos reposando el matraz durante 24 horas.

Figura 77

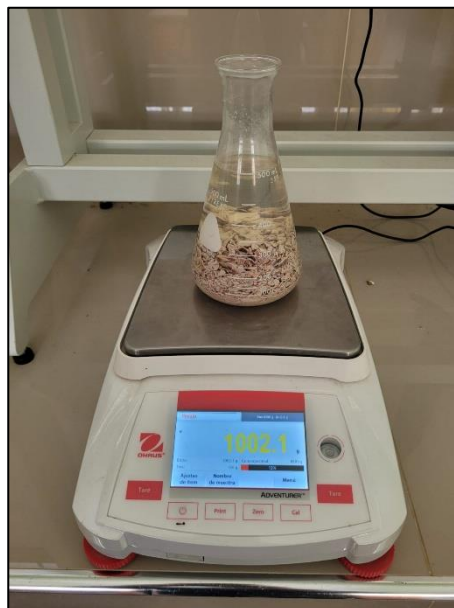
Estado de la muestra junto con el agua destilada luego de 24 horas.



- Registramos el peso de la muestra con el matraz y el agua destilada.

Figura 78

Peso de la muestra con el matraz y el agua destilada.



- Eliminamos el agua del matraz y colocamos la muestra en un recipiente para llevarlo al horno y obtener el último peso.

Figura 79

Eliminación del agua del matraz.



Figura 80

Colocación de la muestra en un recipiente para su posterior colocación en la estufa.



Figura 81

Colocación de la muestra en la estufa.



Figura 82

Peso de la muestra seca de conchas de abanico luego de haber estado en la estufa durante 24 horas.



- Con los datos obtenidos se calcula el peso específico con la siguiente formula:

$$\text{Densidad Relativa (Gravedad específica)}(SH) = \left[\frac{A}{(B + S - C)} \right]$$

Donde:

A= Masa de la muestra secada al horno.

B= Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración.

C= Masa del picnómetro llenado de muestra y agua hasta la marca de calibración.

S= Masa de la muestra saturada superficialmente seca (utilizado en el procedimiento gravimétrico para la densidad y la densidad relativa (gravedad específica), o para la absorción.

Para el cálculo de la absorción se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Absorción (\%)} = \left[\frac{(S - A)}{A} \right] \times 100$$

2.1.5.5.5 Procedimiento para agregado grueso.

- Cuarteamos el agregado grueso y tomamos una muestra.
- Tomamos más de 5 kilogramos para el ensayo.
- Procedemos llevar la muestra al horno para que pierda toda su humedad.
- Una vez secada la muestra, saturamos la muestra seca durante 24 horas.
- Luego de 24 horas se extrae el agua, y tomamos una franela y secamos la superficie del agregado, y lo ponemos en otro recipiente, calibramos la balanza y pesamos el material.

Figura 83

Eliminación del agua superficial en la muestra con una franela.



Figura 84

Peso de la muestra saturada superficialmente seca.



- A continuación, utilizamos la cesta o canastilla, la cual estará sostenida en la balanza mecánica, con dirección al depósito de agua, cuidando que la canastilla no choque con las paredes del depósito, calibramos la balanza y ponemos el agregado dentro de la canastilla, para luego pesar el material sumergido.

Figura 85

Medición del peso sumergido con la canastilla.



- Con los datos obtenidos se calcula el peso específico con la siguiente formula:

$$\text{Densidad Relativa (Gravedad específica)(OD)} = \left[\frac{A}{B - C} \right]$$

Donde:

A= Masa de la muestra secada al horno.

B= Masa de la muestra de ensayo saturada superficialmente seca al aire.

C= Masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua.

Para el cálculo de la absorción se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Absorción (\%)} = \left[\frac{(B - A)}{A} \right] \times 100$$

2.1.6 Aire

El aire en la mezcla de concreto está representado por burbujas de tamaño variable, siendo muchas de ellas microscópicas atrapadas dentro de la pasta de cemento, ya sea debido al proceso de mezclado o al uso de aditivos aireantes. Estas burbujas influyen directamente en propiedades importantes del concreto como la trabajabilidad, la durabilidad frente a ciclos térmicos y la resistencia mecánica. Cuando el aire se encuentra dentro de un rango controlado, puede mejorar la resistencia a congelación y descongelación; sin embargo, un exceso de aire puede debilitar la estructura al reducir su densidad.

Según Cordero, Cárdenas y Rojas (2018), en mezclas bien diseñadas el contenido de aire se mantiene entre 1% y 3% de su volumen total. (p.23). Además, este valor puede verse alterado por características de los agregados tales como su tamaño, forma y distribución granulométrica, así como por la presencia de aditivos o agentes aireantes.

2.1.7 Agua

El agua es un componente esencial en la elaboración de morteros y concretos, ya que permite la hidratación del cemento y otorga la trabajabilidad necesaria para su colocación. Sin embargo, un exceso de agua genera una mayor porosidad en el concreto endurecido, reduciendo su resistencia y durabilidad. Por ello, es indispensable controlar la relación agua-cemento, asegurando un equilibrio entre fluidez y desempeño mecánico.

De acuerdo con la NTP 339.088:2024, el agua empleada en la mezcla debe estar libre de impurezas, aceites, ácidos, sales o materia orgánica que puedan afectar la hidratación del cemento o la calidad del concreto. En la mayoría de obras, se utiliza agua proveniente de redes potables o de fuentes tratadas que cumplen los estándares para consumo humano.

Cuando se emplean fuentes naturales como ríos, pozos o manantiales, se recomienda realizar un análisis de calidad del agua para verificar que cumpla los límites establecidos por la normativa, garantizando que no altere las propiedades físico-químicas del concreto ni su durabilidad a largo plazo.

Por otra parte, el agua no solo interviene en la etapa de mezclado, sino también en el proceso de curado, donde desempeña un papel esencial para asegurar la hidratación continua del cemento y el desarrollo de la resistencia del concreto.

Sánchez (2001) señala que el curado se define como el proceso necesario para garantizar la hidratación continua de la pasta, permitiendo que el concreto desarrolle sus propiedades. Este proceso requiere condiciones específicas de humedad y temperatura. Asimismo, se indica que el agua de curado corresponde a la hidratación adicional que el concreto necesita, la cual está influenciada por las condiciones climáticas, como la humedad ambiental. (p. 59).

2.1.8 Aditivos

Los aditivos son sustancias químicas que se incorporan en pequeñas proporciones a la mezcla de concreto (cemento, agua y agregados) con el propósito de modificar o mejorar ciertas propiedades del material, tanto en estado fresco como endurecido. Estas sustancias pueden influir en la fluidez, el fraguado, la impermeabilidad o la durabilidad del concreto. (Kosmatka et al., 2011)

Actualmente, existe una amplia variedad de aditivos en el mercado, cuya aplicación se ha incrementado debido a sus beneficios en trabajabilidad, durabilidad y economía. Estos materiales, distintos a los componentes tradicionales del concreto, permiten ajustar la mezcla a condiciones específicas de obra sin comprometer su integridad.

Entre los principales tipos de aditivos se distinguen:

- **Reductores de agua:** Mejoran la trabajabilidad sin aumentar el contenido de agua o permiten reducirla manteniendo la consistencia.
- **Superplastificantes:** Incrementan la fluidez del concreto, facilitando su colocación en estructuras densas o de geometría compleja.
- **Retardantes:** Prolongan el tiempo de fraguado, siendo útiles en climas cálidos o en estructuras voluminosas.
- **Acelerantes:** Disminuyen el tiempo de fraguado y favorecen la resistencia temprana, especialmente en condiciones climáticas frías.
- **Inclusores de aire:** Incorporan microburbujas que mejoran la resistencia frente a ciclos de congelación y descongelación.
- **Impermeabilizantes:** Reducen la absorción de agua, aumentando la durabilidad en ambientes húmedos.
- **Controladores de fisuración:** Minimizan la contracción por secado y evitan grietas superficiales.

El uso de aditivos debe ser cuidadosamente dosificado, ya que una aplicación incorrecta puede alterar propiedades críticas del concreto, como la resistencia o el tiempo de fraguado. Además, su eficacia depende de factores como temperatura, humedad y el tipo de cemento utilizado. Por ello, se recomienda realizar ensayos previos en laboratorio para verificar la compatibilidad entre los materiales y determinar la dosificación adecuada.

2.1.9 Propiedades del Concreto Fresco

2.1.9.1 Trabajabilidad. Es la facilidad con la que el concreto recién mezclado puede ser colocado, compactado y terminado sin que ocurra segregación ni pérdida de homogeneidad. Según Mehta y Monteiro (2014), la trabajabilidad depende de la relación agua-cemento, la granulometría de los agregados, la temperatura del ambiente y el uso de aditivos. Una mezcla muy seca es difícil de colocar, mientras que una excesivamente fluida puede producir segregación.

2.1.9.2 Segregación. Se define como la separación de los componentes del concreto fresco debido a diferencias en tamaño o peso de las partículas. Cuando ocurre, las partículas gruesas tienden a asentarse y la pasta de cemento a subir, lo que provoca una pérdida de uniformidad y resistencia. Neville (2011) indica que este fenómeno se puede evitar mediante un control adecuado de la consistencia, el diseño de mezcla y el proceso de compactación.

2.1.9.3 Exudación. Consiste en la migración del agua libre hacia la superficie del concreto fresco como consecuencia del asentamiento de las partículas sólidas. Mindess et al. (2003) explican que una exudación excesiva genera poros capilares, lo que reduce la durabilidad y la resistencia superficial del concreto endurecido. La exudación puede reducirse mediante el uso de aditivos inclusores de aire o una adecuada proporción de finos en la mezcla.

2.1.10 Propiedades del Concreto Endurecido

2.1.10.1 Módulo de elasticidad. Es la relación entre el esfuerzo aplicado y la deformación resultante dentro del rango elástico del concreto. Alexander y Mindess (2010) señalan que este parámetro depende principalmente de la densidad y la resistencia a compresión, así como del tipo y módulo de los agregados utilizados.

2.1.10.2 Resistencia a la compresión. Corresponde a la capacidad del concreto de soportar esfuerzos axiales sin fallar. Mehta y Monteiro (2014) destacan que esta propiedad es la más importante en el diseño estructural, ya que influye en la selección de la relación agua-cemento, el tipo de cemento y el proceso de curado.

2.1.10.3 Durabilidad. Es la habilidad del concreto para resistir las acciones físicas y químicas del entorno sin sufrir deterioro apreciable en su desempeño o apariencia. Kosmatka et al. (2011) afirman que la durabilidad depende de la baja permeabilidad, un adecuado curado y una selección apropiada de materiales que reduzca la penetración de agentes agresivos.

2.1.10.4 Impermeabilidad. Se relaciona directamente con la porosidad y permeabilidad del concreto. Según Mindess et al. (2003), el control de la relación agua-cemento, una adecuada compactación y el curado oportuno son factores determinantes para obtener concretos con baja permeabilidad y, por tanto, alta durabilidad.

2.1.11 Ensayo del Concreto en Estado Fresco

2.1.11.1 Ensayo de asentamiento. Este ensayo se utiliza para determinar la consistencia y trabajabilidad del concreto fresco. De acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP 339.035:2022 (*Concreto. Determinación del asentamiento*), el método consiste en llenar un molde troncocónico en tres capas compactadas uniformemente, retirando luego el molde de manera vertical para medir el descenso del concreto con una regla metálica o wincha. Según Neville (2011), el asentamiento refleja la fluidez del concreto: valores bajos indican una mezcla rígida y difícil de colocar, mientras que asentamientos excesivos pueden generar segregación y pérdida de resistencia.

2.1.11.2 Ensayo de temperatura. La temperatura del concreto recién mezclado se determina siguiendo la NTP 339.184:2021 (*Concreto. Determinación de la temperatura del concreto*). Esta medición se realiza insertando un termómetro en el concreto fresco, evitando el contacto directo con los agregados gruesos. Según Kosmatka et al. (2011), mantener una temperatura adecuada durante el mezclado y vaciado (entre $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$) es esencial para controlar el tiempo de fraguado y prevenir fisuración por contracción térmica.

Estas pruebas permiten evaluar las propiedades iniciales del concreto y asegurar su conformidad con los requisitos de diseño, garantizando una adecuada trabajabilidad y calidad antes del vaciado en moldes, los cuales se elaboraron conforme a la práctica establecida en la NTP 339.183:2021, que regula la preparación y curado de especímenes en laboratorio.

2.1.12 Ensayo del Concreto en Estado Endurecido

2.1.12.1 Resistencia a la compresión del concreto. La resistencia a la compresión es una de las propiedades mecánicas más importantes del concreto endurecido, definida como su capacidad para soportar cargas axiales sin fallar. Se expresa en unidades de presión (kg/cm^2 o MPa) y constituye el principal criterio de aceptación en el control de calidad de mezclas y estructuras de concreto.

Según Bedoya (2018), esta propiedad refleja la capacidad del concreto para resistir los esfuerzos de carga aplicados, siendo fundamental la calidad de los materiales, la adecuada dosificación y el correcto proceso de curado. Asimismo, factores como el mezclado, transporte y vibrado influyen directamente en los resultados obtenidos (p. 22).

Por su parte, Sánchez (2001) señala que la resistencia a la compresión se evalúa mediante ensayos mecánicos, siendo el más representativo el de rotura de cilindros o testigos de concreto, clasificado como un ensayo destructivo, ya que implica la falla del espécimen bajo carga axial. Este método permite conocer el comportamiento del concreto a diferentes edades, como 7, 14 y 28 días, y validar si cumple con la resistencia de diseño especificada (p. 138).

El procedimiento de ensayo se encuentra regulado por la Norma Técnica Peruana NTP 339.034:2021 (*Concreto. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos*), emitida por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), la cual establece las condiciones de carga, dimensiones de las probetas, tasas de aplicación y tolerancias de ensayo. En el presente estudio, las probetas fueron diseñadas para una

resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, evaluadas a 7, 14 y 28 días, bajo curado por inmersión en agua. La siguiente tabla resume los márgenes de tolerancia aceptados para las edades de ensayo, de acuerdo con la NTP 339.034:

Tabla 3
Edades de ensayos y tolerancias permisibles.

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24h	$\pm 0,5 \text{ h o } 2,1 \%$
3 d	$\pm 2 \text{ h o } 2,8 \%$
7 d	$\pm 6 \text{ h o } 3,6 \%$
28 d	$\pm 20 \text{ h o } 3,0 \%$
90 d	$\pm 48 \text{ h o } 2,2 \%$

Nota. Adaptado de Norma Técnica Peruana 339.034 (p.12), por Instituto Nacional de Calidad, 2021.

Estas tolerancias garantizan que los resultados obtenidos sean representativos y comparables, aun cuando los ensayos no se realicen exactamente en la edad nominal, contribuyendo así a la confiabilidad del control de calidad del concreto.

2.1.12.1.1 Cálculo. Se indica en el INACAL (2021), mediante la NTP 339.034:2021 que la resistencia es obtenida dividiendo la carga axial máxima aplicada en el testigo por el área de la sección transversal de este.

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Donde P es la carga máxima aplicada por la máquina (Kg o N) y A es el área de la sección transversal del cilindro (cm^2 o mm^2). Este valor representa la capacidad del concreto para resistir esfuerzos de compresión bajo condiciones controladas de ensayo.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

3.1.1.1 Según el propósito del estudio.

Aplicada: Esta investigación es de tipo aplicada, ya que, según Tacillo (2016), la investigación aplicada se orienta a resolver problemas prácticos mediante la utilización de teorías y leyes científicas comprobadas (p. 88). En este contexto, el estudio emplea los principios de la mecánica de materiales y la tecnología del concreto para abordar una necesidad específica: evaluar el comportamiento del concreto con reemplazo parcial de agregado fino por conchas de abanico trituradas.

3.1.1.2 Enfoque de la investigación.

Cuantitativo: El estudio adopta un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos para probar la hipótesis y establecer patrones de comportamiento. Esto se logra a través de la medición estandarizada de la resistencia a la compresión ($f'c$) y el uso de la estadística. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), este enfoque es el más adecuado, ya que permite establecer patrones de comportamiento de forma precisa al utilizar el conteo y la estadística.

3.1.1.3 Alcance del estudio.

Explicativo: La investigación es de nivel explicativo al centrarse en la relación causa y efecto entre variables. Según Arias (2012), este nivel procura la identificación de las variables dependientes e independientes para establecer las relaciones que las vinculan. El estudio busca, por lo tanto, explicar cómo el reemplazo del agregado fino, afecta la resistencia a la compresión del concreto.

3.1.2 Diseño de investigación

3.1.2.1 Experimental. El estudio adopta un diseño experimental, dado que se manipula una variable independiente, porcentaje de reemplazo de agregado fino por conchas de abanico trituradas para observar su efecto sobre la variable dependiente, la resistencia a la compresión ($f'c$). De acuerdo con Tamayo y Tamayo (2003), el experimento consiste en el control y modificación de ciertas variables con el propósito de analizar sus efectos y establecer relaciones de causa y efecto (p. 47). En este caso, el análisis se realiza a través de ensayos de laboratorio comparando los resultados obtenidos para diferentes porcentajes de sustitución.

3.2 Variables y operacionalización

Durante el desarrollo experimental se controlaron las variables involucradas, diferenciando las independientes e independientes, según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4
Variables y su operacionalización.

Variable	Indicador	Unidad de medida	Técnica e instrumentos de recolección de datos
Variable independiente	Conchas de abanico y aditivo plastificante chema plast	Peso en porcentajes de conchas de abanico en 5%,25% y 50% del peso del agregado fino	Porcentaje en peso (%)
Variable dependiente	Resistencia a la compresión ($f'c=210\text{kg/cm}^2$)	Ensayo de Resistencia a la Compresión	Kg/cm ²
			Técnica: Observación y medición Instrumentos: Normas Técnicas Peruanas (NTP)

Nota. Elaboración propia.

3.3 Población y muestra

La población del estudio estuvo conformada por un total de 96 probetas cilíndricas de concreto, elaboradas para evaluar la resistencia a la compresión. De ellas, 24 correspondieron al concreto patrón (sin reemplazo de agregado fino) y 72 a concretos con sustitución parcial del agregado fino por conchas de abanico trituradas en proporciones de 5 %, 25 % y 50 %, ensayadas a las edades de 7, 14 y 28 días.

En este estudio, la muestra coincidió con la totalidad de la población, ya que se analizaron todas las probetas fabricadas. Por tanto, no se realizó un muestreo probabilístico, sino un censo experimental completo, lo que permitió obtener resultados más representativos y confiables sobre el comportamiento del concreto bajo cada condición de reemplazo.

Se muestra la información en la tabla:

Tabla 5

Población y muestra.

Tipo	% de conchas de abanico	Muestra			Total, de probetas
		Resistencia a la compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$			
		7 días	14 días	28 días	
Concreto Patrón	0%	8	8	8	24
Concreto con sustitución de concha de abanico triturada	5%	8	8	8	24
	25%	8	8	8	24
	50%	8	8	8	24
Total		32	32	32	96

Nota. Elaboración propia.

3.4 Técnicas e instrumentos de Investigación

3.4.1 Técnicas

3.4.1.1 Observación. En este estudio, la técnica empleada es la observación.

Mediante esta técnica, se podrá registrar y analizar el comportamiento de las probetas de concreto al ser sometidas a pruebas de resistencia a la compresión, tanto del concreto patrón como del concreto modificado con conchas de abanico. La observación detallada de este proceso permitirá obtener información precisa sobre la respuesta de ambos tipos de concreto durante los ensayos.

3.4.1.2 Medición. Es la técnica central de la investigación cuantitativa. Se utilizó para obtener los datos numéricos exactos de la variable dependiente. Consistió en el registro preciso del valor de la resistencia a la compresión ($f'c$) de todas las probetas de concreto, empleando para ello instrumentos y equipos calibrados.

3.4.1.3 Análisis documental. Esta técnica fue esencial para establecer el sustento teórico de la investigación. Consistió en la revisión exhaustiva y sistemática de normas técnicas (NTP, ASTM), estudios previos sobre materiales alternativos en concreto, y literatura científica fundamental para el diseño de mezclas y el análisis de resultados.

3.4.2 Instrumentos

Los instrumentos de investigación, son recursos los cuales recogen diversas afirmaciones, preguntas o proposiciones relacionadas con el fenómeno de estudio. A través de este, se pretende recopilar datos o información que luego serán analizados, evaluados e interpretados. (Tacillo,2016, p.70).

3.4.3 Equipos

Se utilizaron los siguientes equipos:

- Balanza de precisión.
- Cono de Abrams.
- Trompo eléctrico para el mezclado de concreto.
- Termómetro para el concreto fresco.
- Moldes metálicos de 15 cm de diámetro y con una altura de 30 cm.
- Máquina de compresión universal.

3.4.4 Materiales

Para esta investigación se utilizaron los siguientes materiales:

3.4.4.1 Agregados. Para el agregado fino se extrajo de la cantera “La Victoria” y para el agregado grueso de la cantera “Tres Tomas”. Las canteras fueron seleccionadas por la excelente pureza y la calidad de los materiales que proporcionan.

Tabla 6

Selección de los agregados.

Selección del agregado grueso	Selección del agregado fino
Ø1/2”	Arena gruesa

3.4.4.1.1 Ubicación de las canteras. La cantera tres tomas se ubica en el distrito de Mesones Muro, provincia de Ferreñafe, la cantera es fuente de material aluvial fluvial (grava y arena gruesa) y la cantera La Victoria se ubica en el sector Pampa La Victoria en el distrito de Pátapo, provincia de Chiclayo, esta cantera es fuente de agregado fino y hormigón.

Figura 86

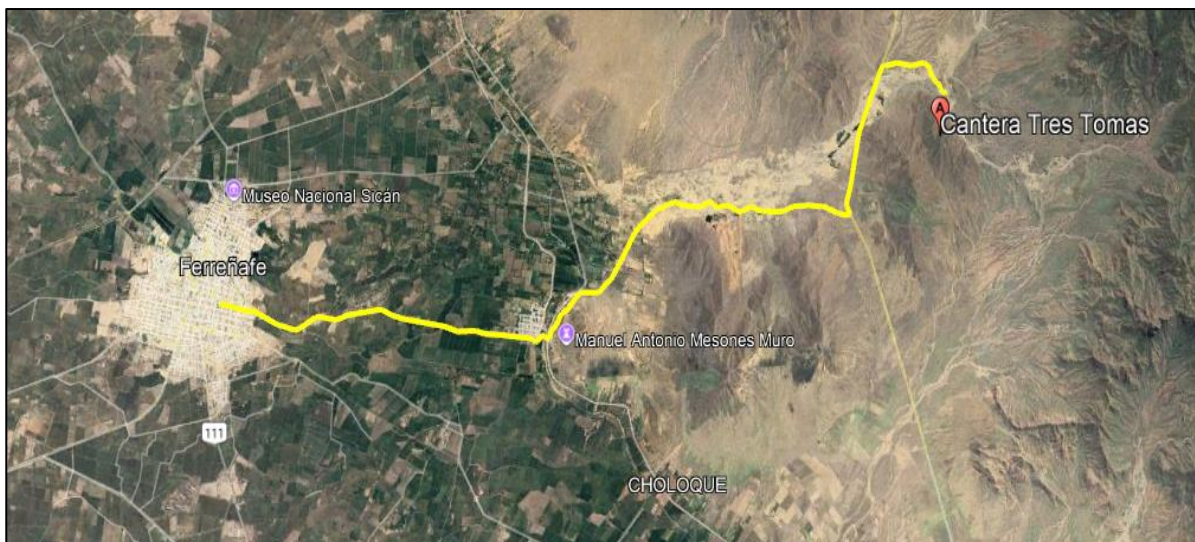
Recorrido hacia la cantera "La Victoria".



Nota. La Cantera "La Victoria" tiene una distancia aproximada de 5km partiendo desde Pátapo y partiendo desde Chiclayo aproximadamente 30km. Fuente. Google Earth.

Figura 87

Recorrido hacia la cantera "Tres Tomas".



Nota. La Cantera "Tres Tomas" se encuentra aproximadamente 16.2km de distancia desde el centro de la ciudad de Ferreñafe y desde Chiclayo una distancia de 34.4km aproximadamente. Fuente. Google Earth.

El agregado grueso fue provisto por la planta de trituración “Corporación Asfaltos y Pavimentos Castillo S.A.C” de la Cantera Tres Tomas, asegurando la granulometría y calidad requerida por la normativa.

Figura 88

Visita a la planta Chancadora Corporación Asfaltos y Pavimentos Castillo S.A.C.



Nota. Vista de la zona de producción donde se aprecia una zaranda responsable de la clasificación y segregación por tamaño de las distintas fracciones granulométricas (1/2”, 3/8”, etc.) del agregado grueso.

Figura 89

Materiales agregados clasificados en planta chancadora.



Nota. Distribución y almacenamiento de los agregados gruesos. Se aprecian las pilas de material segregadas según su tamaño máximo nominal, evidenciando el control de calidad en la cantera al separar las distintas fracciones granulométricas listas para su despacho.

Figura 90

Acopio de Agregado Grueso de 1/2”.

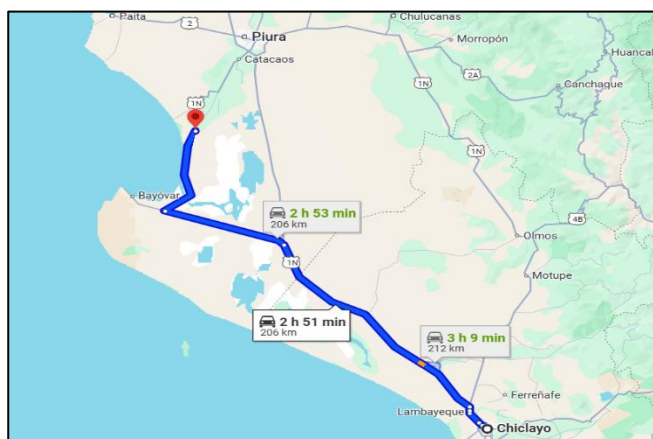


Nota. Muestra representativa de agregado grueso triturado (T.M.N. de 1/2”).

3.4.4.2 Conchas de abanico. En cuanto a las conchas de abanico, al ser un recurso proveniente del mar, se extrajeron directamente desde el litoral de la playa de Chulliyachi, en Sechura, siguiendo la ruta de Chiclayo a Piura, como se indica en la figura. La recolección se realizó en puntos estratégicos del área, garantizando una muestra suficiente y aleatoria de conchas de abanico para su posterior tratamiento y caracterización en el laboratorio.

Figura 91

Ruta de Chiclayo a Piura.



Nota. Fuente. Google Maps.

Figura 92

Playa de Chuyillachi.



Nota. Botadero municipal de conchas de abanico con un perímetro de 1.85 km y un área aproximadamente de 14.94 ha. *Fuente.* Google Earth.

3.4.4.3 Cemento. Para los ensayos se usó el Cemento Portland Pacasmayo compuesto tipo ICo Extraforte, con una densidad de 2.95 g/mL.

3.4.4.4 Aditivo. Se utilizó el aditivo plastificante Chema Plast, el cual es un reductor de agua y plastificante, que permite una reducción de agua hasta 10%, generando aumento de la resistencia a la compresión y durabilidad de concreto. Tiene además propiedades de reducir la permeabilidad del concreto.

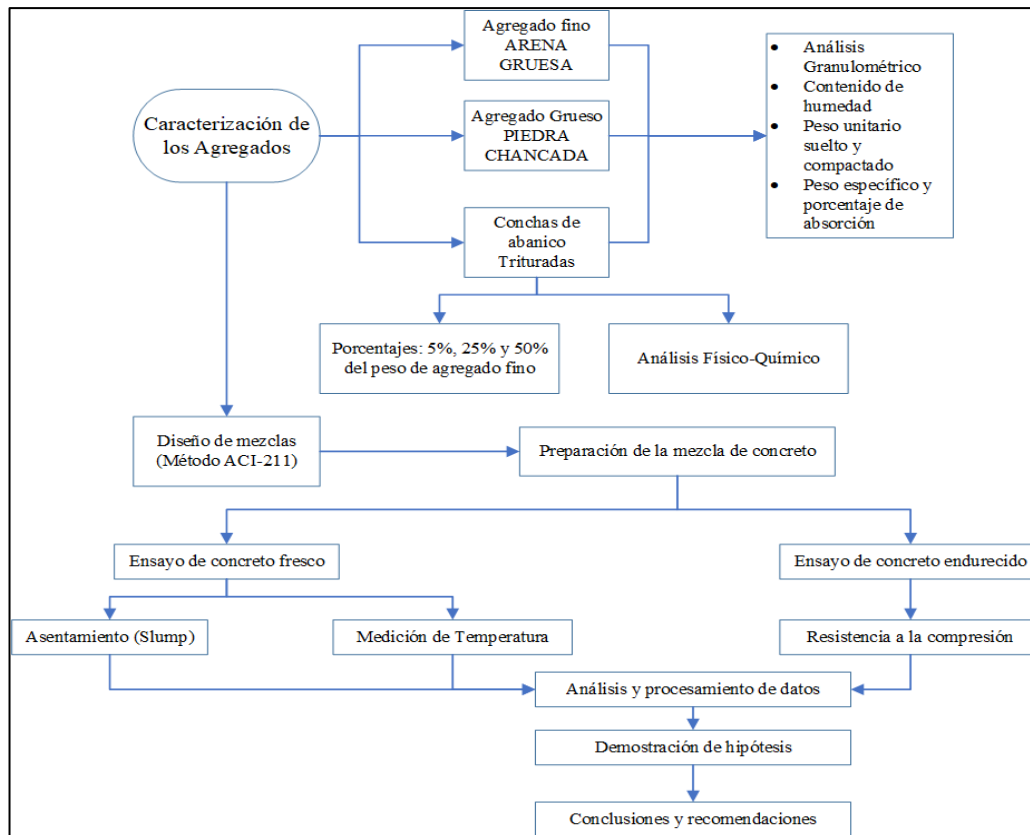
3.4.4.5 Agua. El agua es de carácter potable.

3.4.5 Proceso para la obtención de datos

La recolección de la información necesaria para la evaluación de las variables sigue un proceso estrictamente organizado. Este conjunto de etapas ha sido diseñado para asegurar la trazabilidad y la rigurosidad en el registro de los datos que permitirán contrastar las hipótesis iniciales.

Figura 93

Diagrama de flujo del proceso de la investigación.



Nota. Elaboración propia.

3.4.6 Análisis de resultados e interpretación

El tratamiento de los datos recolectados se inició con la organización y sistematización de los valores de resistencia en tablas y gráficos empleando el programa Microsoft Office Excel. Posteriormente, la información fue migrada al software estadístico SPSS Statistics V27, plataforma que permitió aplicar los procedimientos necesarios para la evaluación inferencial. Adicionalmente, para el análisis de la factibilidad económica, se empleó el software S10 Costos y Presupuestos, herramienta utilizada para la elaboración del presupuesto, la estructura de costos y la evaluación de la rentabilidad del concreto modificado.

CAPÍTULO 4: PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Este capítulo detalla la ejecución de los ensayos y cálculos para la caracterización de materiales, diseño de mezclas y elaboración de especímenes de concreto, siguiendo la metodología definida. El rigor en los procedimientos normalizados fue fundamental para la validez de los resultados. Inicialmente, se presentan los resultados de la caracterización físico-mecánica de los agregados (fino y grueso), las conchas de abanico trituradas (incluyendo análisis químico), el cemento Portland Compuesto Tipo ICo y el aditivo Chema Plast, asegurando el cumplimiento de requisitos normativos (NTP 400.037:2021) y obteniendo los parámetros para el diseño.

Posteriormente, se describe la aplicación del Método ACI 211.1 para determinar las dosificaciones corregidas del concreto patrón ($f'c = 210$ kg/cm²) y las mezclas con 5%, 25% y 50% de reemplazo, incluyendo los ajustes por humedad, absorción y aditivo. Luego, se detalla el proceso estandarizado de elaboración de las mezclas en laboratorio, utilizando una tanda de 0.0305 m³ y una mezcladora de 3 pies cúbicos. Se describe la secuencia de incorporación de materiales y los tiempos de mezclado (NTP 339.033:2021). Se incluyen figuras ilustrativas del proceso.

Luego, se especifican los procedimientos para los ensayos en estado fresco: muestreo (NTP 339.036:2017), medición de temperatura (NTP 339.184:2021) y determinación del asentamiento (Slump) (NTP 339.035:2022). Finalmente, se describe la elaboración y curado de las probetas cilíndricas de 15x30 cm (NTP 339.033, NTP 339.034:2021) y el procedimiento del ensayo de resistencia a la compresión (NTP 339.034:2021) realizado a los 7, 14 y 28 días.

4.1 Caracterización de los agregados

4.1.1 Ensayos del agregado grueso

4.1.1.1 Análisis granulométrico del agregado grueso.

Tabla 7

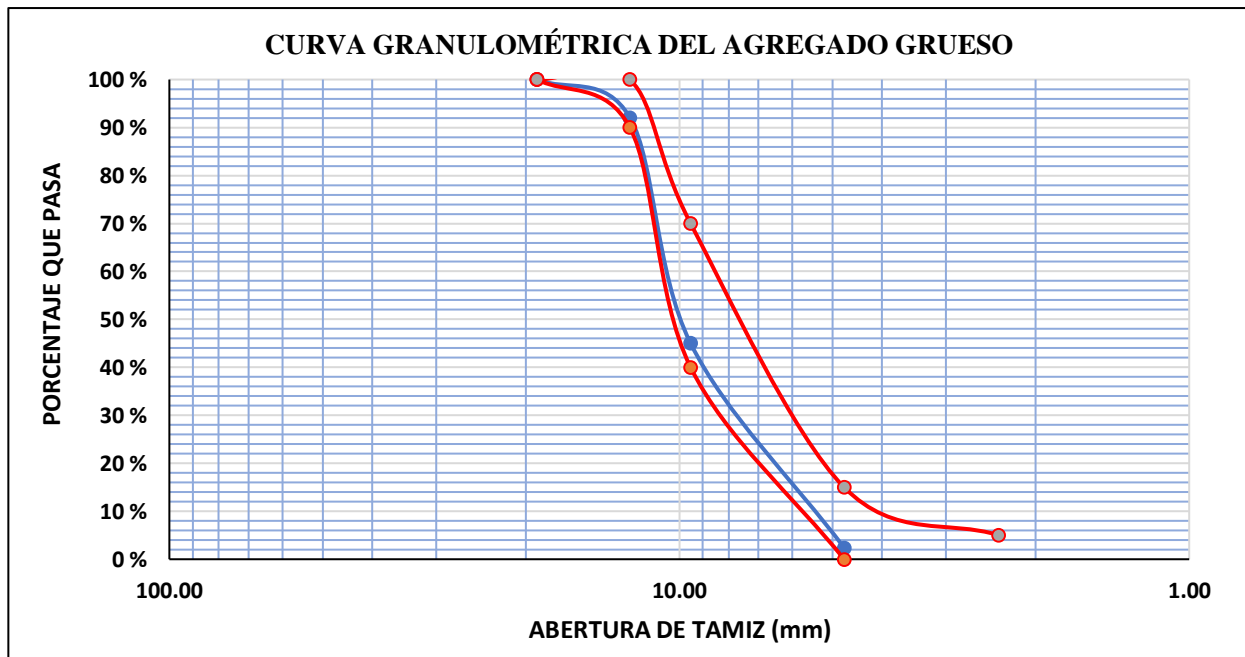
Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso.

ANÁLISIS DEL AGREGADO GRUESO						
MUESTRA		AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA “TRES TOMAS”				N.T. APLICADAS:
PESO MUESTRA (g)		5000.00				NTP 400.012
PESO MUESTRA TAMIZADA (g)		5000.00				NTP 400.012
TAMICES ASTM (Pulg.)	ABERT. (mm.)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO		
				RETENIDO (%)	PASA (%)	
1 1/2"	38.10	0	-	-	100.00	TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO
1"	25.00	0	-	-	100.00	3/4"
3/4"	19.00	0	-	-	100.00	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO
1/2"	12.50	395.4	7.91	7.91	92.09	1/2"
3/8"	9.50	2354.8	47.10	55.00	45.00	EL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO NO DEBERÁ SER MAYOR QUE
N° 4	4.75	2129.7	42.59	97.60	2.40	a) 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrado
N° 8	2.36	0	0.00	97.60	2.40	b) 1/3 del peralte de losas
N° 16	1.18	0	0.00	97.60	2.40	c) 3/4 del espacio libre mínimo entre barras
N° 30	0.60	0	0.00	97.60	2.40	
N° 50	0.30	0	0.00	97.60	2.40	
N° 100	0.15	0	0.00	97.60	2.40	
N° 200	0.074	0	0.00	97.60	2.40	
Fondo		120.1	2.40	100.00	0.00	

Nota. Elaboración propia.

Figura 94

Curva granulométrica del agregado grueso.



Nota. Elaboración propia.

El análisis granulométrico (Tabla 7) determinó un Tamaño Máximo Nominal (TMN) de 1/2” para el agregado grueso. La curva granulométrica obtenida en la figura 94 se situó consistentemente dentro de los límites de las especificaciones superior e inferior, lo que confirma una gradación adecuada del material para su uso en la mezcla de concreto.

4.1.1.2 Contenido de humedad del agregado grueso.

Tabla 8

Contenido de humedad del agregado grueso.

CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO		
Descripción	Cantidad	Unidad
1.Peso del recipiente + muestra húmeda	7500	g
2.Peso del recipiente + muestra seca	7472.4	g
3.Peso de agua	27.6	g
4.Peso del recipiente	604.8	g
5.Peso de muestra seca	6867.6	g
6.Contenido de humedad (%)	0.402	%

Nota. Elaboración propia.

De la tabla 8 se obtuvo el contenido de humedad del agregado grueso, el cual fue de 0.402% (NTP 339.185:2021). Este bajo porcentaje es óptimo, ya que indica que el agregado se encuentra próximo a la condición seca, minimizando así la corrección de agua libre requerida durante el diseño de mezcla.

4.1.1.3 Peso unitario del agregado grueso.

Tabla 9

Resultados del peso unitario suelto y compactado de muestra N° 1.

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO: SUELTO Y COMPACTADO M - 1		
TIPO DE AGREGADO:	Piedra Chancada	
PROCEDENCIA:	Cantera Tres Tomas	
NORMA:	NTP 400.017	
MUESTRA:	M-1	
PESO UNITARIO SUELTO - M1		
TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra suelta + molde	29.6710	Kg
Peso del molde	9.725	Kg
Peso de la muestra suelta	19.946	Kg
Volumen del molde	0.0141	m^3
Peso volumétrico suelto	1414.61	Kg/m^3
PESO UNITARIO COMPACTADO - M1		
TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra compactada + molde	30.4026	Kg
Peso del molde	9.725	Kg
Peso de la muestra	20.6776	Kg
Volumen del molde	0.0141	m^3
Peso volumétrico compactado	1466.50	Kg/m^3

Nota. Elaboración propia.

Tabla 10

Resultados del peso unitario suelto y compactado de muestra N° 2.

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO: SUELTO Y COMPACTADO M - 2		
TIPO DE AGREGADO:	Piedra Chancada	
PROCEDENCIA:	Cantera Tres Tomas	
NORMA:	NTP 400.017	
MUESTRA:	M-2	
PESO UNITARIO SUELTO - M2		
TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra suelta + molde	29.6830	Kg
Peso del molde	9.725	Kg
Peso de la muestra suelta	19.958	Kg
Volumen del molde	0.0141	m^3
Peso volumétrico suelto	1415.46	Kg/m^3
PESO UNITARIO COMPACTADO - M2		
TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra compactada + molde	30.4170	Kg
Peso del molde	9.725	Kg
Peso de la muestra	20.692	Kg
Volumen del molde	0.0141	m^3
Peso volumétrico compactado	1467.52	Kg/m^3

Nota. Elaboración propia.

Tabla 11

Resultados del peso unitario suelto y compactado de muestra N° 3.

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO: SUELTO Y COMPACTADO M - 3		
TIPO DE AGREGADO:	Piedra Chancada	
PROCEDENCIA:	Cantera Tres Tomas	
NORMA:	NTP 400.017	
MUESTRA:	M-3	
PESO UNITARIO SUELTO - M3		
TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra suelta + molde	29.7590	Kg
Peso del molde	9.725	Kg
Peso de la muestra suelta	20.034	Kg
Volumen del molde	0.0141	m^3
Peso volumétrico suelto	1420.85	Kg/m^3
PESO UNITARIO COMPACTADO - M3		
TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra compactada + molde	30.3890	Kg
Peso del molde	9.725	Kg
Peso de la muestra	20.664	Kg
Volumen del molde	0.0141	m^3
Peso volumétrico compactado	1465.53	Kg/m^3

Nota. Elaboración propia.

Tabla 12

Peso unitario suelto promedio y compactado promedio del agregado grueso.

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO - PROMEDIO					
TIPO DE AGREGADO:	PIEDRA CHANCADA				
PROCEDENCIA:	CANTERA TRES TOMAS				
NORMA:	NTP 400.017				
MUESTRA:	PROMEDIO				
RESUMEN PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO					
DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			PROMEDIO	UNIDAD
	M - 1	M - 2	M - 3		
PESO UNITARIO SUELTO (PUS)	1414.61	1415.46	1420.85	1416.97	Kg/m³
PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC)	1466.50	1467.52	1465.53	1466.52	Kg/m³

Nota. Elaboración propia.

De la tabla 12 se tienen los pesos unitarios suelto y compactado del agregado grueso, determinados mediante el método NTP 400.017:2020, fueron de 1416.97 kg/m^3 y 1466.52 kg/m^3 respectivamente. Estos valores son consistentes con la densidad de agregados convencionales y son esenciales para el cálculo del volumen absoluto en la dosificación de la mezcla.

4.1.1.4 Peso específico y absorción del agregado grueso.

Tabla 13

Peso específico y absorción del agregado grueso.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO		
TIPO DE AGREGADO:	PIEDRA CHANCADA	
PROCEDENCIA:	Cantera Tres Tomas	
NORMA:	NTP 400.021	
PESO DE MUESTRA:	5000 g	

PESO ESPECÍFICO DE MASA		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
A= Peso de la muestra seca al horno	4961.6	g
B= Peso de la muestra saturada con superficie seca	5016.4	g
PESO DE LA MUESTRA SSS DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA	4586.9	g
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA	1486.2	g
C= Peso de la muestra sumergida	3100.7	g
PEM = A / (B - C)	2.590	g/cm³

GRADO DE ABSORCIÓN		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
A= Peso de la muestra seca al horno	4962	g
B= Peso de la muestra saturada con superficie seca	5016.4	g
Grado de Absorción = (B - A) * 100 / A	1.104	%

Nota. Elaboración propia.

De la tabla 13 se tienen los resultados de peso específico de masa (2.590 g/cm³) y absorción (1.101%) del agregado grueso, los cuales cumplen con los valores esperados para un agregado grueso en el concreto, según la NTP 400.021:2020. El peso específico es adecuado e indica una densidad óptima, mientras que la absorción es baja, lo que sugiere una baja porosidad y es favorable para el control del agua y la durabilidad del concreto.

4.1.2 Ensayos del agregado fino

4.1.2.1 Análisis granulométrico del agregado fino.

Tabla 14

Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino.

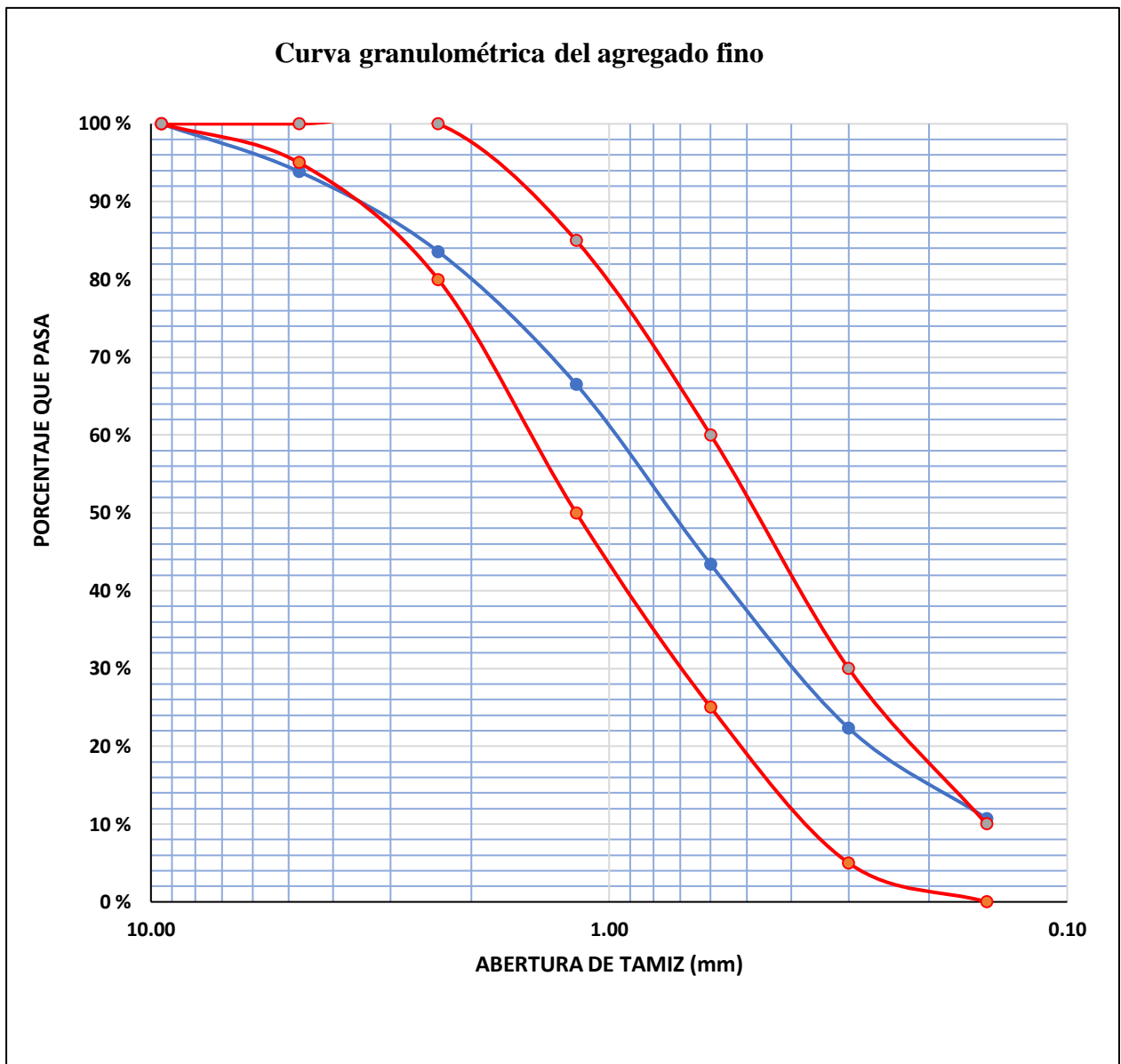
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO						
ANÁLISIS POR TAMIZADO						
MUESTRA		AGREGADO FINO DE LA CANTERA “LA VICTORIA”				N.T.
PESO MUESTRA (g)						APLICADAS:
PESO MUESTRA TAMIZADA (g)						NTP 400.012
TAMICES ASTM (Pulg.)	ABERT. (mm.)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO		NTP 400.037
				RETENIDO (%)	PASA (%)	
3/8"	9.50	0	-	-	100.00	FINOS
N° 4	4.75	61.4	6.14	6.14	93.86	
N° 8	2.36	102.8	10.28	16.42	83.58	42.4 g
N° 16	1.18	170.5	17.05	33.47	66.53	
N° 30	0.60	231.6	23.16	56.63	43.37	MODULO DE FINURA
N° 50	0.30	210.4	21.04	77.67	22.33	
N° 100	0.15	116	11.60	89.27	10.73	2.796
N° 200	0.074	64.9	6.49	95.76	4.24	
Fondo		42.4	4.24	100.00	0.00	

Nota. Elaboración propia.

De la tabla 14 se obtiene el módulo de finura el cual tiene un valor de 2.796, que de acuerdo con la NTP 400.037:2021, se clasifica como óptimo, ubicándose en el rango medio el cual oscila entre 2.3 y 3.1. Este valor garantiza una distribución granulométrica media y eficiente para la trabajabilidad y la economía de la pasta.

Figura 95

Curva granulométrica del agregado fino.



Nota. Elaboración propia.

En la figura 95 se observa que la curva granulométrica del agregado fino muestra una desviación menor del límite superior en el rango de tamices gruesos. Esto indica que el agregado es ligeramente más grueso en esta fracción que lo estipulado por los requisitos de la NTP 400.037:2021. Esta ligera desviación es aceptable y no compromete significativamente la trabajabilidad, dada su proximidad al límite.

4.1.2.2 Ensayo de material que pasa el tamiz N°200 en agregado fino.

Tabla 15

Porcentaje del material más fino que pasa el tamiz N°200 por lavado en el agregado fino.

PORCENTAJE DEL MATERIAL MÁS FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 POR LAVADO		
Descripción	Cantidad	Unidad
1.Peso seco de la muestra original	1000	g
2.Peso seco de la muestra luego del lavado	995.4	g
3.Porcentaje del material más fino que pasa el tamiz n°200 por lavado	0.46	%

Nota. Elaboración propia.

De la tabla 15, el contenido de material más fino que pasa el tamiz 75 µm (N°200) por lavado del agregado fino, determinado según la NTP 400.018:2020, resultó ser del 0.46%, valor que confirma la limpieza y calidad del agregado fino.

4.1.2.3 Contenido de humedad del agregado fino.

Tabla 16

Contenido de humedad del agregado fino.

CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO FINO		
Descripción	Cantidad	Unidad
1.Peso del recipiente + muestra húmeda	4319.5 g	g
2.Peso del recipiente + muestra seca	4284.3 g	g
3.Peso de agua	35.2 g	g
4.Peso del recipiente	317.1 g	g
5.Peso de muestra seca	3967.2 g	g
6.Contenido de humedad (%)	0.89 %	%

Nota. Elaboración propia.

Tal como se aprecia en la tabla 16, el contenido de humedad del agregado fino es de 0.89%, el cual es un valor representativo del material en campo. Este porcentaje es determinante para la corrección del agua libre en la dosificación, lo cual es vital para controlar la relación a/c.

4.1.2.4 Peso unitario del agregado fino.

Tabla 17

Peso unitario suelto y compactado de Arena de la Cantera La Victoria – M1.

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO: SUELTO Y COMPACTADO M - 1		
TIPO DE AGREGADO:	ARENA	
PROCEDENCIA:	Cantera La Victoria	
NORMA:	NTP 400.017	
MUESTRA:	M 1	
PESO UNITARIO SUELTO - M1		
TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra suelta + molde	9.8170	Kg
Peso del molde	5.3147	Kg
Peso de la muestra suelta	4.5023	Kg
Volumen del molde	0.0028	m ³
Peso volumétrico suelto	1607.96	Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO - M1		
TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra compactada + molde	10.1710	Kg
Peso del molde	5.3147	Kg
Peso de la muestra	4.8563	Kg
Volumen del molde	0.0028	m ³
Peso volumétrico compactado	1734.39	Kg/m ³

Nota. Elaboración propia.

Tabla 18

Peso unitario suelto y compactado de Arena de la Cantera La Victoria – M2.

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO: SUELTO Y COMPACTADO M - 2		
TIPO DE AGREGADO:	ARENA	
PROCEDENCIA:	Cantera La Victoria	
NORMA:	NTP 400.017	
MUESTRA:	M 2	
PESO UNITARIO SUELTO - M2		
TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra suelta + molde	9.8200	Kg
Peso del molde	5.3147	Kg
Peso de la muestra suelta	4.5053	Kg
Volumen del molde	0.0028	m ³
Peso volumétrico suelto	1609.04	Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO - M2		
TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra compactada + molde	10.1750	Kg
Peso del molde	5.3147	Kg
Peso de la muestra	4.8603	Kg
Volumen del molde	0.0028	m ³
Peso volumétrico compactado	1735.82	Kg/m ³

Nota. Elaboración propia.

Tabla 19

Peso unitario suelto y compactado de Arena de la Cantera La Victoria – M3.

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO: SUELTO Y COMPACTADO M - 3		
TIPO DE AGREGADO:	ARENA	
PROCEDENCIA:	Cantera La Victoria	
NORMA:	NTP 400.017	
MUESTRA:	M 3	
PESO UNITARIO SUELTO - M3		
TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra suelta + molde	9.8070	Kg
Peso del molde	5.3147	Kg
Peso de la muestra suelta	4.4923	Kg
Volumen del molde	0.0028	m ³
Peso volumétrico suelto	1604.39	Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO - M3		
TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra compactada + molde	10.1640	Kg
Peso del molde	5.3147	Kg
Peso de la muestra	4.8493	Kg
Volumen del molde	0.0028	m ³
Peso volumétrico compactado	1731.89	Kg/m ³

Nota. Elaboración propia.

Tabla 20

Peso unitario suelto y compactado de Arena de la Cantera La Victoria – Promedio.

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO - PROMEDIO					
TIPO DE AGREGADO:	ARENA				
PROCEDENCIA:	Cantera La Victoria				
NORMA:	NTP 400.017				
MUESTRA:	PROMEDIO				
RESUMEN PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO					
DESCRIPCION	ENSAYOS			PROMEDIO	UNIDAD
	M - 1	M - 2	M - 3		
PESO UNITARIO SUELTO (PUS)	1607.96	1609.04	1604.39	1607.13	Kg/m³
PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC)	1734.39	1735.82	1731.89	1734.04	Kg/m³

Nota. Elaboración propia.

La tabla 20 muestra los resultados de peso unitario del agregado fino, obtenidos conforme a la NTP 400.017:2020. El peso unitario suelto es de 1607.13 kg/m^3 y el compactado de 1734.04 kg/m^3 , estos valores son típicos y coherentes para arenas en la elaboración de concreto. Estos datos son fundamentales para la conversión de masas a volúmenes en el diseño de mezclas.

4.1.2.5 Peso específico y absorción del agregado fino.

Tabla 21

Peso específico de agregado fino.

PESO ESPECÍFICO DE AGREGADO FINO		
Descripción	Cantidad	Unidad
A Masa de la muestra seca al horno	495.4	g
B Masa del picnómetro llenado de agua	719.2	g
C Masa del picnómetro llenado de la muestra y agua	988	g
S Masa de la muestra saturada superficialmente seca	500	g
$PE = A / (B + S - C)$	2.14	g/cm³

Nota. Elaboración propia.

Conforme a la tabla 21, el agregado fino presentó un peso específico de 2.14 g/cm³, dicho valor se obtiene aplicando la NTP 400.022:2024, si bien dicho valor se encuentra ligeramente por debajo del rango común para arenas naturales (2.50 – 2.70 g/cm³), se considera aceptable para efectos de esta investigación, ya que no se detectaron impurezas ni partículas perjudiciales.

Tabla 22

Absorción de agregado fino.

ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO		
Descripción	Cantidad	Unidad
A Masa de la muestra seca al horno	495.4	g
S Masa de la muestra saturada superficialmente seca	500	g
$Absorción = [(S - A) / A] \times 100$	0.93	%

Nota. Elaboración propia.

Según la tabla 22, la absorción del agregado fino es de 0.93%, el cual es un porcentaje bajo lo cual confirma que se trata de un material estable y no poroso, apto para su incorporación en mezclas de concreto sin comprometer su desempeño.

4.1.3 Ensayos de conchas de abanico.

4.1.3.1 Análisis granulométrico de conchas de abanico. Dado que las conchas de abanico son un material no convencional, con posible variabilidad en su forma y tamaño debido al proceso de trituración, se realizaron tres análisis granulométricos independientes para obtener una curva representativa y confiable. Esto permite identificar su clasificación según normas técnicas y comprobar si cumple con los requisitos exigidos para agregados finos en la elaboración de concreto.

Tabla 23

Análisis granulométrico N°01 de conchas de abanico trituradas.

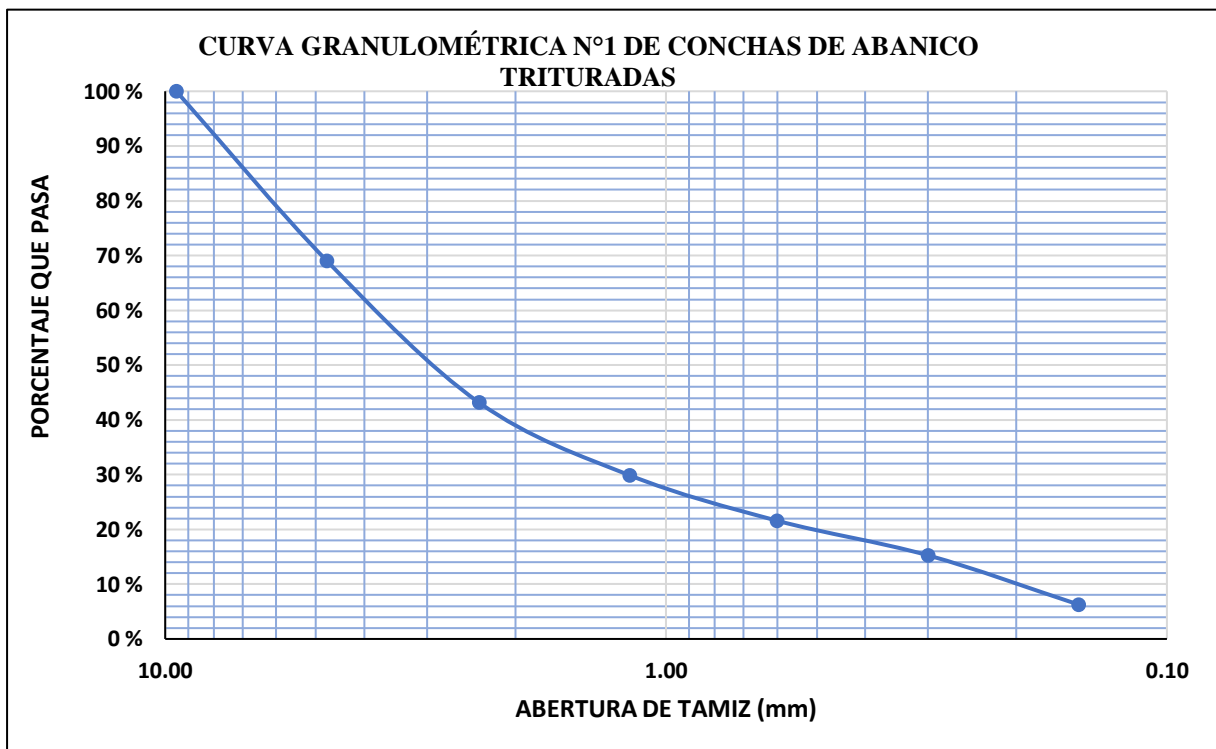
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO N° 01 DE LAS CONCHAS DE ABANICO						
ANÁLISIS POR TAMIZADO						
MUESTRA		Conchas de abanico trituradas				N.T. APLICADAS:
PESO MUESTRA (g)		1000.00				NTP 400.012
PESO MUESTRA TAMIZADA (g)		1000.00				
TAMICES ASTM (Pulg.)	ABERT. (mm.)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO		FINOS: 17.30 g MODULO DE FINURA
				RETENIDO (%)	PASA (%)	
3/8"	9.50	0	-	-	100.00	
N° 4	4.75	310.2	31.02	31.02	68.98	
N° 8	2.36	258.5	25.85	56.87	43.13	
N° 16	1.18	132.7	13.27	70.14	29.86	
N° 30	0.60	82.7	8.27	78.41	21.59	
N° 50	0.30	63.2	6.32	84.73	15.27	
N° 100	0.15	90	9.00	93.73	6.27	
N° 200	0.074	45.4	4.54	98.27	1.73	
Fondo		17.3	1.73	100.00	0.00	4.149

Nota. Elaboración propia.

El módulo de fineza obtenido fue de 4.149, valor que según la Tabla 23 indica que la concha de abanico triturada presenta una granulometría con una proporción significativa de partículas gruesas en comparación con un agregado fino convencional.

Figura 96

Curva granulométrica N°1 de conchas de abanico trituradas.



Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con la curva presentada en la figura 96, la distribución granulométrica del primer análisis muestra un agregado con predominancia de partículas medianas y gruesas, con un porcentaje significativo retenido en tamices mayores a 2.36 mm. La curva, con pendiente suave y escalonada, indica que el material tiene poca fracción fina, lo cual es favorable para el uso parcial como agregado fino. En general, esta curva corresponde a un agregado con granulometría ligeramente gruesa, adecuada para mezclas en las que se busca reemplazar parcialmente el agregado fino, siempre considerando ajustes en la dosificación para equilibrar la distribución granulométrica total del concreto.

Tabla 24

Análisis granulométrico N°02 de conchas de abanico trituradas.

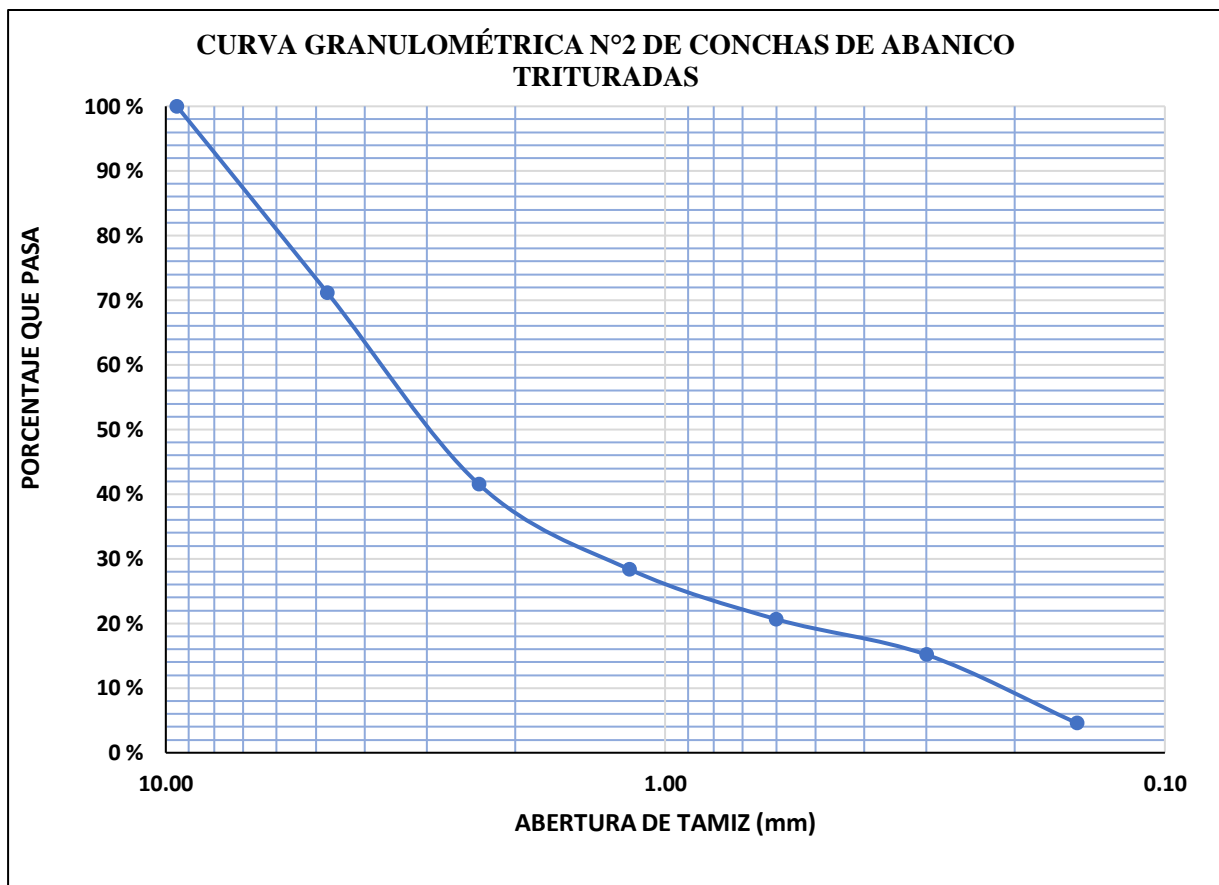
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO N° 02 DE LAS CONCHAS DE ABANICO						
ANÁLISIS POR TAMIZADO						
MUESTRA		Conchas de abanico trituradas				N.T. APLICADAS:
PESO MUESTRA (g)		1000.00				
PESO MUESTRA TAMIZADA (g)		1000.00				
TAMICES ASTM (Pulg.)	ABERT. (mm.)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO		NTP 400.012
				RETENIDO (%)	PASA (%)	
3/8"	9.50	0	-	-	100.00	FINOS:
N° 4	4.75	288.2	28.82	28.82	71.18	
N° 8	2.36	296.7	29.67	58.49	41.51	3.40 g
N° 16	1.18	131.3	13.13	71.62	28.38	
N° 30	0.60	77.2	7.72	79.34	20.66	
N° 50	0.30	55	5.50	84.84	15.16	MODULO DE FINURA
N° 100	0.15	105.8	10.58	95.42	4.58	
N° 200	0.074	42.4	4.24	99.66	0.34	
Fondo		3.4	0.34	100.00	0.00	4.185

Nota. Elaboración propia.

El módulo de fineza registrado fue de 4.185, mostrando una ligera variación con respecto al primer análisis, lo cual, de acuerdo con la Tabla 24, confirma una consistencia moderada en la granulometría del material.

Figura 97

Curva granulométrica N°2 de conchas de abanico trituradas.



Nota. Elaboración propia.

La curva del segundo análisis, según la figura 97, presenta un comportamiento similar con una ligera variación en la proporción de partículas gruesas, manteniendo una distribución bien escalonada y homogénea. Esto indica que el agregado mantiene características granulométricas constantes, con un porcentaje importante de partículas retenidas en tamices grandes. Esta distribución granulométrica reafirma su viabilidad para ser incorporada como reemplazo parcial del agregado fino en el concreto, ajustando la mezcla según las proporciones utilizadas.

Tabla 25

Análisis granulométrico N°03 de conchas de abanico trituradas.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO N° 03 DE LAS CONCHAS DE ABANICO

ANÁLISIS POR TAMIZADO

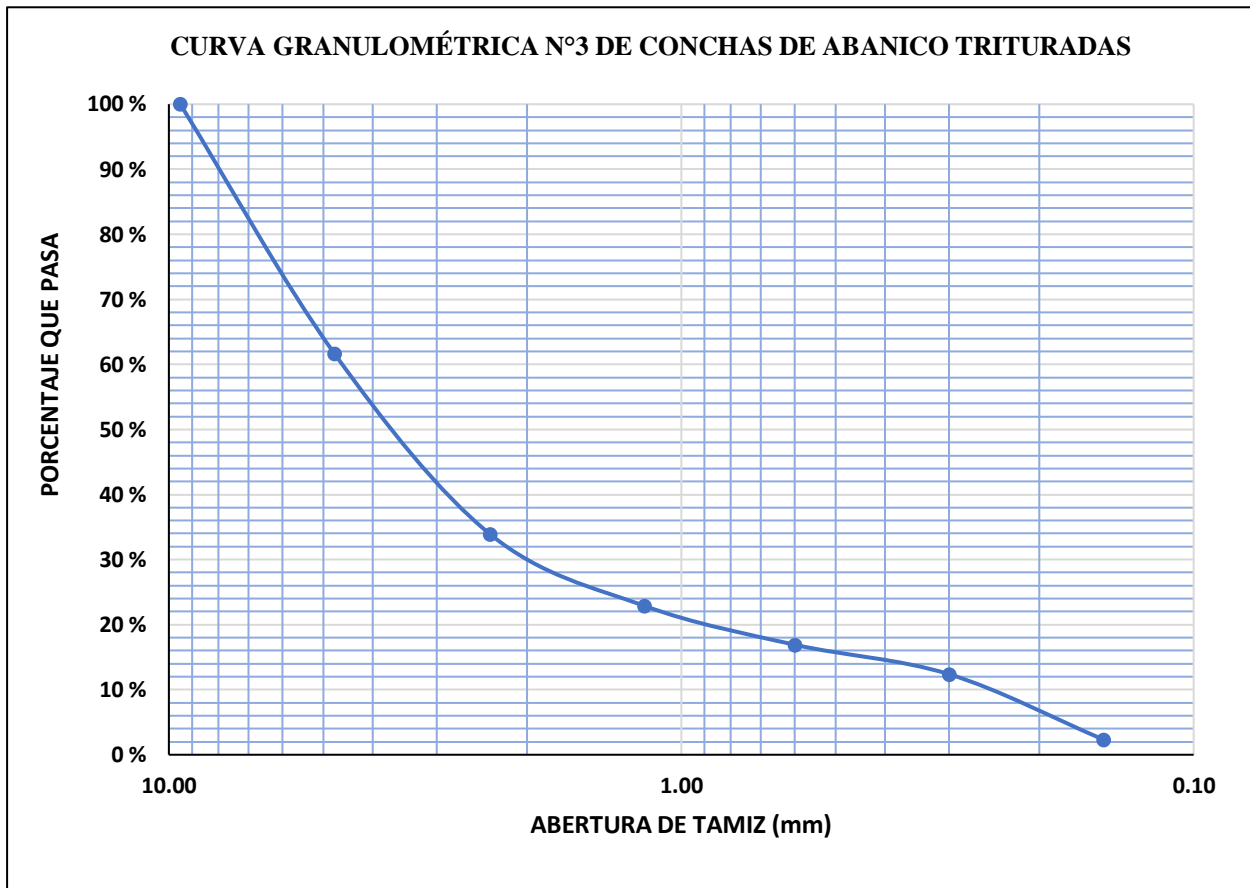
MUESTRA		Conchas de abanico				N.T. APLICADAS:
PESO MUESTRA (g)		1000.00				
PESO MUESTRA TAMIZADA (g)		1000.00				
TAMICES ASTM (Pulg.)	ABERT. (mm.)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO		NTP 400.012
				RETENIDO (%)	PASA (%)	
3/8"	9.50	0	-	-	100.00	FINOS:
N° 4	4.75	383.6	38.36	38.36	61.64	
N° 8	2.36	277.5	27.75	66.11	33.89	7.20 g
N° 16	1.18	110	11.00	77.11	22.89	
N° 30	0.60	59.8	5.98	83.09	16.91	
N° 50	0.30	45.3	4.53	87.62	12.38	MODULO DE FINURA
N° 100	0.15	100.4	10.04	97.66	2.34	
N° 200	0.074	16.2	1.62	99.28	0.72	
Fondo		7.2	0.72	100.00	0.00	4.499

Nota. Elaboración propia.

En el tercer análisis, el módulo de fineza fue de 4.499, el valor más alto entre los tres, que según la Tabla 25 sugiere una mayor presencia de partículas gruesas en esa muestra específica, reflejando la heterogeneidad natural del material triturado.

Figura 98

Curva granulométrica N°3 de conchas de abanico trituradas.



Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con la figura 98, la curva del tercer análisis muestra una mayor proporción de partículas gruesas retenidas en tamices grandes, lo que eleva el módulo de fineza y sugiere una granulometría más gruesa en comparación con los análisis anteriores. La pendiente de la curva confirma una distribución menos uniforme, reflejando la heterogeneidad del material. Por su mayor proporción de partículas gruesas, esta muestra debe ser utilizada con especial atención en la dosificación, pero sigue siendo compatible con el objetivo de reemplazar parcialmente al agregado fino en mezclas estructurales.

Tabla 26

Análisis granulométrico promedio de conchas de abanico trituradas.

PROMEDIO DE LOS 3 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS DE LAS CONCHAS DE ABANICO						
ANÁLISIS POR TAMIZADO						
MUESTRA		Conchas de abanico				N.T. APLICADAS:
PESO MUESTRA (g)		1000.00				
PESO MUESTRA TAMIZADA (g)		1000.00				
TAMICES ASTM (Pulg.)	ABERT. (mm.)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO		NTP 400.012
				RETENIDO (%)	PASA (%)	
3/8"	9.50	0	-	-	100.0 0	FINOS:
N° 4	4.75	327.3	32.73	32.73	67.27	
N° 8	2.36	277.6	27.76	60.49	39.51	9.30 g
N° 16	1.18	124.7	12.47	72.96	27.04	
N° 30	0.60	73.2	7.32	80.28	19.72	
N° 50	0.30	54.5	5.45	85.73	14.27	
N° 100	0.15	98.7	9.87	95.60	4.40	MODULO DE FINURA
N° 200	0.074	34.7	3.47	99.07	0.93	
Fondo		9.3	0.93	100.00	0.00	4.278

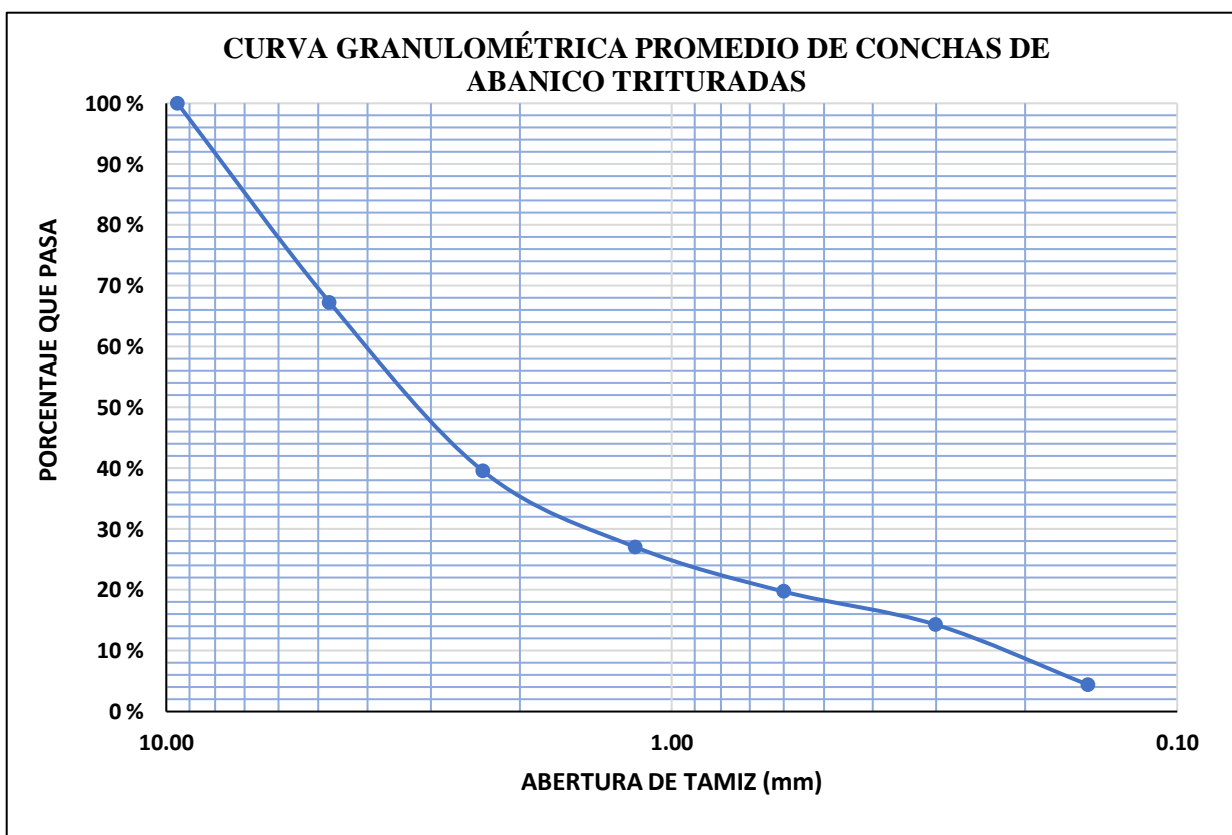
Nota. Elaboración propia.

El módulo de finura promedio fue de 4.277, valor superior al rango típico de los agregados finos (2.3–3.1). Esto indica que el material presenta una granulometría más gruesa, siendo adecuado únicamente para reemplazos parciales del agregado fino, con los ajustes necesarios en la dosificación del concreto.

Adicionalmente, se prefirió que las conchas de abanico trituradas mantuvieran una granulometría más cercana a un agregado fino grueso, evitando su pulverización excesiva. Esta decisión se tomó con el objetivo de reducir la absorción de agua del material y mantener su estabilidad física, ya que un tamaño de partícula demasiado fino podría aumentar la porosidad, dificultar el mezclado y afectar negativamente la trabajabilidad y la durabilidad del concreto.

Figura 99

Curva granulométrica promedio de conchas de abanico trituradas.



Nota. Elaboración propia.

Según la figura 99, la curva granulométrica promedio de las conchas de abanico presenta una forma escalonada con predominio de partículas medianas y gruesas. La baja proporción de finos indica una granulometría ligeramente gruesa, adecuada para ser utilizada como reemplazo parcial del agregado fino en mezclas de concreto.

4.1.3.2 Ensayo de material que pasa el tamiz N°200 en conchas de abanico.

Tabla 27

Porcentaje del material más fino que pasa el tamiz N°200 por lavado en las conchas de abanico trituradas.

PORCENTAJE DEL MATERIAL MÁS FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 POR LAVADO		
Descripción	Cantidad	Unidad
1.Peso seco de la muestra original	1000 g	g
2.Peso seco de la muestra luego del lavado	921.8 g	g
3.Porcentaje del material más fino que pasa el tamiz n°200 por lavado	7.82%	%
4.Porcentaje del material más fino que pasa el tamiz n°200 por lavado redondeado al 0.1%	7.8 %	%

Nota. Elaboración propia.

El 7.8% de finos pasa el tamiz N°200, cumpliendo con el límite máximo del 10% establecido por la NTP 400.018:2020 para agregados finos, lo que garantiza su aptitud para concreto estructural.

4.1.3.4 Ensayo de humedad de conchas de abanico.

Tabla 28

Contenido de humedad de las conchas de abanico trituradas.

CONTENIDO DE HUMEDAD DE CONCHAS DE ABANICO TRITURADAS		
Descripción	Cantidad	Unidad
1.Peso del recipiente + muestra húmeda	4325	g
2.Peso del recipiente + muestra seca	4313.8	g
3.Peso de agua	11.2	g
4.Peso del recipiente	284.4	g
5.Peso de muestra seca	4029.4	g
6.Contenido de humedad (%)	0.278	%

Nota. Elaboración propia.

El contenido de humedad de las conchas de abanico trituradas fue de 0.278%, valor determinado de acuerdo con el procedimiento establecido en la NTP 339.185:2021. Este bajo porcentaje de humedad asegura que el material esté en condiciones adecuadas para su uso en la fabricación de concreto, minimizando el riesgo de errores en la dosificación y garantizando una mezcla estable con la relación agua/cemento adecuada.

4.1.3.4 Ensayo de humedad de conchas de abanico.

Tabla 29

Peso unitario suelto y compactado de conchas de abanico trituradas – M1.

PESO UNITARIO DE CONCHAS DE ABANICO TRITURADAS: SUELTO Y COMPACTADO (M – 1)		
TIPO DE AGREGADO:	CONCHAS DE ABANICO TRITURADAS	
NORMA:	NTP 400.017	
MUESTRA:	M - 1	
PESO UNITARIO SUELTO - M1		
TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra suelta + molde	9.3339	Kg
Peso del molde	5.3147	Kg
Peso de la muestra suelta	4.0192	Kg
Volumen del molde	0.0028	m ³
Peso volumétrico suelto	1435.43	Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO - M1		
TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra compactada + molde	9.5778	Kg
Peso del molde	5.3147	Kg
Peso de la muestra	4.2631	Kg
Volumen del molde	0.0028	m ³
Peso volumétrico compactado	1522.54	Kg/m ³

Nota. Elaboración propia.

Tabla 30

Peso unitario suelto y compactado de las conchas de abanico trituradas – M2.

PESO UNITARIO DE CONCHAS DE ABANICO TRITURADAS: SUELTO Y COMPACTADO (M – 2)		
TIPO DE AGREGADO:	CONCHAS DE ABANICO TRITURADAS	
NORMA:	NTP 400.017	
MUESTRA:	M - 2	

PESO UNITARIO SUELTO - M2		
TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra suelta + molde	9.3176	Kg
Peso del molde	5.3147	Kg
Peso de la muestra suelta	4.0029	Kg
Volumen del molde	0.0028	m^3
Peso volumétrico suelto	1429.61	Kg/m^3

PESO UNITARIO COMPACTADO - M2		
TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra compactada + molde	9.6368	Kg
Peso del molde	5.3147	Kg
Peso de la muestra	4.3221	Kg
Volumen del molde	0.0028	m^3
Peso volumétrico compactado	1543.61	Kg/m^3

Nota. Elaboración propia.

Tabla 31

Peso unitario suelto y compactado de las conchas de abanico trituradas – M3.

PESO UNITARIO DE CONCHAS DE ABANICO TRITURADAS: SUELTO Y COMPACTADO (M – 3)		
TIPO DE AGREGADO:	CONCHAS DE ABANICO TRITURADAS	
NORMA:	NTP 400.017	
MUESTRA:	M - 3	
PESO UNITARIO SUELTO - M3		
TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra suelta + molde	9.3600	Kg
Peso del molde	5.3147	Kg
Peso de la muestra suelta	4.0453	Kg
Volumen del molde	0.0028	m ³
Peso volumétrico suelto	1444.75	Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO - M3		
TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra compactada + molde	9.6880	Kg
Peso del molde	5.3147	Kg
Peso de la muestra	4.3733	Kg
Volumen del molde	0.0028	m ³
Peso volumétrico compactado	1561.89	Kg/m ³

Nota. Elaboración propia

Tabla 32

Peso unitario suelto y compactado de las conchas de abanico trituradas – promedio.

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE CONCHAS DE ABANICO TRITURADAS - PROMEDIO					
TIPO DE AGREGADO:	CONCHAS DE ABANICO TRITURADAS				
NORMA:	NTP 400.017				
MUESTRA:	PROMEDIO				
RESUMEN PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO					
DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			PROMEDIO	UNIDAD
	M - 1	M - 2	M - 3		
PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)	1435.43	1429.61	1444.75	1436.60	Kg/m³
PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.)	1522.54	1543.61	1561.89	1542.68	Kg/m³

Nota. Elaboración propia.

Según la tabla 32, el peso unitario suelto de las conchas de abanico trituradas fue de 1436.60 kg/m³, y el compactado de 1542.68 kg/m³, determinados según la NTP 400.017:2020. El aumento en el peso unitario compactado indica una adecuada capacidad de compresión del material, lo que favorece su integración en mezclas de concreto estructural.

4.1.3.5 Peso específico de conchas de abanico.

Tabla 33

Peso específico de las conchas de abanico.

PESO ESPECÍFICO DE CONCHAS DE ABANICO		
Descripción	Cantidad	Unidad
A Masa de la muestra seca al horno	465.6	g
B Masa del picnómetro llenado de agua	719.2	g
C Masa del picnómetro llenado de la muestra y agua	1002.1	g
S Masa de la muestra saturada superficialmente seca	500	g
$PE= A/(B+S-C)$	2.14	g/cm³

Nota. Elaboración propia.

El peso específico de las conchas de abanico trituradas en la tabla 33 fue de 2.14 g/cm³, determinado según la NTP 400.022:2024. Este valor está por debajo del rango típico para agregados de densidad normal (2.50 - 2.70 g/cm³), lo que indica que el material tiene una densidad más baja. A pesar de ello, es adecuado para reemplazar el agregado fino en mezclas de concreto, ya que no compromete la trabajabilidad ni las propiedades finales de la mezcla.

4.1.3.6 Absorción de conchas de abanico.

Tabla 34

Absorción de las conchas de abanico.

ABSORCIÓN DE CONCHAS DE ABANICO		
Descripción	Cantidad	Unidad
A Masa de la muestra seca al horno	465.6	g
S Masa de la muestra saturada superficialmente seca	500	g
$Absorción= [(S-A) /A]x100$	7.39	%

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla 34, la absorción de las conchas de abanico trituradas fue de 7.39%, determinado conforme a la NTP 400.022:2024. Este valor es relativamente alto en comparación con agregados convencionales, lo que indica que el material tiene una capacidad considerable para retener agua. Por lo tanto, es crucial que la cantidad de agua en la mezcla de concreto se ajuste cuidadosamente para compensar esta absorción y evitar que el material secase demasiado o que la mezcla pierda trabajabilidad. Un ajuste adecuado en la dosificación de agua es esencial para equilibrar las propiedades del concreto, especialmente al reemplazar el agregado fino con las conchas de abanico.

Tabla 35

Resumen de propiedades físicas de conchas de abanico trituradas.

Propiedades	Conchas de abanico trituradas	
	Cantidad	Unidad
Módulo de fineza	4.28	-
Densidad Suelta	1.44	g/cm^3
Densidad compactada	1.54	g/cm^3
Peso específico	2.14	g/cm^3
Absorción (%)	7.39	%
Humedad (%)	0.278	%

Nota. Elaboración propia.

De la tabla 35, Se observa que el módulo de fineza de las conchas de abanico es de 4.28, lo que indica una granulometría más gruesa en comparación con un agregado fino convencional. Asimismo, la absorción de agua presenta un valor elevado de 7.39 %, lo cual

implica la necesidad de ajustar el contenido de agua en la dosificación del concreto para evitar deficiencias en el trabajabilidad y resistencia. Estos valores reflejan la particularidad del material y su influencia directa en el diseño de mezcla.

Tabla 36

Resumen de propiedades físicas de los agregados utilizados en la investigación.

Propiedades	Agregado fino		Agregado grueso	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Humedad Natural	0.89	%	0.40	%
Absorción (%)	0.93	%	1.10	%
Peso específico de masa	2.14	g/cm^3	2.59	g/cm^3
Peso Unitario Compactado	1730	g/cm^3	1470	g/cm^3
Peso Unitario Suelto	1610	g/cm^3	1420	g/cm^3
Módulo de fineza	2.8	-	-	-
T.M.N. del agregado	-	-	1/2”	-

Nota. Elaboración propia.

Las propiedades físicas de los agregados naturales empleados se encontraron dentro de los rangos establecidos por la normativa, presentando un comportamiento típico para su uso en concreto. Estos valores son fundamentales para el único diseño de mezcla considerado en la investigación, ya que permiten establecer una base de comparación adecuada frente al reemplazo parcial con conchas de abanico.

4.2 Diseño de mezcla

La dosificación del concreto se desarrolló utilizando el método establecido por el ACI 211.1, incorporando además las especificaciones de la Norma Técnica E.060 “Concreto Armado”, la cual regula la elaboración de mezclas en el ámbito constructivo. Para este proceso, se seleccionó una resistencia a la compresión de 210 kg/cm², dado que es la más comúnmente empleada en obras locales.

Debido a la ausencia de registros estadísticos que permiten calcular la desviación estándar, se recurrió a la Tabla 37 de la normativa para determinar la resistencia requerida. Como resultado, se estableció una resistencia de diseño $f'cr$ de 295 kg/cm².

Tabla 37

Resistencia a la compresión promedio requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.

Resistencia especificada a la compresión Kg/cm ²	Resistencia promedio requerida a la compresión. Kg/cm ²
$f'c < 210$	$f'cr = f'c + 70$
$210 \leq f'c \leq 350$	$f'cr = f'c + 85$
$f'c > 350$	$f'cr = f'c + 98$

Fuente. American Concrete Institute (ACI), 2009

Durante el proceso de diseño de mezcla, se consideraron exclusivamente los parámetros físicos correspondientes a los agregados convencionales. Sin embargo, es pertinente señalar que, en el desarrollo de esta investigación, sí se efectuó un análisis detallado de las propiedades físicas de las conchas de abanico trituradas, dado que uno de los propósitos centrales del estudio fue evaluar su factibilidad técnica como material sustituto del agregado fino tradicional.

Dichas propiedades fueron empleadas para definir las 3 dosificaciones de mezcla para cada uno de los reemplazos del agregado fino, debido a la presencia de propiedades como la humedad y la absorción. De este modo, la incorporación del estudio de las conchas de abanico no solo complementa el análisis experimental, sino que respalda con fundamento técnico su potencial uso en aplicaciones estructurales.

Para diseñar una mezcla de concreto adecuada, es fundamental definir el asentamiento (Slump), ya que este parámetro refleja facilidad con la que se puede manejar y colocar el material. La elección del Slump debe basarse en las condiciones específicas del entorno de trabajo. En este sentido, el comité ACI proporciona una serie de recomendaciones que permiten seleccionar el valor más apropiado, teniendo en cuenta aspectos como la manipulación y el vertido del concreto.

Se cuentan con los siguientes valores de revenimiento para su análisis y aplicación en el diseño de la mezcla.

Tabla 38

Valores límite de asentamiento (máximo y mínimo) establecidos por el ACI de acuerdo con el tipo de estructura.

Tipo de estructura	Slump Máximo	Slump mínimo
Zapatatas y muros de cimentación reforzada	3”	1”
Cimentaciones simples y calzaduras	3”	1”
Vigas y muros armados	4”	1”
Columnas	4”	3”
Muros y pavimentos	3”	1”
Concreto ciclópeo	2”	1”

Fuente. American Concrete Institute (ACI), 2009

Para el diseño de mezcla se optó por un rango de Slump entre 3” y 4”, según lo indicado en la tabla con el propósito de garantizar una adecuada trabajabilidad durante las etapas de mezclado, transporte y colocación del concreto. Este rango fue adoptado de manera uniforme para todas las proporciones de reemplazo, a fin de mantener condiciones constantes de evaluación y facilitar la comparación del comportamiento entre las distintas mezclas.

Se realizó el diseño de mezcla como se puede apreciar en la tabla 39 obteniendo una dosificación en volumen de 1:1.63:2.22 (cemento: agregado fino: agregado grueso) y una relación agua/cemento de 0.56, parámetros seleccionados para asegurar un balance adecuado entre resistencia, durabilidad y trabajabilidad acorde con los requerimientos del estudio.

Se elaboraron 2 tipos de concreto: el primero, denominado “Concreto Patrón”, compuesto por cemento, agregado fino al 100%, agregado grueso y agua. El segundo consistió en una mezcla con un porcentaje de agregado fino y un porcentaje de conchas de abanico trituradas (que pasan el tamiz de 3/8”), además de cemento, agregado grueso, agua y aditivo chema plast.

Las modificaciones realizadas al diseño de mezcla consistieron en la sustitución parcial del agregado fino por conchas de abanico, y en la incorporación de un aditivo plastificante (chema plast), con el objetivo de mantener la trabajabilidad adecuada en todas las proporciones evaluadas. El resto de los materiales y proporciones se mantuvieron constantes para garantizar una base comparativa uniforme.

Tabla 39

Diseño de mezcla.

<u>PROYECTO DE TESIS</u>	"Estudio de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con reemplazo parcial de agregado fino por conchas de abanico y uso de aditivo plastificante chema plast"		
<u>UTILIDAD</u>	CONCRETO		
<u>DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO</u>			
<u>REQUERIMIENTOS</u>			
Resistencia especificada	:	210	kg/cm ²
Uso	:	Concreto en General	
Cemento	:	Pacasmayo	Tipo Compuesto ICO
Peso específico del cemento	:	2.95	gr/cm ³
Slump	:	3" a 4"	
Agregados	:	Agregado grueso:	Tres Tomas
		Agregado fino:	La Victoria
<u>Características:</u>		<u>Agreg. Fino</u>	<u>Agreg. Grueso</u>
Humedad Natural:		0.89%	0.40%
Absorción		0.93%	1.10%
Peso Específico de Masa		2.14 g/cm³	2.59 g/cm³
Peso Unitario Compactado:		1.73 g/cm³	1.47 g/cm³
Peso Unitario Suelto Seco:		1.61 g/cm³	1.42 g/cm³
Módulo de finura:		2.8	
T.M.N del agregado:			1/2"
DOSIFICACIÓN			
1.Cálculo $F'Cr$ (Resistencia promedio requerida)			
Cuando no se tiene registro de resistencia de probetas correspondientes a obras anteriores			
$F'cr=$		210 + 84	= 294 kg/cm ²
2. Contenido de Aire			
Para un tamaño máximo nominal (TMN) de 1/2"			
Aire=		2.5	%

3. Contenido de agua

Calculamos el Volumen Unitario de Agua

Tenemos lo siguientes requisitos

TMN=	1/2"		
Asentamiento =	3" a 4"		
a=	216	Litros/m ³	

4. Relación a/c (en función del F´cr)

Por resistencia se requiere una relación de a/c: 0.558

Por exposición frente al agua dulce se requiere una relación de a/c: 0.50

Por exposición a soluciones de sulfato se requiere una relación de a/c: 0.50

Luego la relación agua- cemento de diseño es: 0.56

5) Contenido de cemento

C =	216 / 0.56 =	385.71	kg
Factor C	=	9.08	bol/m ³

6) Peso del agregado grueso

Peso Agregado Grueso=	0.550 m ³	*	1470	Kg/m ³
Peso Agregado Grueso=	808.50	kg		

7) Volumen del agregado fino

Volumen del Cemento	=	385.71 / 2950	=	0.131	m ³
Volumen del Agua	=	216 / 1000	=	0.216	m ³
Volumen del Agregado Grueso	=	808.50 / 2590	=	0.312	m ³
Volumen del Aire	=		=	0.025	m ³
				0.684	m ³
Volumen del Agregado Fino	=	1 - 0.684	=	0.316	m ³

8) Peso del agregado fino

Peso del Agregado Fino	=	0.316 m ³ * 2140	=	676.24	kg
------------------------	---	-----------------------------	---	--------	----

9) Peso seco de los materiales resumen

Cemento	=	385.71 kg
Agregado fino	=	676.24 kg
Agregado grueso	=	808.5 kg
Agua	=	216 L

10) Corrección por humedad de los agregados

Por humedad total (pesos ajustados)

Agregado fino	=	676.24	(1 + 0.0089) =	682.26 kg
Agregado grueso	=	808.5	(1 + 0.004) =	811.73 kg

11) Rectificación por absorción de los agregados

Agua para ser añadida por rectificación; por absorción

Agregado fino	=	676.24	(0.0089 - 0.0093)	=	-0.27 L
Agregado grueso	=	808.5	(0.004 - 0.011)	=	<u>-5.66 L</u>
					-5.93 L

12) Agua efectiva del mezclado

$$216 - (-5.93) = 221.93 \text{ L}$$

13) Resumen

Cemento	=	385.71 kg
Agregado fino	=	682.26 kg
Agregado grueso	=	811.73 kg
Agua	=	221.93 L

DOSIFICACIÓN EN PESO

1	1.77	2.10	24.44	litros/bolsa
Relación agua-cemento (de diseño):		216 / 386	=	0.56
Relación agua-cemento (agua efectiva):		221.93 / 386	=	0.58

CONVERSIÓN DE DOSIFICACIÓN EN PESO A VOLUMEN

MATERIALES

<u>Características</u>	<u>Agregado fino</u>	<u>Agregado grueso</u>
Peso suelto seco	1610 kg/m ³	1420 kg/m ³
Contenido de humedad	0.89%	0.40%

CANTIDAD DE MATERIALES POR TANDA

Cemento	1	*	42.5	=	42.5 kg/bolsa
Agua Efectiva				=	24.44 L/bolsa
Agregado Fino Húmedo	1.77	*	42.5	=	75.18 kg/bolsa
Agregado Grueso Húmedo	2.10	*	42.5	=	89.44 kg/bolsa

PESOS UNITARIOS SUELTOS HUMEDOS DEL AGREGADO

Agregado fino húmedo	1610	(1 + 0.0089) =	1624.33 kg/m ³
Agregado grueso húmedo	1420	(1 + 0.004) =	1425.68 kg/m ³

PESO POR PIE CUBICO DEL AGREGADO

De la bolsa de cemento			=	42.50 kg/pie ³
Del agregado fino	1624.33	/ 35.315	=	46.00 kg/pie ³
Del agregado grueso	1425.68	/ 35.315	=	40.37 kg/pie ³

DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN

Cemento	42.50	/ 42.50	=	1
Agregado fino húmedo	75.18	/ 46.00	=	1.63
Agregado grueso húmedo	89.44	/ 40.37	=	2.22

1	1.63	2.22	24.44	litros/bolsa
----------	-------------	-------------	--------------	---------------------

Nota. Elaboración propia.

4.3 Cálculo de materiales para el concreto patrón

La presente investigación tiene como objetivo analizar el comportamiento del concreto en estado endurecido, centrándose exclusivamente en su resistencia a la compresión. Se realizaron 96 probetas cilíndricas con dimensiones de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura.

Las probetas empleadas en el presente estudio tienen las siguientes dimensiones: diámetro = 0.15m y altura = 0.30m, por lo que el volumen de una probeta es de aproximadamente:

$$V = \pi r^2 h = \pi (0.075)^2 (0.30) \approx 0.0053 m^3$$

El equipo disponible en el laboratorio fue un mezclador (trompo) de 3 pies cúbicos (85 Litros) de capacidad total.

Este volumen total se calculó para cubrir el material neto de:

- Volumen neto de 4 probetas: 0.0212 m³
- Volumen neto para asentamiento (slump): 0.0053 m³
- Excedente técnico (15% sobre el neto): 0.0040 m³, este excedente fue metodológicamente indispensable, ya que la desproporción entre el pequeño volumen de la mezcla (30.5 L) y la gran capacidad del tambor (85 L) genera una alta merma por adherencia (embadurnado), la cual debía ser compensada.

De esta forma se diseñó una tanda estándar de 0.0305 m³ (30.5 Litros), la cual se replicó para todas las mezclas.

Las cantidades corregidas para 1 m^3 de concreto patrón, extraídas de la tabla 39, son las siguientes:

- Cemento = 385.71 kg
- Agregado fino = 682.26 kg
- Agregado grueso = 811.73 kg
- Agua = 221.93 L

Para determinar las cantidades de la tanda estándar (0.0305 m^3) del concreto patrón, la cual produce 4 probetas, se multiplicó este factor por los pesos corregidos del diseño:

- Cemento = $385.71 \text{ kg} * 0.0305 = 11.764 \text{ kg}$
- Agregado fino = $682.26 \text{ kg} * 0.0305 = 20.809 \text{ kg}$
- Agregado grueso = $811.73 \text{ kg} * 0.0305 = 24.758 \text{ kg}$
- Agua = $221.93 * 0.0305 = 6.769 \text{ L}$

Tabla 40

Cantidad de materiales para la tanda estándar (para producir 4 probetas).

Descripción	Cantidad	Unidad
Cemento	11.764	kg
Agregado fino	20.809	kg
Agregado grueso	24.758	kg
Agua	6.769	L

Nota. Elaboración propia.

4.4 Cantidad de materiales del concreto con conchas de abanico

Previo al cálculo de la cantidad total de conchas de abanico a utilizar en los distintos porcentajes de reemplazo del agregado fino, fue necesario calcular previamente la dosis adecuada del aditivo plastificante Chema Plast. Este parámetro fue fundamental para obtener una estimación precisa de los materiales requeridos por tanda de mezcla.

En el caso del aditivo Chema Plast, la etiqueta del producto no especifica su dosificación en porcentaje respecto al peso del cemento; sin embargo, indica un rango sugerido entre 145 y 360 ml por cada bolsa de cemento de 42.5 kg.

Figura 100

Aditivo Chema Plast y sus respectivos rangos de aplicación en mezclas de concreto.



Nota. Elaboración propia.

Para expresar estos valores como porcentaje en peso, se consideró una densidad estimada de 1.05 g/ml, correspondiente al tipo de aditivo empleado (plastificante a base de lignosulfonato). A partir de ello, se realizaron los siguientes cálculos:

- $145 \text{ ml} * 1.05 \text{ g/ml} = 152.25 \text{ g} \rightarrow 152.25\text{g}/ 42,500 \text{ g} = 0.36\%$
- $360 \text{ ml} * 1.05 \text{ g/ml} = 378 \text{ g} \rightarrow 378\text{g}/ 42,500\text{g} = 0.89\%$

Para la presente investigación, se seleccionó una dosificación cercana al límite superior, empleando un 0.89% del peso del cemento, equivalente aproximadamente a 360 ml por bolsa. Esta selección se fundamentó en la necesidad de contrarrestar el posible deterioro de la trabajabilidad que podría causar la incorporación de conchas de abanico como reemplazo del agregado fino.

Esta dosificación fue aplicada de forma uniforme en todas las mezclas, con el objetivo de mantener una trabajabilidad constante y facilitar la comparación de resultados entre diferentes porcentajes de reemplazo.

De la tabla 40, nos indica que, para la elaboración de 4 probetas cilíndricas, se utilizó un total de 11.764 kg de cemento para producir 4 probetas, equivalentes a:

$$11.764 \text{ kg} * 1000 = 11764\text{g}$$

El porcentaje de aditivo utilizado fue del 0.89% del peso del cemento. Por tanto, la cantidad del aditivo (en gramos) se calculó de la siguiente manera:

$$11764\text{g} * \frac{0.89}{100} = 104.7 \text{ g}$$

Se utilizaron 104.7 g de aditivo Chema plast para cada mezcla correspondiente a producir 4 probetas. Esta cantidad se mantuvo constante en todos los diseños de mezcla, incluyendo los distintos porcentajes de reemplazo de agregado fino por conchas de abanico, con el fin de asegurar la coherencia en el comportamiento reológico y la comparabilidad entre los ensayos.

Para producir la cantidad de materiales de 4 probetas de concreto que se usaron para cada reemplazo de agregado fino por conchas de abanico, partiremos desde la tabla 39 correspondiente al diseño de mezcla de la investigación desde el paso 9, el cual corresponde a los pesos teóricos de los materiales para 1 m^3 de concreto, en donde se realizaron correcciones por humedad y absorción de las conchas de abanico para determinar los pesos finales corregidos de todos los materiales, los cálculos se realizaron de la siguiente forma:

4.4.1 Dosificación corregida con reemplazo del 5% de agregado fino por conchas de abanico

4.4.1.1 Procedimiento

Paso 1: Nuevos pesos secos teóricos

- Peso Conchas de Abanico (seco): $676.24 \text{ kg} * 0.05 = 33.81 \text{ kg}$
- Peso Arena (seco): $676.24 \text{ kg} * 0.95 = 642.43 \text{ kg}$

Paso 2: Corrección por humedad

- Arena Húmeda: $642.43 \text{ kg} * (1 + 0.0089) = 648.15 \text{ kg}$
- Conchas Húmedas: $33.81 \text{ kg} * (1 + 0.00278) = 33.90 \text{ kg}$
- Agregado Grueso Húmedo: $808.5 \text{ kg} * (1 + 0.004) = 811.73 \text{ kg}$

Paso 3: Cantidad de aditivo a utilizar

- El aditivo se dosifica al 0.89% del peso del cemento.
- Cantidad de Aditivo: $385.71 \text{ kg (cemento)} * 0.0089 = 3.4328 \text{ kg}$

Paso 4: Rectificación del agua por absorción: Agua de Aporte = Peso Seco * (%
Humedad - % Absorción)

- Aporte de Agua (Arena): $642.43 \text{ kg} * (0.0089 - 0.0093) = -0.26$ Litros
- Aporte de Agua (Conchas): $33.81 \text{ kg} * (0.00278 - 0.0739) = -2.40$ Litros
- Aporte de Agua (Ag. Grueso): $808.5 \text{ kg} * (0.004 - 0.011) = -5.66$ Litros
- Aporte Total de Agua: $(-0.26) + (-2.40) + (-5.66) = -8.32$ Litros

Paso 5: Agua corregida por agregados

- **Agua Efectiva a Añadir:** $216.00 \text{ Litros} - (-8.32 \text{ Litros}) = 224.32$ Litros

Paso 6: Agua Efectiva final (con aditivo Chema Plast)

Para un reemplazo del 5% se redujo el agua corregida por agregados en un 10%, con una sustitución mínima, las propiedades de la arena aún dominan el comportamiento de la mezcla. El bajo volumen de conchas no altera significativamente la reología, permitiendo que el plastificante actúe con su máxima eficiencia en la dispersión de las partículas de cemento, lo que se traduce en el mayor porcentaje de reducción de agua.

- Reducción: $224.32 \text{ Litros} * 0.10 = 22.432$ Litros
- Nueva Agua Efectiva: $224.32 - 22.432 = 201.89$ Litros

Paso 7: Resumen dosificación final (5% de reemplazo)

- **Cemento:** 385.71 kg
- **Agregado Fino (Arena Húmeda):** 648.15 kg
- **Conchas de Abanico (Húmedas):** 33.90 kg
- **Agregado Grueso (Húmedo):** 811.73 kg
- **Aditivo Plastificante:** 3.4328 kg
- **Agua Efectiva:** 201.89 Litros

4.4.1.2 Dosificación a escala para elaboración de probetas.

El volumen neto de 4 probetas es de 0.0212 m^3 , a esto se le añade el volumen neto de 0.0053 m^3 para el asentamiento, además del excedente del 15% sobre los dos volúmenes netos anteriores el cual corresponde a 0.0040 m^3 . Por lo que para producir 4 probetas correspondería un volumen de 0.0305 m^3 .

De esta forma la cantidad de materiales para producir 4 probetas con un reemplazo del 5% de agregado fino por conchas de abanico es la siguiente:

- **Cemento:** $385.71 \text{ kg} * 0.0305 = 11.764 \text{ kg}$
- **Agregado Fino (Arena Húmeda):** $648.15 \text{ kg} * 0.0305 = 19.769 \text{ kg}$
- **Conchas de Abanico (Húmedas):** $33.90 \text{ kg} * 0.0305 = 1.034 \text{ kg}$
- **Agregado Grueso (Húmedo):** $811.73 \text{ kg} * 0.0305 = 24.758 \text{ kg}$
- **Aditivo Plastificante:** $3.4328 \text{ kg} * 0.0305 = 104.7 \text{ g}$
- **Agua Efectiva:** $201.89 \text{ L} * 0.0305 = 6.158 \text{ L}$

Por lo tanto, la nueva relación a/c con 5% de reemplazo es: $6.158 / 11.764 = 0.523$, Esta es la relación a/c más baja y, por lo tanto, es favorable. Con solo un 5% de reemplazo, la morfología de las conchas de abanico tiene un impacto mínimo en la trabajabilidad. Esto permite que el aditivo plastificante actúe con su máxima eficiencia, logrando una reducción de agua significativa (10%).

Se utilizó una dosificación en peso de 1: 1.77: 2.10 con una relación agua/cemento de 0.523 y un aditivo plastificante al 0.89% del peso del cemento.

Tabla 41

Cantidad de materiales para producir 4 probetas con reemplazo del 5% de agregado fino por conchas de abanico.

Descripción	Cantidad de materiales para producir 4 probetas sin reemplazo		Cantidad de materiales para producir 4 probetas con el reemplazo del 5%	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Cemento	11.764	kg	11.764	kg
Agregado fino	20.809	kg	19.769	kg
Concha de abanico triturada	0.0	kg	1.034	kg
Agregado grueso	24.758	kg	24.758	kg
Agua	6.769	L	6.158	L
Aditivo	0.0	g	104.7	g

Nota. Elaboración propia.

De la tabla 41 se observa la sustitución parcial del agregado fino, cuya composición ahora consiste en 19.769 kg de arena y 1.034 kg de conchas de abanico. La notable reducción del agua efectiva a 6.158 L es resultado directo de la incorporación del aditivo plastificante, cuya función es mantener la trabajabilidad. Las cantidades de cemento y agregado grueso permanecen constantes para una comparación directa con la mezcla patrón.

4.4.2 Dosificación corregida con reemplazo del 25% de agregado fino por conchas de abanico

4.4.2.1 Procedimiento

Paso 1: Nuevos pesos secos teóricos

- **Peso Conchas de Abanico (seco):** $676.24 \text{ kg} * 0.25 = 169.06 \text{ kg}$
- **Peso Arena (seco):** $676.24 \text{ kg} * 0.75 = 507.18 \text{ kg}$

Paso 2: Corrección por humedad

- **Arena Húmeda:** $507.18 \text{ kg} * (1 + 0.0089) = 511.70 \text{ kg}$
- **Conchas Húmedas:** $169.06 \text{ kg} * (1 + 0.00278) = 169.53 \text{ kg}$
- **Agregado Grueso Húmedo:** $808.5 \text{ kg} * (1 + 0.004) = 811.73 \text{ kg}$

Paso 3: Cantidad de aditivo a utilizar

- El aditivo se dosifica al 0.89% del peso del cemento.
- Cantidad de Aditivo: $385.71 \text{ kg (cemento)} * 0.0089 = 3.4328 \text{ kg}$

Paso 4: Rectificación del agua por absorción: Agua de Aporte = Peso Seco * (%
Humedad - % Absorción)

- **Aporte de Agua (Arena):** $507.18 \text{ kg} * (0.0089 - 0.0093) = -0.20 \text{ Litros}$
- **Aporte de Agua (Conchas):** $169.06 \text{ kg} * (0.00278 - 0.0739) = -12.02 \text{ Litros}$
- **Aporte de Agua (Ag. Grueso):** $808.5 \text{ kg} * (0.004 - 0.011) = -5.66 \text{ Litros}$
- **Aporte Total de Agua:** $(-0.20) + (-12.02) + (-5.66) = -17.88 \text{ Litros}$

Paso 5: Agua corregida por agregados

- **Agua Efectiva a Añadir:** $216.00 \text{ Litros} - (-17.88 \text{ Litros}) = 233.88 \text{ Litros}$

Paso 6: Agua Efectiva final (con aditivo Chema Plast)

Con un 25% de conchas de abanico se redujo el agua corregida por los agregados en un 8%, ya que la forma angular y laminar de las partículas comienza a influir en el comportamiento de la mezcla. Esto incrementa la fricción interna y la demanda de agua para

la lubricación de los agregados. La eficiencia del aditivo disminuye porque parte de su energía se consume en contrarrestar esta aspereza, resultando en una reducción de agua menor.

- Reducción: $233.88 \text{ Litros} * 0.08 = 18.71 \text{ Litros}$
- Nueva Agua Efectiva: $233.88 - 18.71 = 215.17 \text{ Litros}$

Paso 7: Resumen dosificación final (25% de reemplazo)

- **Cemento:** 385.71 kg
- **Agregado Fino (Arena Húmeda):** 511.70 kg
- **Conchas de Abanico (Húmedas):** 169.53 kg
- **Agregado Grueso (Húmedo):** 811.73 kg
- **Aditivo Plastificante:** 3.4328 kg
- **Agua Efectiva:** 215.17 Litros

4.4.2.2 Dosificación a escala para elaboración de probetas.

Se utilizó la misma tanda estándar de 0.0305 m^3 , la cual ya contempla el volumen para las 4 probetas, el ensayo de asentamiento y el 15% de excedente técnico.

De esta forma la cantidad de materiales para producir 4 probetas con un reemplazo del 25% de agregado fino por conchas de abanico es la siguiente:

- **Cemento:** $385.71 \text{ kg} * 0.0305 = 11.764 \text{ kg}$
- **Agregado Fino (Arena Húmeda):** $511.70 \text{ kg} * 0.0305 = 15.607 \text{ kg}$
- **Conchas de Abanico (Húmedas):** $169.53 \text{ kg} * 0.0305 = 5.171 \text{ kg}$
- **Agregado Grueso (Húmedo):** $811.73 \text{ kg} * 0.0305 = 24.758 \text{ kg}$
- **Aditivo Plastificante:** $3.4328 \text{ kg} * 0.0305 = 104.7 \text{ g}$
- **Agua Efectiva:** $215.17 \text{ L} * 0.0305 = 6.563 \text{ L}$

**“ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F’C=210 KG/CM²,
CON REEMPLAZO PARCIAL DE AGREGADO FINO POR CONCHAS DE ABANICO Y USO
DE ADITIVO PLASTIFICANTE CHEMA PLAST”**

Por consiguiente, la nueva relación a/c con 25% de reemplazo es: $6.563 / 11.764 = 0.558$, esta relación a/c aumentó con respecto al 5%. El incremento al 25% de conchas de abanico introduce una cantidad considerable de partículas angulosas y de alta superficie. Esto aumenta la fricción interna y la demanda de agua de la mezcla. Como resultado, la eficiencia del aditivo disminuye (se reduce un 8% de agua), forzando el uso de más agua para alcanzar la trabajabilidad necesaria.

Se utilizó una dosificación en peso de 1: 1.77: 2.10 con una relación agua/cemento de 0.558 y un aditivo plastificante al 0.89% del peso del cemento.

Tabla 42

Cantidad de materiales para producir 4 probetas con reemplazo del 25% de agregado fino por conchas de abanico.

Descripción	Cantidad de materiales para producir 4 probetas sin reemplazo		Cantidad de materiales para producir 4 probetas con el reemplazo del 25%	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Cemento	11.764	kg	11.764	kg
Agregado fino	20.809	kg	15.607	kg
Concha de abanico triturada	0.0	kg	5.171	kg
Agregado grueso	24.758	kg	24.758	kg
Agua	6.769	L	6.563	L
Aditivo	0.0	g	104.7	g

Nota. Elaboración propia.

De la tabla 42 se tiene la sustitución parcial del agregado fino, cuya composición ahora consiste en 15.607 kg de arena y 5.171 kg de conchas de abanico. La reducción del agua efectiva a 6.563 L es resultado directo de la incorporación del aditivo plastificante, cuya función es mantener la trabajabilidad. Las cantidades de cemento y agregado grueso permanecen constantes para una comparación directa con la mezcla patrón.

4.4.3 Dosificación corregida con reemplazo del 50% de agregado fino por conchas de abanico

4.4.3.1 Procedimiento

Paso 1: Nuevos pesos secos teóricos

- Peso Conchas de Abanico (seco): $676.24 \text{ kg} * 0.50 = 338.12 \text{ kg}$
- Peso Arena (seco): $676.24 \text{ kg} * 0.50 = 338.12 \text{ kg}$

Paso 2: Corrección por humedad

- Arena Húmeda: $338.12 \text{ kg} * (1 + 0.0089) = 341.13 \text{ kg}$
- Conchas Húmedas: $338.12 \text{ kg} * (1 + 0.00278) = 339.06 \text{ kg}$
- Agregado Grueso Húmedo: $808.5 \text{ kg} * (1 + 0.004) = 811.73 \text{ kg}$

Paso 3: Cantidad de aditivo a utilizar

- El aditivo se dosifica al 0.89% del peso del cemento.
- Cantidad de Aditivo: $385.71 \text{ kg (cemento)} * 0.0089 = 3.4328 \text{ kg}$

Paso 4: Rectificación del agua por absorción: Agua de Aporte = Peso Seco * (%

Humedad - % Absorción)

- Aporte de Agua (Arena): $338.12 \text{ kg} * (0.0089 - 0.0093) = -0.14 \text{ Litros}$
- Aporte de Agua (Conchas): $338.12 \text{ kg} * (0.00278 - 0.0739) = -24.05 \text{ Litros}$
- Aporte de Agua (Ag. Grueso): $808.5 \text{ kg} * (0.004 - 0.011) = -5.66 \text{ Litros}$
- Aporte Total de Agua: $(-0.14) + (-24.05) + (-5.66) = -29.85 \text{ Litros}$

Paso 5: Agua corregida por agregados

- **Agua Efectiva a Añadir:** 216.00 Litros - (-29.85 Litros) = 245.85 Litros

Paso 6: Agua Efectiva final (con aditivo Chema Plast)

Para un reemplazo del 50% se redujo el agua corregida por agregados en un 5%, en este punto, la alta superficie específica y la escasa morfología de las conchas de abanico influyen por completo la trabajabilidad. La demanda intrínseca de agua de la mezcla es tan alta que el efecto del aditivo se ve severamente limitado, logrando apenas la fluidez necesaria y, por consiguiente, el menor porcentaje de reducción de agua.

- Reducción: 245.85 Litros * 0.05 = 12.29 Litros
- Nueva Agua Efectiva: 245.85 - 12.29 = 233.56 Litros

Paso 7: Resumen dosificación final (50% de reemplazo)

- **Cemento:** 385.71 kg
- **Agregado Fino (Arena Húmeda):** 341.13 kg
- **Conchas de Abanico (Húmedas):** 339.06 kg
- **Agregado Grueso (Húmedo):** 811.73 kg
- **Aditivo Plastificante:** 3.4328 kg
- **Agua Efectiva:** 233.56 Litros

4.4.3.2 Dosificación a escala para elaboración de probetas.

Se utilizó la misma tanda estándar de 0.0305 m^3 , la cual ya contempla el volumen para las 4 probetas, el ensayo de asentamiento y el 15% de excedente técnico.

De esta forma la cantidad de materiales para producir 4 probetas con un reemplazo del 50% de agregado fino por conchas de abanico es la siguiente:

- **Cemento:** $385.71 \text{ kg} * 0.0305 = 11.764 \text{ kg}$
- **Agregado Fino (Arena Húmeda):** $341.13 \text{ kg} * 0.0305 = 10.404 \text{ kg}$
- **Conchas de Abanico (Húmedas):** $339.06 \text{ kg} * 0.0305 = 10.341 \text{ kg}$
- **Agregado Grueso (Húmedo):** $811.73 \text{ kg} * 0.0305 = 24.758 \text{ kg}$
- **Aditivo Plastificante:** $3.4328 \text{ kg} * 0.0305 = 104.7 \text{ g}$
- **Agua Efectiva:** $233.56 \text{ L} * 0.0305 = 7.124 \text{ L}$

En consecuencia, la nueva relación a/c con 50% de reemplazo es: $7.124 / 11.764 = 0.606$, esta es la relación a/c más alta y, por lo tanto, la más desfavorable desde el punto de vista de la resistencia. Con la mitad del agregado fino compuesto por conchas de abanico, el efecto de su forma y textura es dominante. La mezcla es inherentemente áspera y muy demandante de agua. El aditivo plastificante apenas logra compensar este efecto, resultando en una reducción de agua mínima (5%). El valor de 0.606 es significativamente alto para un concreto estructural, lo que indica que se necesita una gran cantidad de agua para hacer la mezcla manejable.

Se utilizó una dosificación en peso de 1: 1.77: 2.10 con una relación agua/cemento de 0.606 y un aditivo plastificante al 0.89% del peso del cemento.

Tabla 43

Cantidad de materiales para producir 4 probetas con reemplazo del 50% de agregado fino por conchas de abanico.

Descripción	Cantidad de materiales para producir 4 probetas sin reemplazo		Cantidad de materiales para producir 4 probetas con el reemplazo del 50%	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Cemento	11.764	kg	11.764	kg
Agregado fino	20.809	kg	10.404	kg
Concha de abanico triturada	0.0	kg	10.341	kg
Agregado grueso	24.758	kg	24.758	kg
Agua	6.769	L	7.124	L
Aditivo	0.0	g	87.35	g

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 43 se observa la sustitución parcial del agregado fino, cuya composición ahora consiste en 10.404 kg de arena y 10.341 kg de conchas de abanico. La cantidad de agua aumentó a 7.124 L es resultado directo de la gran incorporación de conchas de abanico y su gran demanda de agua. Las cantidades de cemento y agregado grueso permanecen constantes para una comparación directa con la mezcla patrón.

4.5 Elaboración de Mezclas y muestras de concreto

Para cada tipo de concreto (patrón y con reemplazos), se prepararon mezclas en estado fresco de las cuales se tomaron muestras para ensayos y se elaboraron probetas cilíndricas (testigos) para evaluar la resistencia a la compresión. Todo el proceso experimental siguió las Normas Técnicas Peruanas (NTP) aplicables.

4.5.1 Tanda Estándar y Muestreo

Conforme a lo justificado en la sección 4.3, se definió una tanda estándar de 0.0305 m^3 para todas las mezclas. Este volumen contempla el material neto para 4 probetas cilíndricas, el volumen para el ensayo de asentamiento, y un 15% de excedente técnico para compensar mermas en el mezclador de 3 pies cúbicos.

Figura 101

Materiales dosificados para una tanda estándar del concreto patrón.



Nota. Elaboración propia.

Figura 102

Materiales dosificados para las tandas estándar con reemplazo al 5%, 25% y 50% por conchas de abanico, respectivamente.



Nota. Se puede apreciar que la cantidad de aditivo fue constante, mientras que la proporción de conchas de abanico triturada aumentó en cada diseño. Elaboración propia.

El muestreo del concreto fresco para los ensayos se realizó siguiendo la NTP 339.036:2017, asegurando la representatividad de la mezcla.

4.5.2 Proceso de Mezclado

Se utilizó una mezcladora tipo trompo de 3 pies cúbicos. El proceso de mezclado estándar fue el siguiente:

1. Humedecer el interior del tambor.
2. Introducir el agregado grueso (previamente humedecido) y luego el agregado fino (y las conchas de abanico en las mezclas correspondientes).
3. Añadir aproximadamente la mitad del agua de diseño y pre-mezclar.
4. Incorporar el cemento.
5. Añadir el resto del agua de diseño (previamente mezclada con el aditivo Chema Plast en las tandas con reemplazo).

6. Mezclar según los tiempos normativos (3 min - 2 min reposo - 2 min final).

Figura 103

Incorporación de agregado grueso a la mezcladora.



Nota. Elaboración propia.

Figura 104

Aditivo Chema Plast mezclado con el agua de diseño (para mezclas con reemplazo).



Nota. Elaboración propia.

Figura 105

Incorporación del agregado fino en la mezcladora.



Nota. Elaboración propia.

4.5.3 Procedimiento para Ensayos en Estado Fresco

Inmediatamente después del muestreo (NTP 339.036:2017), se procedió a realizar los siguientes ensayos según las normas correspondientes:

- **Temperatura del Concreto Fresco:** Se midió conforme a la NTP 339.184:2021, insertando un termómetro calibrado a una profundidad mínima de 75 mm y esperando la estabilización de la lectura. Los resultados se presentan en el Capítulo 5.
- **Asentamiento (Slump):** Se realizó el ensayo del Cono de Abrams según la NTP 339.035:2022. El molde troncocónico se llenó en tres capas, compactando cada una con 25 golpes de varilla normalizada. Tras enrasar, el molde se levantó verticalmente y se midió el asentamiento vertical del concreto. Los resultados se presentan en el Capítulo 5.

Figura 106

Realización del ensayo de asentamiento.



Nota. Elaboración propia.

4.5.4 Elaboración y Curado de Probetas Cilíndricas

Se utilizaron moldes cilíndricos metálicos de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, previamente engrasados. El llenado y compactación se realizó conforme a la NTP 339.033:2021, inmediatamente después del muestreo y dentro de los 15 minutos posteriores al inicio de la mezcla.

1. El molde se llenó en tres capas de aproximadamente igual volumen.
2. Cada capa se compactó con 25 golpes de una varilla de acero lisa de 5/8”, distribuidos uniformemente. La varilla penetró la capa inferior en aproximadamente 2.5 cm en las capas 2 y 3.
3. Se golpearon suavemente los lados del molde con un martillo de goma para liberar burbujas de aire atrapadas.
4. La superficie final se engrasó con la varilla y se le dio un acabado liso con espátula.

5. Cada probeta fue identificada claramente con el código de muestra correspondiente.

Figura 107

Moldes metálicos para elaboración de probetas.



Nota. Elaboración propia.

Figura 108

Llenado y compactación de probetas.



Nota. Elaboración propia.

Las probetas fueron desmoldadas a las 24 ± 4 horas y se procedió a su curado sumergidas en agua, a temperatura controlada, hasta la fecha de ensayo, según la NTP 339.034:2021.

4.5.5 Procedimiento para Ensayo de Resistencia a la Compresión

Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron a las edades de 7, 14 y 28 días, utilizando una máquina de compresión universal calibrada. El procedimiento siguió la NTP 339.034:2021:

1. Las probetas se retiraron del curado y se refrentaron sus bases (si fue necesario) para asegurar superficies planas y paralelas.
2. Se determinó el diámetro promedio y se calculó el área de la sección transversal.
3. La probeta se colocó centrada en la máquina de compresión.
4. Se aplicó la carga de forma continua y sin impacto a una velocidad constante dentro del rango normativo hasta alcanzar la falla.
5. Se registró la carga máxima (en kgf) indicada por el equipo.

Los resultados numéricos de resistencia ($f'c$) se calculan dividiendo la carga máxima entre el área y se presentan en el Capítulo 5. Los patrones de falla observados se documentan fotográficamente en el Anexo B.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos de los ensayos realizados tanto en estado fresco como en estado endurecido para el concreto patrón y las mezclas con 5%, 25% y 50% de reemplazo de agregado fino por conchas de abanico.

Se presentarán los datos de trabajabilidad (asentamiento) y temperatura, seguidos por los resultados de resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días. Posteriormente, se realizará el análisis estadístico (ANOVA) para determinar la significancia de las diferencias observadas y se discutirán los hallazgos en relación con los objetivos e hipótesis de la investigación.

5.1 Propiedades del Concreto en Estado Fresco

5.1.1 Asentamiento (*Slump*)

Tabla 44

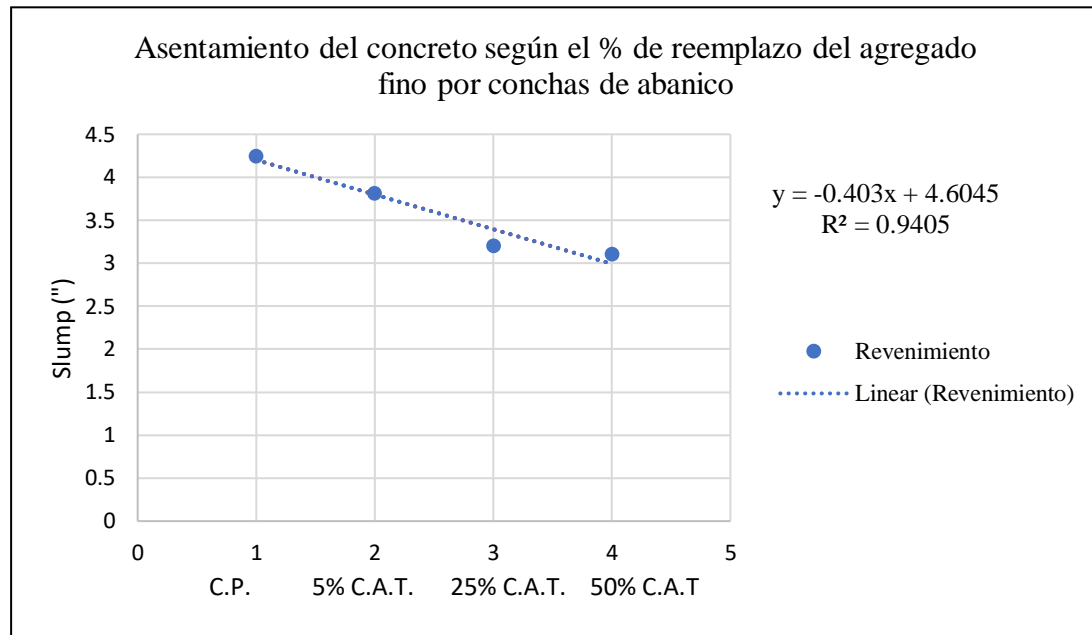
Resultados del Ensayo de Asentamiento (Slump) por Tipo de Concreto.

TIPO DE CONCRETO	SLUMP (CM)	SLUMP (PUG)
CONCRETO PATRÓN	10.8cm	4.25”
CONCRETO CON 5% DE C.A.T.	9.7 cm	3.819”
CONCRETO CON 25% DE C.A.T.	8.15 cm	3.209”
CONCRETO CON 50% DE C.A.T.	7.9 cm	3.11”

Nota. Elaboración propia.

Figura 109

Asentamiento del concreto según el porcentaje de reemplazo del agregado fino.



Nota. Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 44 y la figura 109, existe una clara tendencia decreciente en el asentamiento a medida que aumenta el porcentaje de reemplazo de agregado fino por conchas de abanico. El concreto patrón presentó el mayor asentamiento (10.8 cm), mientras que la mezcla con 50% de reemplazo mostró el menor (7.9 cm).

Es importante destacar que, gracias a la incorporación del aditivo plastificante Chema Plast, todas las mezclas estudiadas (incluida la del 50%) se mantuvieron dentro del rango de asentamiento objetivo de 3 a 4 pulgadas (7.6 cm a 10.2 cm), lo que indica que se logró una trabajabilidad adecuada para condiciones de vaciado en obra, como la reparación de veredas. La correlación lineal negativa observada ($R^2 \approx 0.94$) sugiere que la pérdida de trabajabilidad es predecible y directamente proporcional al porcentaje de reemplazo, validando la necesidad del aditivo y justificando las diferentes tasas de reducción de agua aplicadas en el diseño (10%, 8%, 5%).

Figura 110

Slump de 10.8cm (4.25") del concreto patrón.



Nota. Elaboración propia.

Figura 111

Slump de 9.7cm (3.819") del concreto con 5% de conchas de abanico.



Nota. Elaboración propia.

Figura 112

Slump de 9.7cm (3.819”) del concreto con 5% de conchas de abanico.



Nota. Elaboración propia.

Figura 113

Slump de 8.15 cm (3.209”) del concreto con 25% de conchas de abanico.



Nota. Elaboración propia.

Figura 114

Slump de 7.9cm (3.11") de concreto con 50% de conchas de abanico.



Nota. Elaboración propia.

5.1.2 Temperatura del concreto

Se midió la temperatura del concreto fresco para cada mezcla inmediatamente después del muestreo, conforme a la NTP 339.184:2021.

Tabla 45

Temperatura del concreto fresco por tipo de mezcla.

TIPO DE CONCRETO	TEMPERATURA	TEMPERATURA FINAL
	INICIAL	(Luego de 5 minutos)
CONCRETO CON 5% DE C.A.T.	21.5°C	21.5°C
CONCRETO CON 25% DE C.A.T.	22°C	22.1°C
CONCRETO CON 50% DE C.A.T.	22.9°C	23.1°C

Nota. Elaboración propia.

De la tabla 45, se observó que la temperatura inicial del concreto fresco varió mínimamente entre las mezclas, registrándose valores entre 21.5°C y 23.1°C . Las variaciones durante los 5 minutos de medición también fueron insignificantes (máximo 0.2°C).

Todas las temperaturas registradas se mantuvieron holgadamente dentro del rango recomendado por la NTP 339.184:2021 (10°C a 32°C), indicando condiciones térmicas adecuadas para el concreto. Se concluye que el reemplazo parcial con conchas de abanico, hasta en un 50%, no altera significativamente el comportamiento térmico de la mezcla en estado fresco.

5.2 Ensayos de concreto endurecido

5.2.1 Resistencia a la compresión

Se realizó el ensayo a la compresión en tres mezclas de concreto con reemplazos del 5%, 25% y 50% de conchas de abanico, evaluadas a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días), ensayándose un total de 96 probetas, distribuidas en 72 con conchas de abanico y 24 del diseño patrón, las cuales fueron sometidas a pruebas de resistencia a la compresión.

Tabla 46

Promedio de resistencia a la compresión de los grupos experimentales (según porcentaje de reemplazo y edad de curado).

PORCENTAJE DE REEMPLAZO DE AGREGADO FINO POR CONCHAS DE ABANICO TRITURADAS (C.A.T)	RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)		
	Valores promedio		
	7 días	14 días	28 días
Concreto Patrón	165.70	196.83	220.79
Concreto con 5% C.A.T.	236.00	262.35	278.17
Concreto con 25% C.A.T.	235.75	274.20	295.95
Concreto con 50% C.A.T.	248.20	249.35	267.30

Nota. C.A.T.= Conchas de abanico trituradas. *Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 46 se resumen las resistencias promedio a la compresión obtenidas. Se observa una ganancia de resistencia consistente con la edad para todas las mezclas.

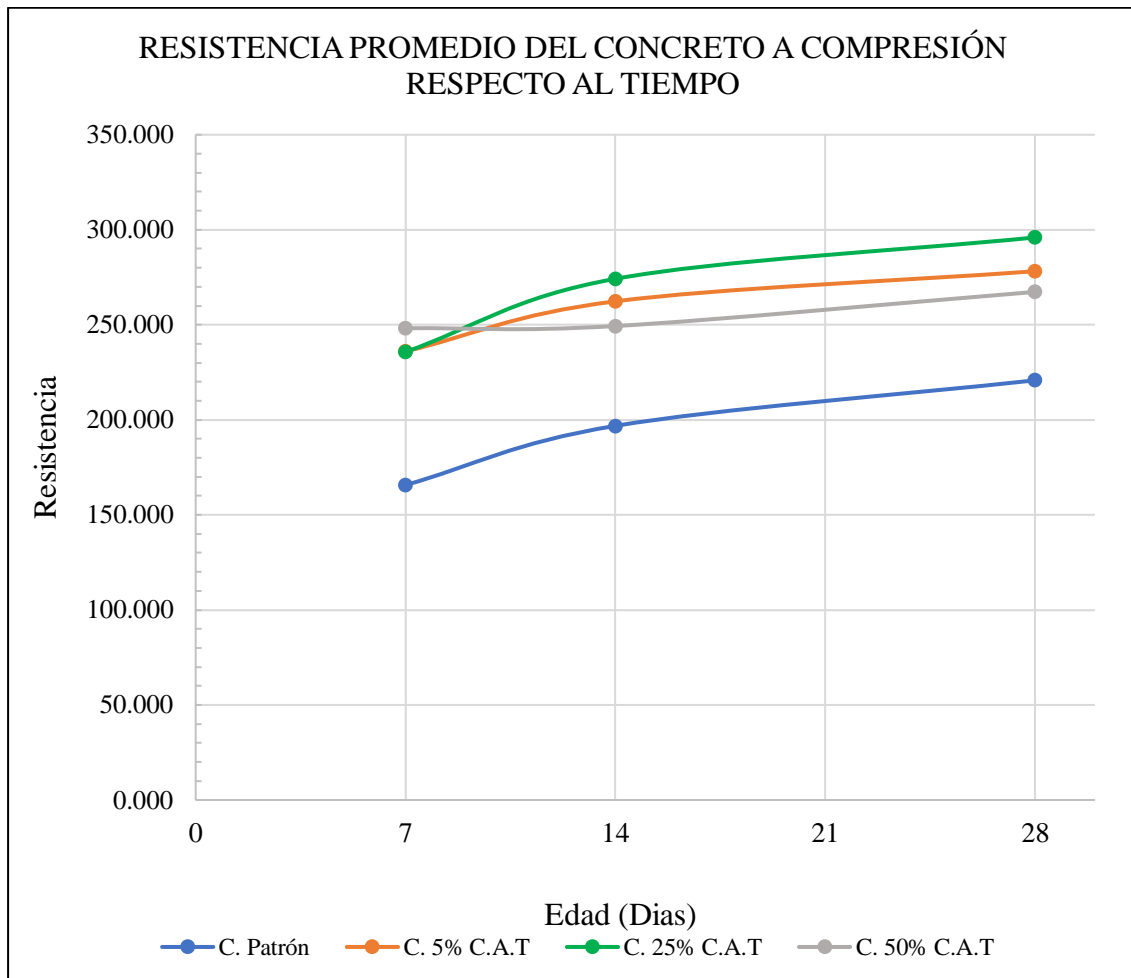
Es notable que todos los porcentajes de reemplazo con conchas de abanico superaron la resistencia del concreto patrón a las edades de 7, 14 y 28 días.

El máximo desempeño se registró a los 28 días con el 25% de reemplazo, alcanzando una resistencia promedio de 295.95 kg/cm^2 , lo que representa un incremento del 34.0% respecto al concreto patrón (220.79 kg/cm^2). La mezcla con 5% de reemplazo también mostró un buen desempeño (278.17 kg/cm^2), mientras que el 50% de reemplazo, aunque superior al patrón, presentó una resistencia menor (267.30 kg/cm^2) que los porcentajes intermedios a esta edad. Estos resultados sugieren la existencia de un porcentaje óptimo de reemplazo en torno al 25%.

Más allá de los valores puntuales presentados en la tabla 46, resulta fundamental analizar la dinámica del desarrollo de resistencias a lo largo del periodo de curado. La figura 115 ofrece una representación visual de esta evolución temporal, comparando las curvas de ganancia de resistencia a la compresión promedio para el concreto patrón y las tres dosificaciones experimentales con reemplazo de conchas de abanico, desde los 7 hasta los 28 días. Este análisis gráfico permite no solo confirmar las tendencias generales observadas en la tabla, sino también identificar visualmente posibles diferencias en la tasa de desarrollo de resistencias tempranas versus tardías, lo cual puede inferir efectos del material de reemplazo en la microestructura y el proceso de hidratación del cemento a lo largo del tiempo.

Figura 115

Curva de resistencia promedio a la compresión de los diferentes grupos experimentales con respecto al tiempo.



Nota. Elaboración propia.

La Figura 115 presenta las curvas de desarrollo de la resistencia a la compresión promedio ($f'c$) para las cuatro dosificaciones estudiadas, desde los 7 hasta los 28 días de curado. El gráfico permite un análisis visual de la cinética de ganancia de resistencia y del efecto del porcentaje de reemplazo a diferentes edades.

Se constata, en primer lugar, el comportamiento esperado de incremento de resistencia con la edad para todas las mezclas. Es igualmente evidente la superioridad general de las mezclas con reemplazo de conchas de abanico sobre el concreto patrón en todo el

rango temporal evaluado, indicando un aporte positivo del material sustituto a la matriz cementicia.

A edades tempranas (7 días), las mezclas con reemplazo ya exhiben resistencias notablemente mayores que el patrón (166.85 kg/cm^2). La mezcla con 50% C.A.T. registra el valor más alto (248.20 kg/cm^2), aunque con diferencias mínimas respecto al 5% y 25% C.A.T. (ambas con 236 kg/cm^2). Este desempeño inicial podría atribuirse a un efecto filler más pronunciado o a una ligera aceleración de las reacciones de hidratación inducida por las partículas finas de CaCO_3 de las conchas de abanico.

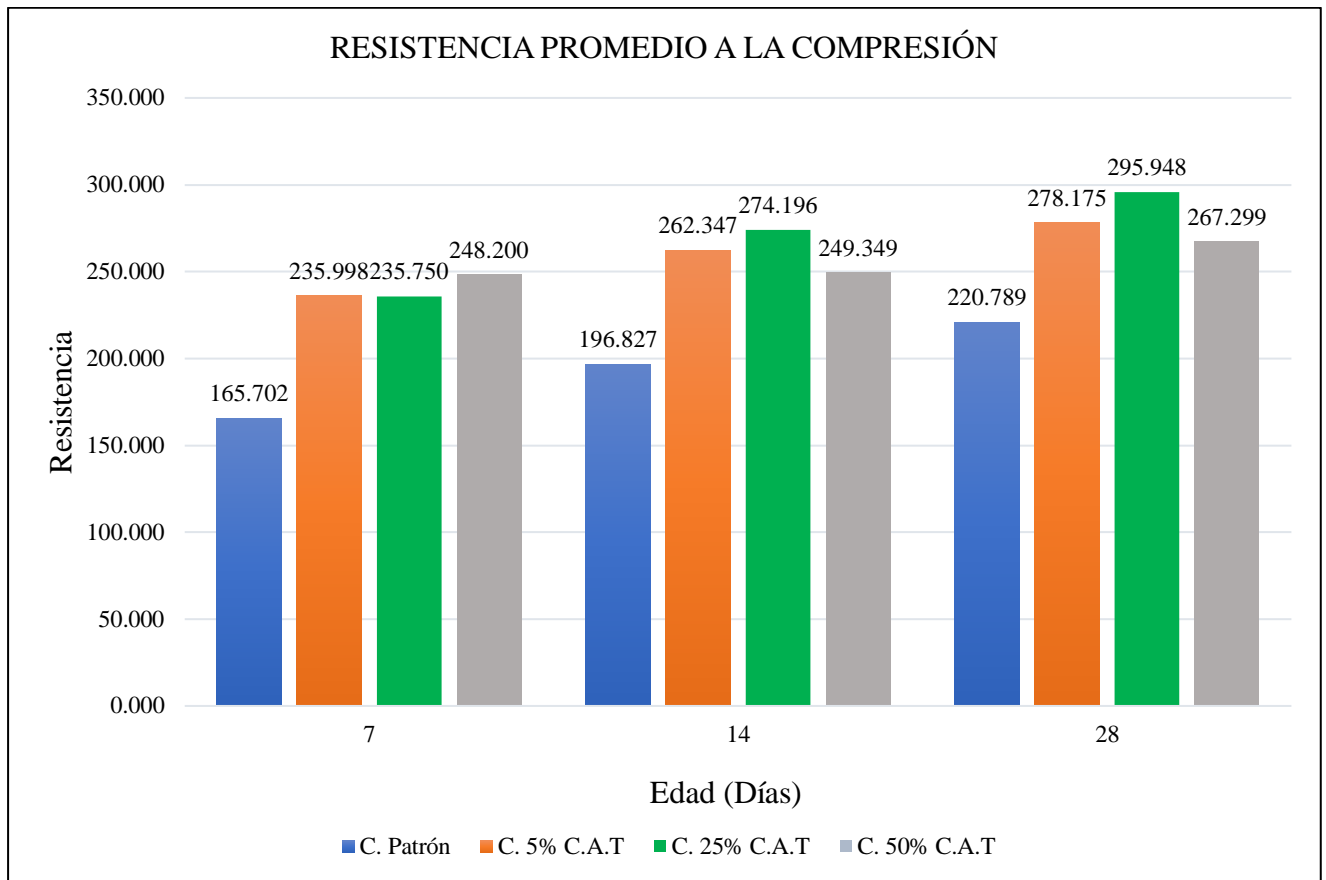
Sin embargo, la evolución posterior revela diferencias significativas en la tasa de ganancia de resistencia. A los 28 días, la mezcla con 25% de reemplazo se consolida como la de mayor desempeño, alcanzando 295.95 kg/cm^2 , lo que sugiere un equilibrio óptimo entre el efecto filler/químico y la microestructura resultante. Le sigue el 5% C.A.T. (278.17 kg/cm^2), demostrando también un beneficio sustancial. Por su parte, la curva del 50% C.A.T., aunque supera al patrón (220.79 kg/cm^2), muestra una tasa de ganancia de resistencia menor entre los 14 y 28 días, finalizando con un valor (267.30 kg/cm^2) inferior a los reemplazos menores.

Este análisis gráfico, por lo tanto, no solo confirma la mejora de resistencia lograda con el reemplazo, sino que indica la existencia de un óptimo en el 25% para la resistencia a la edad de diseño estándar, y sugiere que porcentajes mayores (como el 50%) podrían no ser tan eficientes en el desarrollo de resistencias a largo plazo bajo las condiciones estudiadas.

Para una comparación visual directa de las resistencias promedio alcanzadas en cada edad de ensayo (7, 14 y 28 días), se presenta la figura 116.

Figura 116

Resistencia promedio a la compresión de los diferentes porcentajes de reemplazo de concha de abanico.



Nota. Elaboración propia.

La figura 116 presenta una comparación estática directa de la resistencia promedio a compresión alcanzada en los hitos de curado de 7, 14 y 28 días. Este formato de barras facilita la cuantificación visual inmediata de las diferencias de desempeño entre las cuatro dosificaciones estudiadas en cada edad específica.

A los 7 días, el gráfico subraya el impacto positivo temprano de las conchas de abanico. Las tres mezclas modificadas exhiben resistencias notablemente superiores al concreto patrón (166.85 kg/cm^2), con magnitudes relativamente cercanas entre sí, aunque el 50% C.A.T. (248.20 kg/cm^2) muestra una ligera preeminencia, indicando un desarrollo inicial acelerado o potenciado en esta etapa.

El análisis a 14 días revela una divergencia significativa en el desempeño relativo. La mezcla con 25% C.A.T. (274.20 kg/cm²) se erige como la de mayor resistencia, estableciendo una diferencia apreciable sobre el 5% C.A.T. (262.35 kg/cm²). Crucialmente, la barra correspondiente al 50% C.A.T. (249.53 kg/cm²) evidencia una ganancia de resistencia marginal en el intervalo de 7 a 14 días, posicionándose por debajo de los reemplazos menores y sugiriendo una posible inhibición o ralentización de las reacciones de hidratación a mediano plazo con altas dosis de reemplazo.

La comparación a 28 días, edad fundamental para la especificación de resistencia ($f'c$), confirma de manera inequívoca la dosificación óptima. La barra del 25% C.A.T. (295.95 kg/cm²) no solo representa la máxima resistencia alcanzada, superando en un 34% al patrón (220.79 kg/cm²), sino que su magnitud la diferencia sustancialmente de las otras mezclas: aventaja en aproximadamente 18 kg/cm² al 5% C.A.T. (278.17 kg/cm²) y en más de 28 kg/cm² al 50% C.A.T. (267.30 kg/cm²).

Por consiguiente, este análisis comparativo a edades fijas valida visualmente y de forma contundente que, si bien todos los reemplazos mejoran la resistencia respecto al patrón, la proporción del 25% de conchas de abanico maximiza el desempeño mecánico a la edad de diseño estándar.

Para dimensionar estas diferencias en términos relativos, se procedió a calcular la variación porcentual de la resistencia a compresión de cada mezcla modificada con respecto al concreto patrón. Este análisis complementario, presentado a continuación, permite evaluar la magnitud porcentual de la mejora y su evolución en el tiempo.

Tabla 47

Variación porcentual de la resistencia promedio a la compresión de los diferentes porcentajes de reemplazo de concha de abanico con respecto al concreto patrón.

PORCENTAJE DE REEMPLAZO DE CONCHA DE ABANICO	VARIACIÓN PORCENTUAL PROMEDIO RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN (%)		
	Días		
	7	14	28
Concreto con 5% C.A.T.	42.42	33.29	25.99
Concreto con 25% C.A.T.	42.27	39.31	34.04
Concreto con 50% C.A.T.	49.79	26.68	21.07

Nota. C.A.T.= Conchas de abanico trituradas. *Nota.* Elaboración propia.

La tabla 47 cuantifica la mejora relativa en la resistencia a la compresión promedio lograda por cada porcentaje de reemplazo, expresada como un incremento porcentual con respecto al concreto patrón. Este análisis es fundamental para dimensionar la magnitud del beneficio aportado por las conchas de abanico en cada etapa de curado.

Se observa que todas las dosificaciones con reemplazo presentan una variación porcentual positiva en las tres edades evaluadas (7, 14 y 28 días), confirmando un efecto beneficioso general sobre la resistencia en comparación con la mezcla de control.

A edades tempranas (7 días), la mezcla con 50% C.A.T. exhibe el mayor incremento porcentual (49.79%), sugiriendo una influencia particularmente fuerte en las reacciones iniciales o en la microestructura temprana. Las mezclas con 5% y 25% también muestran mejoras muy significativas y similares entre sí (ambas >42%).

Sin embargo, la evolución posterior revela una divergencia importante. A los 14 días, el 25% C.A.T. se consolida como el reemplazo que ofrece la mayor ventaja relativa

(39.31%), superando al 5% C.A.T. (33.29%). Es notable la marcada disminución en el beneficio porcentual del 50% C.A.T., que cae a 26.68%, indicando que su tasa de ganancia de resistencia es inferior a la del patrón en este intervalo.

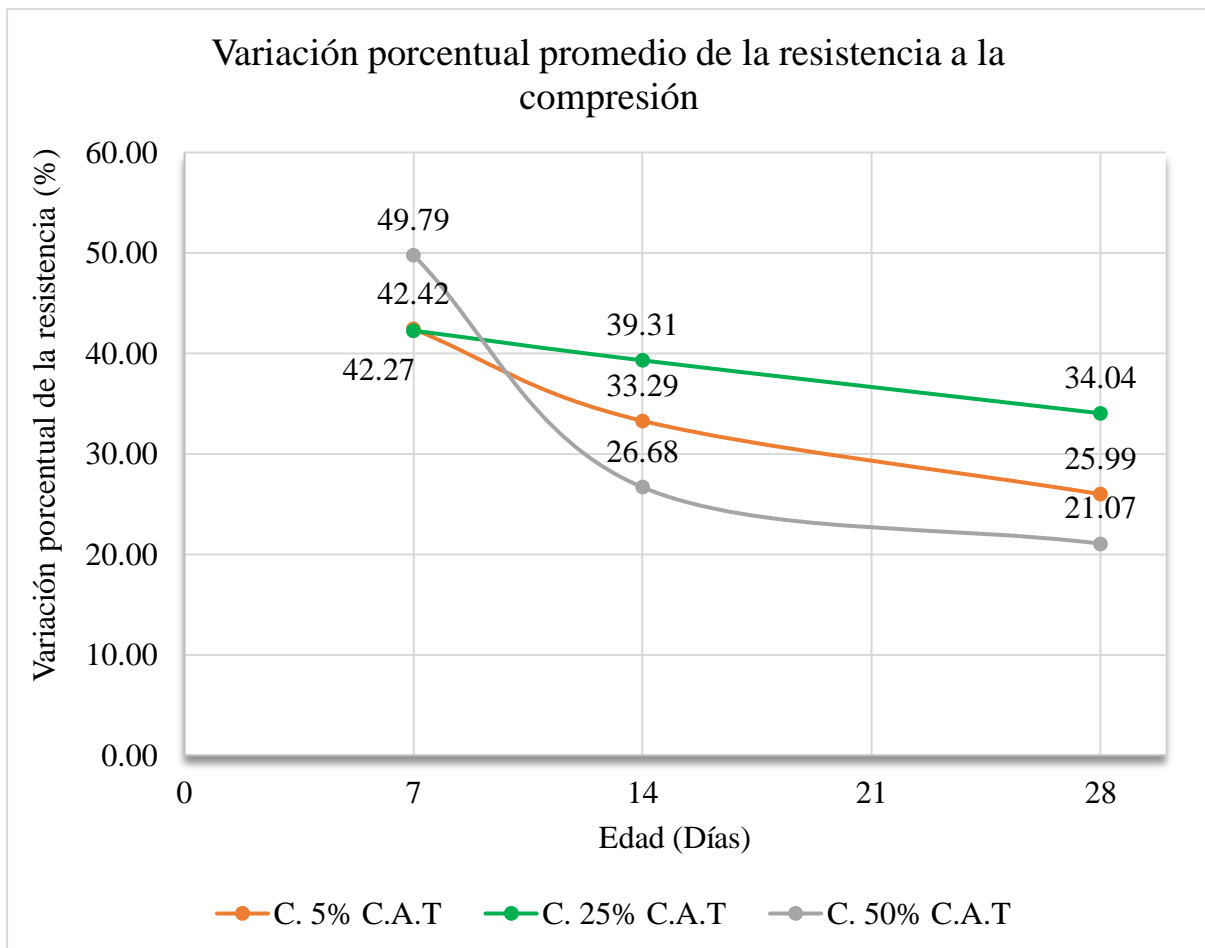
Esta tendencia se confirma a la edad de diseño de 28 días. El 25% C.A.T. mantiene el mayor incremento porcentual (34.04%), demostrando ser la opción más eficaz para potenciar la resistencia final. El 5% C.A.T. sigue mostrando una mejora considerable (25.99%), mientras que el beneficio relativo del 50% C.A.T. continúa decreciendo hasta el 21.07%, el menor entre las mezclas modificadas a esta edad.

Este análisis porcentual, por lo tanto, no solo ratifica la mejora general, sino que identifica al 25% de reemplazo como la dosificación que proporciona el mayor y más sostenido beneficio relativo en la resistencia a la compresión a la edad estándar de diseño.

Habiendo cuantificado la mejora relativa en puntos discretos (7, 14 y 28 días) en la tabla 47, resulta importante analizar la trayectoria de esta variación porcentual a lo largo del periodo de curado. La figura 117 ofrece una representación gráfica continua de esta evolución. Este gráfico de líneas permite visualizar de manera más dinámica cómo se sostiene o decae la ventaja relativa de cada mezcla con reemplazo en comparación con el concreto patrón, ofreciendo perspectivas sobre la consistencia del beneficio aportado por las conchas de abanico a medida que avanza el proceso de hidratación.

Figura 117

Evolución de la variación porcentual de la resistencia promedio a la compresión respecto al concreto patrón (%).



Nota. Elaboración propia.

La figura 117 complementa el análisis de resistencias absolutas al presentar la evolución de la variación porcentual de la resistencia promedio a compresión de las mezclas modificadas, tomando como referencia el concreto patrón. Este enfoque relativo es crucial para discernir la consistencia y magnitud del beneficio aportado por las conchas de abanico a lo largo del proceso de curado.

A edades tempranas (7 días), el gráfico revela un incremento porcentual muy significativo para todas las dosis de reemplazo. Destaca la mezcla con 50% C.A.T., la cual

exhibe la mayor mejora relativa (49.79%), sugiriendo una notable influencia positiva en las reacciones iniciales de hidratación o en la densificación temprana de la matriz. Las mezclas con 5% y 25% C.A.T. también registran incrementos sustanciales ($>42\%$), aunque ligeramente menores.

Sin embargo, la trayectoria posterior de las curvas diverge notablemente. La línea correspondiente al 50% C.A.T. presenta un descenso pronunciado en su ventaja relativa, reduciéndose a 26.68% a los 14 días y finalizando en 21.07% a los 28 días. Esta tendencia descendente indica que, si bien su resistencia absoluta supera al patrón, su tasa de ganancia de resistencia es inferior a la de la mezcla de control en etapas posteriores, disminuyendo progresivamente su beneficio relativo.

En contraste, la curva del 25% C.A.T. demuestra la mayor estabilidad y el desempeño relativo más favorable a partir de los 14 días. Alcanza el máximo incremento porcentual (34.04%) a los 28 días, consolidando su posición como la dosificación óptima no solo en términos absolutos sino también relativos. La mezcla con 5% C.A.T. muestra una disminución más moderada de su ventaja porcentual (finalizando en 25.99% a los 28 días), manteniéndose como una alternativa eficiente.

Por lo tanto, este análisis de la evolución porcentual es fundamental, pues evidencia que, aunque todos los reemplazos son inicialmente beneficiosos, el 25% de conchas de abanico proporciona la mejora relativa más significativa y sostenida en la resistencia a la compresión a la edad de diseño estándar, mientras que dosis superiores (50%) muestran un beneficio decreciente con el tiempo.

5.3 Análisis estadístico inferencial

La presentación de resultados descriptivos (medias y gráficos) en las secciones anteriores proporciona una visión inicial del comportamiento del concreto. Sin embargo, para validar científicamente si las diferencias observadas como la superioridad del 25% de reemplazo a los 28 días, son reales y no atribuibles a fluctuaciones debidas al azar inherente a cualquier experimentación, es indispensable recurrir a la estadística inferencial. Esta permite, a partir de los datos de la muestra (las 96 probetas), hacer inferencias válidas sobre el comportamiento general del universo de concretos fabricados bajo estas condiciones.

El software SPSS fue la herramienta seleccionada para este análisis. Dada la naturaleza del diseño experimental en la resistencia a la compresión, que involucra la evaluación simultánea de dos factores (variables independientes categóricas): el Porcentaje de Reemplazo (con 4 niveles: 0%, 5%, 25%, 50%) y la Edad de Curado (con 3 niveles: 7, 14, 28 días) sobre una variable dependiente cuantitativa (la Resistencia a la Compresión), el método estadístico idóneo es el Análisis de Varianza (ANOVA) de dos factores. Este análisis se implementó mediante el procedimiento Modelo Lineal General (GLM) Univariado de SPSS.

La idoneidad de este método radica en su capacidad para evaluar tres aspectos cruciales de forma simultánea y eficiente, superando las limitaciones de múltiples ANOVAs simples:

1. Efecto Principal del Porcentaje de Reemplazo: Determina si el porcentaje de conchas, considerado de forma global a través de todas las edades, tiene un impacto estadísticamente significativo en la resistencia.

2. Efecto Principal de la Edad de Curado: Evalúa si la edad, de forma global a través de todos los porcentajes, tiene un impacto estadísticamente significativo en la resistencia.

3. Efecto de Interacción (Porcentaje * Edad): Analiza si el efecto del porcentaje de reemplazo depende de la edad a la que se mide. Una interacción significativa, visualizada a menudo como líneas no paralelas en un gráfico de perfil, indica que la influencia del porcentaje de conchas sobre la resistencia no es constante a lo largo del tiempo.

El análisis estadístico parte del contraste de una Hipótesis Nula (H_0) para cada uno de estos efectos. La H_0 postula la ausencia de dicho efecto (p. ej., "El porcentaje de reemplazo no influye significativamente en la resistencia"). Se estableció un nivel de significancia (α) de 0.05, el umbral estándar en ingeniería para la toma de decisiones. Si el valor p (Sig.) calculado por SPSS para un efecto es inferior a 0.05, se rechaza la H_0 con un 95% de confianza, concluyendo que el efecto observado es estadísticamente significativo (es decir, real y no atribuible al azar).

Previo al ANOVA, se verificó el supuesto de homogeneidad de varianzas entre los grupos mediante la Prueba de Levene, un paso necesario para asegurar la validez formal del análisis, aunque el ANOVA demuestra robustez ante desviaciones moderadas si los tamaños de grupo son similares.

Finalmente, únicamente en los casos donde el ANOVA detecte efectos principales significativos, se aplicarán pruebas post-hoc (Tukey HSD).

Estas pruebas son esenciales para realizar comparaciones múltiples por pares entre los niveles del factor significativo (p. ej., comparar 25% vs Patrón, o 28 días vs 14 días), permitiendo identificar exactamente dónde radican las diferencias significativas que el ANOVA general ha señalado.

Este enfoque estadístico integral permite contrastar las hipótesis de investigación con el rigor requerido y validar las conclusiones sobre el impacto del reemplazo con conchas de abanico en la resistencia a compresión. Los resultados específicos de estos análisis se presentan a continuación.

5.3.1 Análisis de Varianza (ANOVA) para Resistencia a la Compresión

Para evaluar formalmente el efecto del porcentaje de reemplazo en la resistencia a la edad de diseño, se contrastaron las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis Nula (H_0):** No existen diferencias significativas entre las medias de resistencia a 28 días de los cuatro grupos.
- **Hipótesis Alternativa (H_1):** Al menos una de las medias de resistencia a 28 días es diferente.

Para iniciar la evaluación de estas hipótesis, la figura 118 presenta los estadísticos descriptivos (media y desviación estándar) de la resistencia a la compresión a los 28 días para cada porcentaje de reemplazo.

Figura 118

*Estadísticos Descriptivos de la Resistencia a la Compresión (kg/cm²)
por Porcentaje de Reemplazo y Edad de Curado.*

Estadísticos descriptivos				
Variable dependiente: Resistencia_kg_cm2				
Porcentaje	Edad_dias	Media	Desv. Desviación	N
0	7	165,70213	7,588003	8
	14	196,82662	10,786112	8
	28	220,78888	6,976596	8
	Total	194,43921	24,463578	24
5	7	235,99750	11,962467	8
	14	262,34700	19,597609	8
	28	278,17475	22,625361	8
	Total	258,83975	25,140309	24
25	7	235,75000	9,026602	8
	14	274,19575	5,696134	8
	28	295,94750	15,180629	8
	Total	268,63108	27,407696	24
50	7	248,19975	7,168620	8
	14	249,34950	14,521366	8
	28	267,29875	24,438199	8
	Total	254,94933	18,476516	24
Total	7	221,41234	34,196180	32
	14	245,67972	32,693342	32
	28	265,55247	33,330151	32
	Total	244,21484	37,710771	96

Nota. Elaboración propia a partir del análisis realizado en SPSS Statistics.

La figura 118 presenta los estadísticos descriptivos para la resistencia a la compresión (kg/cm²) en cada uno de los 12 grupos experimentales. Se observa la media, la desviación estándar y el número de muestras (N=8) por grupo.

A la edad de 28 días, los resultados confirman que la media más alta se alcanzó con el 25% de reemplazo (295.95 kg/cm²), superando al concreto patrón (220.79 kg/cm²), al 5% (278.17 kg/cm²) y al 50% (267.30 kg/cm²). Las desviaciones estándar observadas en general indican una consistencia aceptable dentro de cada grupo. Estos valores promedio serán la base para el análisis inferencial posterior.

Antes de proceder con el Análisis de Varianza (ANOVA) para comparar formalmente estas medias, es necesario verificar el supuesto de homogeneidad de varianzas entre los grupos mediante la Prueba de Levene. Este supuesto es importante para la validez de la prueba F del ANOVA. Los resultados de la Prueba de Levene se muestran en la figura 119.

Figura 119

Prueba de Levene de Igualdad de Varianzas de Error para Resistencia a la Compresión.

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error ^{a,b}					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia_kg_cm2	Se basa en la media	3,995	11	84	<.001
	Se basa en la mediana	1,527	11	84	,137
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,527	11	33,102	,168
	Se basa en la media recortada	3,683	11	84	<.001

Prueba la hipótesis nula de que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Variable dependiente: Resistencia_kg_cm2

b. Diseño : Intersección + Porcentaje + Edad_dias + Porcentaje * Edad_dias

Nota. Elaboración propia a partir del análisis realizado en SPSS Statistics.

La Prueba de Levene se realizó para verificar el supuesto de homogeneidad de varianzas, el cual es importante para la validez del análisis ANOVA. El resultado obtenido en la figura 119 muestra un valor de significancia (Sig.) de $< .001$ para la prueba basada en la media.

Dado que este valor es inferior al nivel de significancia estándar ($\alpha = 0.05$), se rechaza la hipótesis nula de la Prueba de Levene. Esto indica que las varianzas de la resistencia a la compresión no son homogéneas (iguales) entre los diferentes grupos experimentales definidos por el porcentaje de reemplazo y la edad.

Si bien no se satisface el supuesto de homogeneidad de varianzas, el análisis ANOVA es considerado robusto ante esta situación, especialmente cuando los tamaños de los grupos son iguales, como en este caso ($n=8$ por grupo). Por lo tanto, se procederá con la interpretación de los resultados del ANOVA, considerando la robustez de la prueba ante esta condición.

La figura 120 presenta los resultados de la prueba principal del ANOVA de efectos inter-sujetos. Esta tabla es fundamental, ya que evalúa la significancia estadística de los efectos principales de cada factor independiente (Porcentaje de reemplazo y Edad en días) y, crucialmente, del efecto de interacción entre ambos (Porcentaje * Edad en días) sobre la variable dependiente (Resistencia: kg/cm^2).

Figura 120

Resultados de la Prueba ANOVA de Efectos Inter-Sujetos para la variable dependiente Resistencia a la Compresión (kg/cm²).

Pruebas de efectos inter-sujetos						
Variable dependiente: Resistencia_kg_cm2						
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado
Modelo corregido	117841,026 ^a	11	10712,821	52,141	<.001	,872
Intersección	5725525,431	1	5725525,431	27866,788	<.001	,997
Porcentaje	81669,211	3	27223,070	132,498	<.001	,826
Edad_dias	31276,611	2	15638,306	76,113	<.001	,644
Porcentaje * Edad_dias	4895,204	6	815,867	3,971	,002	,221
Error	17258,686	84	205,461			
Total	5860625,143	96				
Total corregido	135099,712	95				

a. R al cuadrado = .872 (R al cuadrado ajustada = .856)

Nota. Elaboración propia a partir del análisis realizado en SPSS Statistics.

La figura 120 nos muestra los resultados del análisis estadístico principal, conocido como ANOVA de dos factores. Esta prueba nos ayuda a entender si los cambios que hicimos en el experimento (variar el porcentaje de conchas y esperar diferentes tiempos de curado) tuvieron un efecto real y medible en la resistencia del concreto.

Primero, examinamos el efecto del Porcentaje de reemplazo. El resultado indica que sí importa cuánto agregado fino reemplazamos con conchas (el valor p, o Sig., es menor que 0.001). Esto significa que cambiar el porcentaje tiene un efecto real y significativo en la resistencia promedio del concreto. Las diferencias observadas son estadísticamente significativas. Además, la medida "Eta parcial al cuadrado" (.826) nos dice que este factor (el porcentaje de reemplazo) es muy influyente, explicando una gran parte (aproximadamente el 82.6%) de las variaciones encontradas en la resistencia.

Luego, analizamos la edad en días. El resultado también confirma que el tiempo de curado tiene un efecto muy importante en la resistencia (Sig. < 0.001). Como es lógico esperar, el concreto se vuelve significativamente más fuerte a medida que pasan los días (de 7 a 14 y a 28 días).

El hallazgo más interesante se encuentra en la fila Porcentaje * Edad en días, que representa la interacción entre los dos factores. El resultado (Sig. = $.002$) es menor que 0.05, lo cual indica que esta interacción también es significativa. En términos prácticos, esto significa que el efecto del porcentaje de conchas sobre la resistencia no es constante a lo largo del tiempo. Dicho de otra manera, la ventaja o desventaja de usar un porcentaje específico de conchas depende de cuándo midamos la resistencia (a los 7, 14 o 28 días). Esto coincide con las tendencias que vimos en los gráficos, donde las líneas de resistencia no eran paralelas, sugiriendo un comportamiento complejo.

Finalmente, el modelo corregido (Sig. $< .001$) nos asegura que el modelo estadístico general, considerando ambos factores y su interacción, es muy bueno para explicar los resultados. El valor "R cuadrado ajustado" ($.856$) sugiere que nuestro modelo experimental explica aproximadamente el 85.6% de las razones por las cuales la resistencia varió entre las diferentes probetas.

Dado que se confirma que tanto el porcentaje de reemplazo como la edad (y su combinación) tienen efectos reales sobre la resistencia, es justificado proceder con análisis más específicos, llamados pruebas post-hoc, para determinar exactamente qué porcentajes de reemplazo son significativamente diferentes entre sí en las edades clave.

Habiendo establecido que existen efectos principales y de interacción estadísticamente significativos en el análisis ANOVA principal, es necesario realizar análisis post-hoc para determinar específicamente entre qué niveles de los factores radican estas diferencias. Para ello, se aplicó la prueba de Tukey HSD de comparaciones múltiples. Los resultados detallados de estas comparaciones, primero para el factor Porcentaje y luego para el factor Edad días, se presentan en las tablas siguientes.

Figura 121

Resultados de la prueba post hoc de Tukey HSD para comparaciones múltiples del factor porcentaje sobre la resistencia a la compresión.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia_kg_cm2						
HSD Tukey						
(I) Porcentaje	(J) Porcentaje	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	5	-64,40054*	4,137839	<.001	-75,24670	-53,55438
	25	-74,19187*	4,137839	<.001	-85,03804	-63,34571
	50	-60,51012*	4,137839	<.001	-71,35629	-49,66396
5	0	64,40054*	4,137839	<.001	53,55438	75,24670
	25	-9,79133	4,137839	,092	-20,63749	1,05483
	50	3,89042	4,137839	,783	-6,95574	14,73658
25	0	74,19187*	4,137839	<.001	63,34571	85,03804
	5	9,79133	4,137839	,092	-1,05483	20,63749
	50	13,68175*	4,137839	,007	2,83559	24,52791
50	0	60,51012*	4,137839	<.001	49,66396	71,35629
	5	-3,89042	4,137839	,783	-14,73658	6,95574
	25	-13,68175*	4,137839	,007	-24,52791	-2,83559

Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática(Error) = 205.461.
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Nota. Elaboración propia a partir del análisis realizado en SPSS Statistics.

La figura 121 detalla los resultados de las comparaciones por pares mediante la prueba post-hoc de Tukey HSD. Este análisis se realiza específicamente para el factor Porcentaje de reemplazo, dado que el ANOVA previo indicó que este factor tiene un efecto global estadísticamente significativo sobre la resistencia a la compresión. El objetivo de esta prueba es identificar con precisión entre qué niveles específicos de reemplazo (0%, 5%, 25% y 50%) existen diferencias significativas en la resistencia promedio.

Los resultados muestran, en primer lugar, que el concreto patrón (nivel 0%) presenta una resistencia promedio significativamente inferior a todas las mezclas que incorporaron conchas de abanico (5%, 25% y 50%), ya que los valores p (Sig.) para estas comparaciones son menores a 0.001. Esto confirma con alta confianza estadística que la adición de conchas, en cualquiera de los porcentajes estudiados, mejora la resistencia respecto a la mezcla de control.

Al comparar las mezclas con reemplazo entre sí, el análisis revela matices importantes. La diferencia de resistencia promedio entre el 5% y el 25% de reemplazo no alcanza la significancia estadística convencional ($p = 0.092$), aunque numéricamente la media del 25% sea superior. De manera similar, no se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre el 5% y el 50% de reemplazo ($p = 0.783$).

Sin embargo, la comparación entre el 25% y el 50% de reemplazo sí arroja una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.007$). Esto indica que la resistencia promedio obtenida con el 25% de conchas es significativamente superior a la obtenida con el 50%.

En síntesis, las pruebas post-hoc validan que todos los porcentajes de reemplazo son beneficiosos comparados con el concreto patrón. Dentro de las mezclas modificadas, el 25% de reemplazo demuestra ser estadísticamente superior al 50%. Aunque el 25% no es

estadísticamente diferente del 5% bajo esta prueba, sí presenta la media numérica más alta, reforzando su identificación como la dosificación óptima en términos de desempeño mecánico promedio. Estos hallazgos permiten comprender con mayor detalle cómo influye la proporción de conchas de abanico en la resistencia final del concreto.

Para visualizar de manera directa los resultados de estas comparaciones por pares, se presenta la siguiente figura de subconjuntos homogéneos.

Figura 122

Subconjuntos Homogéneos para la Resistencia a la Compresión (kg/cm²) según el Porcentaje de Reemplazo (Tukey HSD).

Resistencia_kg_cm2				
HSD Tukey ^{a,b}				
Porcentaje	N	Subconjunto		
		1	2	3
0	24	194,43921		
50	24		254,94933	
5	24		258,83975	258,83975
25	24			268,63108
Sig.		1,000	,783	,092

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática(Error) = 205.461.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 24.000.
b. Alfa = .05.

Nota. Elaboración propia a partir del análisis realizado en SPSS Statistics.

Los resultados de estas comparaciones múltiples se resumen de forma concisa en la figura 122. Esta figura agrupa las medias de resistencia promedio para cada porcentaje de reemplazo en columnas (subconjuntos). Las medias que aparecen dentro de una misma columna no son estadísticamente diferentes entre sí (con $\alpha = 0.05$), mientras que las medias ubicadas en columnas distintas sí presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey HSD.

La Tabla 121 muestra tres subconjuntos homogéneos para el factor Porcentaje:

- El Subconjunto 1 contiene únicamente al concreto patrón (0%), con la media más baja (194.44 kg/cm^2), confirmando que su resistencia es significativamente inferior a la de todas las mezclas con reemplazo.
- El Subconjunto 2 agrupa a las mezclas con 50% y 5% de reemplazo (medias 254.95 y 258.84 kg/cm^2 respectivamente). Su inclusión en la misma columna (con Sig. = .783) indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ellos.
- El Subconjunto 3 agrupa a las mezclas con 5% y 25% de reemplazo (medias 258.84 y 268.63 kg/cm^2 respectivamente). Su presencia conjunta (con Sig. = .092) confirma que la diferencia entre ellos no es estadísticamente significativa bajo el criterio de Tukey, aunque el 25% presenta la media más alta.

Esta figura, por lo tanto, consolida visualmente los resultados de las comparaciones por pares: separa el concreto patrón como inferior, agrupa los desempeños intermedios (5% y 50%), y sitúa al 25% en el grupo de mayor resistencia promedio, aunque estadísticamente similar al 5% en este análisis global.

Continuando con el análisis post-hoc, se examinan ahora las comparaciones múltiples para el factor Edad días, con el fin de identificar diferencias significativas en la resistencia promedio entre los distintos tiempos de curado (7, 14 y 28 días). La figura 123 presenta los resultados de la prueba de Tukey HSD para este factor.

Figura 123

Resultados de la prueba post hoc de Tukey HSD para comparaciones múltiples del factor edad en días sobre la resistencia a la compresión.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia_kg_cm2						
HSD Tukey						
(I) Edad_dias	(J) Edad_dias	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
7	14	-24,26737*	3,583474	<.001	-32,81739	-15,71736
	28	-44,14013*	3,583474	<.001	-52,69014	-35,59011
14	7	24,26737*	3,583474	<.001	15,71736	32,81739
	28	-19,87275*	3,583474	<.001	-28,42277	-11,32273
28	7	44,14013*	3,583474	<.001	35,59011	52,69014
	14	19,87275*	3,583474	<.001	11,32273	28,42277

Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática(Error) = 205.461.
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Nota. Elaboración propia a partir del análisis realizado en SPSS Statistics.

La figura 123 muestra que todas las comparaciones presentan valores de significancia $p < 0.001$, lo cual indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos de edades evaluados.

- Entre 7 y 14 días, la resistencia aumenta en promedio 24.27 kg/cm².
- Entre 7 y 28 días, el incremento es aún mayor, de aproximadamente 44.14 kg/cm².

- Entre 14 y 28 días, la diferencia también es significativa, con un aumento promedio de 19.87 kg/cm².

Los intervalos de confianza al 95 % no incluyen el valor cero, lo que confirma que las diferencias son reales y no producto del azar. En síntesis, la resistencia a la compresión del concreto se incrementa significativamente conforme aumenta la edad de curado, cumpliendo el comportamiento esperado de desarrollo de resistencia en el tiempo.

Posteriormente, con el fin de identificar los grupos homogéneos de edades según valores medios de resistencia a la compresión, se presenta la siguiente figura de subconjuntos homogéneos obtenida también mediante la prueba HSD de Tukey.

Figura 124

Subconjuntos Homogéneos para la Resistencia a la Compresión (kg/cm²) según la Edad en días (Tukey HSD).

Resistencia_kg_cm2				
HSD Tukey ^{a,b}				
Edad_dias	N	Subconjunto		
		1	2	3
7	32	221,41234		
14	32		245,67972	
28	32			265,55247
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática(Error) = 205.461.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 32.000.
b. Alfa = .05.

Nota. Elaboración propia a partir del análisis realizado en SPSS Statistics.

La figura 124 presenta la agrupación de las medias marginales estimadas de resistencia a la compresión para los diferentes niveles del factor Edad días. Esta tabla clasifica las medias en subconjuntos mutuamente excluyentes en los que no existen diferencias estadísticamente significativas (con un nivel alfa de 0.05).

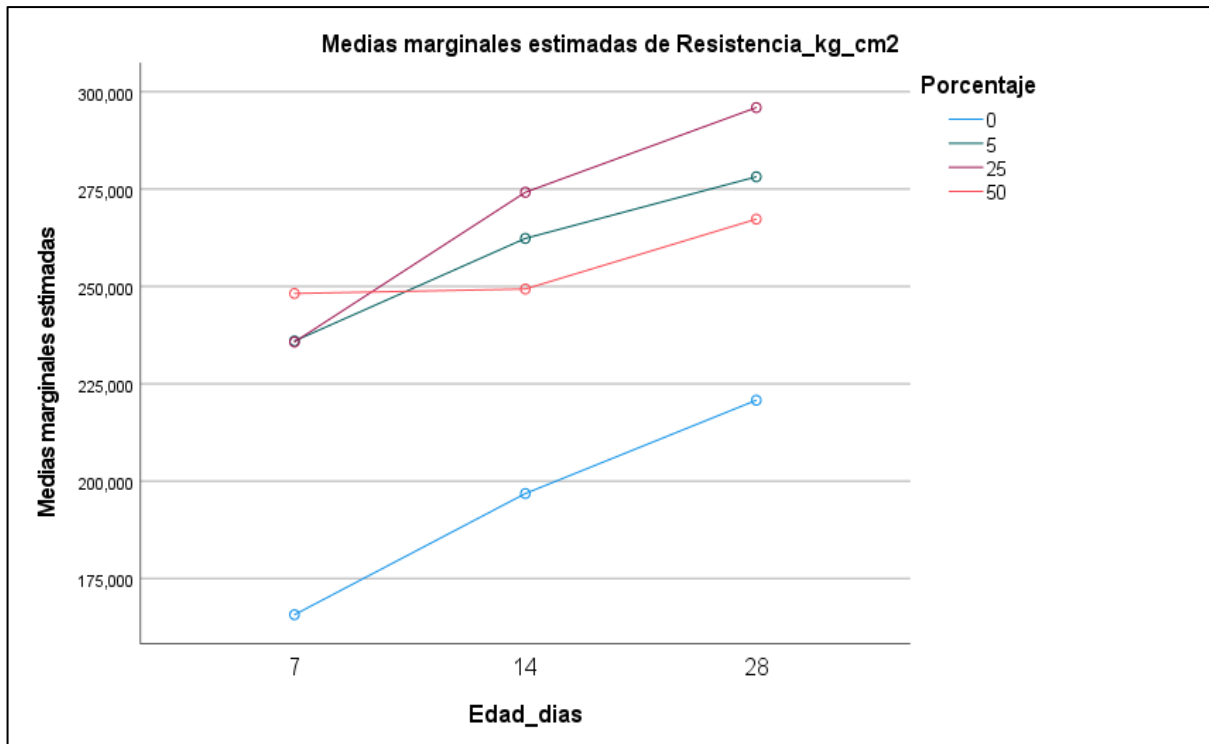
Se observa que cada nivel del factor Edad días (7, 14 y 28 días) constituye un subconjunto homogéneo independiente. Específicamente, el subconjunto 1 agrupa únicamente la media correspondiente a los 7 días (221.41 kg/cm^2), el subconjunto 2 agrupa la media de los 14 días (245.68 kg/cm^2), y el subconjunto 3 agrupa la media de los 28 días (265.55 kg/cm^2).

La segregación de cada edad en un subconjunto distinto confirma definitivamente que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre las resistencias promedio alcanzadas en cada uno de los periodos de curado evaluados. Este resultado valida cuantitativamente el incremento progresivo y significativo de la resistencia a la compresión del concreto con el transcurso del tiempo de curado, conforme a lo esperado teóricamente y evidenciado en análisis descriptivos previos.

Finalmente, para visualizar gráficamente el efecto de interacción significativo encontrado entre porcentaje* Edad en días (identificado en la tabla de pruebas de efectos inter-sujetos), se presenta el gráfico de perfil en la figura 125. Este gráfico muestra las medias marginales estimadas de la resistencia a la compresión para cada porcentaje de reemplazo en función de la edad de curado.

Figura 125

Evolución de la resistencia a la compresión ($f'c$) según la edad del concreto y el porcentaje de reemplazo de agregado fino por conchas de abanico.



Nota. Elaboración propia a partir del análisis realizado en SPSS Statistics.

En la figura 125, se observa una clara y significativa diferenciación entre el grupo control (0% reemplazo, línea azul) y los tres grupos experimentales (5%, 25% y 50%). El grupo control presenta consistentemente los valores de resistencia a la compresión más bajos en todos los puntos de medición (7, 14 y 28 días).

Por el contrario, todas las dosificaciones que incluyen reemplazo con concha de abanico exhiben un rendimiento marcadamente superior al de la mezcla patrón en todas las edades evaluadas.

La naturaleza de la interacción (confirmada por el análisis ANOVA) se manifiesta en el comportamiento diferencial de las pendientes de los grupos experimentales. A la edad de 7 días, la mezcla con 50% de reemplazo (línea roja) reporta la resistencia inicial más elevada.

Sin embargo, su curva presenta la tasa de ganancia de resistencia más atenuada durante el periodo de curado.

En contraste, la mezcla del 25% (línea morada), si bien no inicia con la mayor resistencia, demuestra la ganancia más acelerada, particularmente en el intervalo de 14 a 28 días. Este desarrollo resulta en que la dosificación del 25% alcance la máxima resistencia a la compresión a la edad de diseño (28 días), con una media estimada cercana a los 300 kg/cm^2 .

La mezcla del 5% (línea verde) muestra un comportamiento robusto y similar al del 25%, finalizando como la segunda dosificación con mejor rendimiento a los 28 días.

Por lo tanto, el gráfico valida los hallazgos del ANOVA bifactorial, demostrando que el efecto del porcentaje de reemplazo no es constante, sino que depende de la edad del concreto. Se identifica visualmente al 25% de reemplazo como la dosificación óptima para maximizar la resistencia a los 28 días.

Con base en la evidencia estadística de la tabla "Pruebas de efectos inter-sujetos", se constata que los valores de significancia (Sig.) para los efectos principales de "Porcentaje" (Sig. $< .001$) y "Edad en días" (Sig. $< .001$) son menores al nivel de alfa establecido ($\alpha = 0.05$). Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula (H_0) que postulaba la ausencia de diferencias significativas. Se acepta la hipótesis alternativa (H_1) y se concluye que el porcentaje de reemplazo de agregado fino por concha de abanico SÍ tiene un efecto estadísticamente significativo, y como demuestran las medias, aumenta la resistencia a la compresión del concreto en comparación con la mezcla patrón.

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

El propósito de este capítulo es evaluar la viabilidad de la investigación, no solo desde una perspectiva técnica de laboratorio, sino también desde su aplicación en un escenario real, considerando su impacto ambiental y económico.

6.1 Factibilidad técnica

La factibilidad técnica de la investigación ha sido comprobada y validada a través de los resultados experimentales (Capítulo 5).

Se ha demostrado que es técnicamente posible reemplazar el agregado fino por conchas de abanico. Más importante aún, se determinó una dosificación óptima del 25% que no solo iguala, sino que mejora la resistencia a la compresión del concreto patrón.

Este fenómeno se atribuye a dos factores principales:

1. **Efecto Físico (Filler):** Las partículas de conchas logran un mejor empaquetamiento y una mayor densidad en la matriz del agregado fino.
2. **Efecto Químico (Nucleación):** El Carbonato de Calcio (CaCO_3) de las conchas actúa como punto de nucleación, mejorando la hidratación del cemento.

Se concluye que el uso de conchas de abanico al 25% es altamente viable técnicamente.

6.2 Factibilidad ambiental

El análisis de factibilidad ambiental demuestra que esta propuesta de investigación tiene un impacto neto abrumadoramente positivo, alineándose con los principios de economía circular y desarrollo sostenible. El análisis se basa en la comparación del escenario actual con la propuesta de esta tesis.

- **Escenario Actual:**

1. **Contaminación por Residuos:** Actualmente, las conchas de abanico son un residuo agroindustrial. Su acumulación en vertederos o riberas genera focos de contaminación, malos olores y alteración del paisaje.
2. **Agotamiento de Recursos:** La construcción depende al 100% de la extracción de áridos vírgenes (arena) de canteras y ríos, una práctica con un alto costo ecológico (erosión y destrucción de hábitats).

- **Propuesta de la Tesis:**

1. **Valorización de Residuos:** Esta tesis propone la valorización de este residuo, convirtiéndolo de una fuente de contaminación en una materia prima secundaria para la industria de la construcción.
2. **Preservación de Recursos:** Cada metro cúbico de conchas utilizado es un metro cúbico de arena que no se extrae de un ecosistema frágil.

Aunque el procesamiento de las conchas (lavado, trituración) requiere un consumo energético, el beneficio de resolver simultáneamente dos problemas ambientales (contaminación por residuos y agotamiento de áridos) es significativamente mayor.

Esta investigación demuestra que es posible valorizar un residuo agroindustrial y, al mismo tiempo, reducir la explotación de áridos vírgenes (recursos no renovables).

Por lo tanto, se concluye que el reemplazo del 25% con conchas de abanico es altamente factible desde el punto de vista ambiental.

6.3 Factibilidad económica

6.3.1 Metodología de costos (Conversión de peso a volumen)

Para realizar un Análisis de Precios Unitarios (APU) realista, es indispensable "traducir" la dosificación de diseño (expresada en kilogramos para garantizar la calidad) a una dosificación de compra (expresada en metros cúbicos), que es como se comercializan los agregados en obra.

El diseño de mezcla se basa en el Peso Específico (el peso del sólido sin aire), pero la compra en obra se basa en el Peso Unitario Suelto (PUS), que mide el peso del material a granel, incluyendo los vacíos de aire entre partículas.

Fórmulas Clave Utilizadas:

1. Peso Unitario Suelto Húmedo (PUSH): Se calcula el peso real del material suelto tal como se encuentra en la pila (con su humedad).

$$\text{PUSH} = \text{PUS Seco} * (1 + \% \text{ Humedad})$$

2. Aporte de Material: Se calcula el volumen de material suelto a comprar, aplicando un 5% de desperdicio estándar de la industria (por manipulación, transporte y acopio).

$$\text{Aporte (m}^3\text{)} = (\text{Peso Húmedo de Receta} / \text{PUSH}) * 1.05$$

Datos de Partida para la Conversión:

- **PUS Seco Arena:** 1610 kg/m^3
- **PUS Seco Agregado Grueso:** 1420 kg/m^3
- **PUS Seco Conchas de Abanico:** 1440 kg/m^3 (*Dato obtenido de los ensayos de laboratorio*)
- **Humedad Arena:** 0.89%
- **Humedad Grueso:** 0.40%
- **Humedad Conchas:** 0.278%
- **Desperdicio:** 5% (Factor = 1.05)
- **Cemento:** 1 bolsa = 42.5 kg
- **Aditivo (Densidad):** 1.05 kg/L
- **Aditivo (Factor Galón):** 1 gal = 3.785 L

6.3.1.1 Cálculo de aportes unitarios: (Concreto patrón).

- **Dosificación corregida (1 m^3):** Cemento= 385.71 kg ; Arena Húmeda= 682.26 kg ;
Grueso Húmedo= 811.73 kg ; Agua= 221.93 L .

1. Cemento:

○ $(385.71 \text{ kg} / 42.5 \text{ kg/bolsa}) * 1.05 = 9.530 \text{ bol}$

2. Agua:

○ $(221.93 \text{ L} / 1000 \text{ L/m}^3) * 1.05 = 0.233 \text{ m}^3$

3. Agregado Fino (Arena):

○ $\text{PUSH} = 1610 * (1 + 0.0089) = 1624.35 \text{ kg/m}^3$

○ $\text{Aporte} = (682.26 \text{ kg} / 1624.35 \text{ kg/m}^3) * 1.05 = 0.420 \text{ m}^3 * 1.05 = 0.441 \text{ m}^3$

4. Agregado Grueso (Piedra):

- $\text{PUSH} = 1420 * (1 + 0.0040) = 1425.68 \text{ kg/m}^3$
- $\text{Aporte} = (811.73 \text{ kg} / 1425.68 \text{ kg/m}^3) * 1.05 = 0.569 \text{ m}^3 * 1.05 = 0.598 \text{ m}^3$

6.3.1.2 Cálculo de aportes unitarios: (Reemplazo 5%).

- **Dosificación corregida (1 m³):** Cemento=385.71 kg; Arena Húmeda=648.15 kg;
Conchas Húmedas=33.90 kg; Grueso Húmedo=811.73 kg; Agua=201.89 L;
Aditivo=3.43 kg

1. **Cemento:** (Igual al Patrón) = 9.530 bol

2. **Agua:** $(201.89 \text{ L} / 1000 \text{ L/m}^3) * 1.05 = 0.212 \text{ m}^3$

3. Agregado Fino (Arena):

- $\text{Aporte} = (648.15 \text{ kg} / 1624.35 \text{ kg/m}^3) * 1.05 = 0.399 \text{ m}^3 * 1.05 = 0.419 \text{ m}^3$

4. **Agregado Grueso (Piedra):** (Igual al Patrón) = 0.598 m³

5. Conchas de Abanico:

- $\text{PUSH} = 1440 * (1 + 0.00278) = 1444.00 \text{ kg/m}^3$
- $\text{Aporte} = (33.90 \text{ kg} / 1444.00 \text{ kg/m}^3) * 1.05 = 0.0235 \text{ m}^3 * 1.05 = 0.025 \text{ m}^3$

6. Aditivo Chema Plast:

- $\text{Peso con desperdicios} = 3.43 \text{ kg} * 1.05 = 3.602 \text{ kg}$
- $\text{Litros} = 3.602 \text{ kg} / 1.05 \text{ kg/L} = 3.431 \text{ L}$
- $\text{Aporte} = 3.431 \text{ L} / 3.785 \text{ L/gal} = 0.906 \text{ gal}$

6.3.1.3 Cálculo de aportes unitarios: (Reemplazo 25%).

- **Dosificación corregida (1 m³):** Cemento=385.71 kg; Arena Húmeda=511.70 kg;
Conchas Húmedas=169.53 kg; Grueso Húmedo=811.73 kg; Agua=215.17 L;
Aditivo=3.43 kg

1. **Cemento:** (Igual al Patrón) = 9.530 bol
2. **Agua:** $(215.17 \text{ L} / 1000 \text{ L/m}^3) * 1.05 = 0.226 \text{ m}^3$
3. **Agregado Fino (Arena):**
 - Aporte = $(511.70 \text{ kg} / 1624.35 \text{ kg/m}^3) * 1.05 = 0.315 \text{ m}^3 * 1.05 = 0.331 \text{ m}^3$
4. **Agregado Grueso (Piedra):** (Igual al Patrón) = 0.598 m³
5. **Conchas de Abanico:**
 - Aporte = $(169.53 \text{ kg} / 1444.00 \text{ kg/m}^3) * 1.05 = 0.117 \text{ m}^3 * 1.05 = 0.123 \text{ m}^3$
6. **Aditivo Chema Plast:** (Igual al 5%) = 0.906 gal

6.3.1.4 Cálculo de aportes unitarios: (Reemplazo 50%).

- **Receta (1 m³):** Cemento=385.71 kg; Arena Húmeda=341.13 kg; Conchas
Húmedas=339.06 kg; Grueso Húmedo=811.73 kg; Agua=233.56 L; Aditivo=3.43 kg

1. **Cemento:** (Igual al Patrón) = 9.530 bol
2. **Agua:** $(233.56 \text{ L} / 1000 \text{ L/m}^3) * 1.05 = 0.245 \text{ m}^3$
3. **Agregado Fino (Arena):**
 - Aporte = $(341.13 \text{ kg} / 1624.35 \text{ kg/m}^3) * 1.05 = 0.210 \text{ m}^3 * 1.05 = 0.221 \text{ m}^3$
4. **Agregado Grueso (Piedra):** (Igual al Patrón) = 0.598 m³
5. **Conchas de Abanico:**
 - Aporte = $(339.06 \text{ kg} / 1444.00 \text{ kg/m}^3) * 1.05 = 0.235 \text{ m}^3 * 1.05 = 0.247 \text{ m}^3$
6. **Aditivo Chema Plast:** (Igual al 5%) = 0.906 gal

6.3.2 Aportes unitarios para análisis de costos

A continuación, se presenta la tabla resumen con las cantidades de insumos (aportes unitarios) requeridas para la producción de 1 m^3 de concreto, calculadas en la sección anterior y considerando un 5% de desperdicio.

Tabla 48

Comparativa de aportes unitarios por tipo de concreto.

Insumo	Unidad	Concreto Patrón	Reemplazo 5%	Reemplazo 25%	Reemplazo 50%
Cemento Portland tipo ICO extraforte	bol	9.530	9.530	9.530	9.530
Agua	m^3	0.233	0.212	0.226	0.245
Agregado Fino (Arena)	m^3	0.441	0.419	0.331	0.221
Agregado Grueso (Piedra)	m^3	0.598	0.598	0.598	0.598
Conchas de Abanico (Proc.)	m^3	-	0.025	0.123	0.247
Aditivo Chema Plast	gal	-	0.906	0.906	0.906

Nota. Elaboración propia.

6.3.3 Análisis de precios unitarios (APU) y costo directo

En esta sección, se integran los aportes de materiales (calculados en 6.3.2) con los costos de mano de obra y equipos para determinar el Costo Unitario Directo (CUD) de 1 m^3 de concreto.

**“ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'c=210$ KG/CM²,
CON REEMPLAZO PARCIAL DE AGREGADO FINO POR CONCHAS DE ABANICO Y USO
DE ADITIVO PLASTIFICANTE CHEMA PLAST”**

Figura 126

Análisis de Precios Unitarios (APU) para 1 m³ de Concreto Patrón $f'c=210$ kg/cm², detallando los costos de materiales, mano de obra y equipos.

Partida	01.01.01		CONCRETO PATRON $f'c=210$ kg/cm ²				
Rendimiento	m ³ /DIA	MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m ³			480.52
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	29.99	23.99	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	23.60	18.88	
0101010005	PEON	hh	4.0000	3.2000	21.36	68.35	
							111.22
Materiales							
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m ³		0.5980	62.00	37.08	
02070200010002	ARENA GRUESA	m ³		0.4410	51.00	22.49	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m ³		0.2330	6.00	1.40	
0213010011	CEMENTO PORTLAND COMPUESTO TIPO IC ₀ EXTRAFORTE PACASMAYO (42.5 kg)	bol		9.5300	30.24	288.19	
							349.16
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	111.22	3.34	
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.5"	hm	1.0000	0.8000	9.00	7.20	
03012900030006	MEZCLADORA DE CONCRETO 3 P3 (4HP)	hm	1.0000	0.8000	12.00	9.60	
							20.14

Nota. De la figura 126 se obtuvo el costo unitario por m³ del concreto patrón el cual es S/.480.52. *Fuente:* Elaboración propia con S10 costos y presupuestos.

Figura 127

Análisis de Precios Unitarios (APU) para 1 m³ de Concreto $f'c=210$ kg/cm² con 5% de reemplazo de agregado fino por conchas de abanico, detallando costos de materiales (incluye conchas y aditivo), mano de obra y equipos.

Partida	01.01.02		CONCRETO PATRON $f'c=210$ kg/cm ² CON 5% DE REEMPLAZO DE AGREGADO FINO POR CONCHAS DE ABANICO				
Rendimiento	m ³ /DIA	MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m ³			527.13
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	29.99	23.99	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	23.60	18.88	
0101010005	PEON	hh	4.0000	3.2000	21.36	68.35	
							111.22
Materiales							
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m ³		0.5980	62.00	37.08	
02070200010002	ARENA GRUESA	m ³		0.4190	51.00	21.37	
02070200010007	CONCHAS DE ABANICO PROCESADAS	m ³		0.0250	30.00	0.75	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m ³		0.2120	6.00	1.27	
0213010011	CEMENTO PORTLAND COMPUESTO TIPO IC ₀ EXTRAFORTE PACASMAYO (42.5 kg)	bol		9.5300	30.24	288.19	
0222180002	ADITIVO CHEMA PLAST	gal		0.9060	52.00	47.11	
							395.77
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	111.22	3.34	
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.5"	hm	1.0000	0.8000	9.00	7.20	
03012900030006	MEZCLADORA DE CONCRETO 3 P3 (4HP)	hm	1.0000	0.8000	12.00	9.60	
							20.14

Nota. De la figura 127 se obtuvo el costo unitario por m³ del concreto patrón el cual es S/.527.13. *Fuente:* Elaboración propia con S10 costos y presupuestos.

**“ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'c=210$ KG/CM²,
CON REEMPLAZO PARCIAL DE AGREGADO FINO POR CONCHAS DE ABANICO Y USO
DE ADITIVO PLASTIFICANTE CHEMA PLAST”**

Figura 128

Análisis de Precios Unitarios (APU) para 1 m³ de Concreto $f'c=210$ kg/cm² con 25% de reemplazo de agregado fino por conchas de abanico, detallando costos de materiales (incluye conchas y aditivo), mano de obra y equipos.

Partida	01.01.03 CONCRETO PATRON $f'c=210$ kg/cm ² CON 25% DE REEMPLAZO DE AGREGADO FINO POR CONCHAS DE ABANICO						
Rendimiento	m 3/DIA	MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m3			525.67
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	29.99	23.99	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	23.60	18.88	
0101010005	PEON	hh	4.0000	3.2000	21.36	68.35	
						111.22	
Materiales							
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.5980	62.00	37.08	
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.3310	51.00	16.88	
02070200010007	CONCHAS DE ABANICO PROCESADAS	m3		0.1230	30.00	3.69	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.2260	6.00	1.36	
0213010011	CEMENTO PORTLAND COMPUESTO TIPO IC ₀ EXTRAFORTE PACASMAYO (42.5 kg)	bol		9.5300	30.24	288.19	
0222180002	ADITIVO CHEMA PLAST	gal		0.9060	52.00	47.11	
						394.31	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	111.22	3.34	
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.5"	hm	1.0000	0.8000	9.00	7.20	
03012900030006	MEZCLADORA DE CONCRETO 3 P3 (4HP)	hm	1.0000	0.8000	12.00	9.60	
						20.14	

Nota. De la figura 128 se obtuvo el costo unitario por m³ del concreto patrón el cual es S/.525.67. *Fuente:* Elaboración propia con S10 costos y presupuestos.

Figura 129

Análisis de Precios Unitarios (APU) para 1 m³ de Concreto $f'c=210$ kg/cm² con 50% de reemplazo de agregado fino por conchas de abanico, detallando costos de materiales (incluye conchas y aditivo), mano de obra y equipos.

Partida	01.01.04 CONCRETO PATRON $f'c=210$ kg/cm ² CON 50% DE REEMPLAZO DE AGREGADO FINO POR CONCHAS DE ABANICO						
Rendimiento	m 3/DIA	MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m3			523.89
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	29.99	23.99	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	23.60	18.88	
0101010005	PEON	hh	4.0000	3.2000	21.36	68.35	
						111.22	
Materiales							
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.5980	62.00	37.08	
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.2210	51.00	11.27	
02070200010007	CONCHAS DE ABANICO PROCESADAS	m3		0.2470	30.00	7.41	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.2450	6.00	1.47	
0213010011	CEMENTO PORTLAND COMPUESTO TIPO IC ₀ EXTRAFORTE PACASMAYO (42.5 kg)	bol		9.5300	30.24	288.19	
0222180002	ADITIVO CHEMA PLAST	gal		0.9060	52.00	47.11	
						392.53	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	111.22	3.34	
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.5"	hm	1.0000	0.8000	9.00	7.20	
03012900030006	MEZCLADORA DE CONCRETO 3 P3 (4HP)	hm	1.0000	0.8000	12.00	9.60	
						20.14	

Nota. De la figura 129 se obtuvo el costo unitario por m³ del concreto patrón el cual es S/.523.89. *Fuente:* Elaboración propia con S10 costos y presupuestos.

En los análisis de precios unitarios el costo de S/ 30.00/m³ para las conchas procesadas es un costo de valorización estimado para esta investigación. Este valor no representa un precio de mercado, sino que se ha determinado para cubrir los gastos operativos mínimos (recolección, lavado, triturado y tamizado) necesarios para transformar el residuo agroindustrial en un agregado de construcción.

El análisis de precios unitarios demuestra que, si bien el uso de conchas de abanico procesadas (S/ 30/m³) permite un ahorro frente a la arena de cantera (S/ 51/m³), el alto costo del aditivo plastificante (S/ 47.11 por m³) necesario para la trabajabilidad incrementa significativamente el precio final de todas las mezclas experimentales en comparación con el concreto patrón.

La mezcla óptima (25% de reemplazo) presenta un sobre costo final del 9.4% (S/ 45.15 por m³) respecto al concreto patrón.

Curiosamente, se observa una tendencia decreciente en el costo a medida que aumenta el porcentaje de reemplazo (5% > 25% > 50%). Esto se debe a que el ahorro generado por la sustitución de arena cara por conchas baratas supera el ligero incremento en el costo del agua, siendo el costo del aditivo constante en todas las mezclas modificadas.

A pesar de esta tendencia, se concluye que la viabilidad económica sigue supeditada a la optimización del costo del aditivo.

CONCLUSIONES

1. Se cumplió el objetivo general, demostrando que la combinación de conchas de abanico (C.A.T.) y aditivo plastificante Chema Plast produce un concreto de desempeño superior al patrón. El estudio determinó que la hipótesis era correcta: el reemplazo parcial incrementa la resistencia a la compresión.
2. Se determinaron las características del material sustituyente (C.A.T.). Químicamente, se compone principalmente de Óxido de Calcio (CaO , 74.027%). Físicamente, se identificaron dos propiedades críticas que impactaron todo el diseño: una granulometría gruesa (Módulo de Fineza de 4.28) y una muy alta tasa de absorción (7.39%), comparada con la arena convencional.
3. El análisis comparativo estadístico (ANOVA) demostró que el porcentaje de reemplazo tiene un efecto significativo ($p < .001$) en la resistencia. Se encontró que el porcentaje óptimo es el 25%, el cual alcanzó una resistencia promedio a 28 días de 295.95 kg/cm^2 , lo que representa un incremento del 34.04% sobre el concreto patrón (220.79 kg/cm^2).
4. Se realizó el diseño de mezcla ACI 211.1. Se determinó que, para compensar la alta absorción (7.39%) del material, fue metodológicamente indispensable el uso de un aditivo plastificante (0.89%). Esta adición fue exitosa, pues no solo mantuvo el slump (3"-4"), sino que optimizó la relación agua/cemento de la mezcla óptima (a/c 0.558), haciéndola inferior a la del patrón (a/c 0.58).
5. Bajo el análisis costo-beneficio (APU), la propuesta es relativamente mayor en la actualidad. Si bien la mezcla óptima (25%) fue técnicamente superior, esta presentó un sobrecosto del 9.4% (S/ 525.67 por m^3) frente al patrón (S/ 480.52). Este incremento se atribuye a que el costo del aditivo (S/ 47.11 por m^3) fue superior al ahorro generado por el reemplazo de la arena.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso de reemplazo de agregado fino por concha de abanico triturada en un porcentaje óptimo del 25% para la fabricación de concretos donde el objetivo sea maximizar la resistencia (obteniendo resistencias cercanas a 300 kg/cm²), pero no donde el objetivo principal sea la reducción de costos directos.
2. Para alcanzar la factibilidad económica del proyecto, se recomienda como principal línea de investigación futura el estudio de optimización de la dosis de aditivo. Se deben realizar pruebas con dosis menores al 0.89% o evaluar aditivos de nueva generación para encontrar un punto de equilibrio técnico-económico.
3. Se recomienda prioritariamente realizar estudios de durabilidad para evaluar el riesgo a largo plazo. Dado que el análisis químico (ICP-OES) reportó la composición total de óxidos (incluyendo 4.455% de SO₂), es fundamental que futuras investigaciones determinen la fracción soluble de sulfatos y cloruros.
4. Se recomienda el uso indispensable de aditivos plastificantes y la corrección por humedad y absorción en cualquier diseño que utilice C.A.T. Ignorar su alta absorción (7.39%) resultará en mezclas intratables que no alcanzarán la resistencia de diseño.
5. Para aislar con mayor precisión el efecto de las conchas de abanico trituradas, se recomienda que futuras investigaciones incluyan una mezcla patrón (0%) que también contenga el aditivo plastificante en la misma dosis. Esto permitiría diferenciar la ganancia de resistencia atribuible a la concha de abanico de la ganancia obtenida por la propia reducción de agua del aditivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, M., & Mindess, S. (2010) “*Aggregates in concrete*”, Taylor & Francis e-Library, tercera edición, 2010.
- American Concrete Institute (ACI). (2009). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91) (Reapproved 2009)*. American Concrete Institute.
- American Concrete Institute (ACI). (2016). *Guide to the Selection and Use of Hydraulic Cements (ACI 225R-16)*. American Concrete Institute.
- Arias, Fidas G. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. Editorial Episteme.
- Bedoya, C. (2018). *Tecnología del Concreto y del Mortero*. Universidad Nacional de Colombia.
- Cordero, Cárdenas y Rojas. (2018). *Diseño de mezclas de concreto aplicando el Método ACI*. (1°ed). Bogotá. Ecoe Ediciones y Universidad Francisco de Paula Santander.
- Cueva Sánchez, M. X. (2019). *Influencia del uso de residuo de concha de abanico como reemplazo de agregado en la porosidad del concreto* [Tesis de grado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional UDEP. <https://pirhua.udep.edu.pe/item/11ce364e-6f73-413e-9aa1-7f630cf9b873>
- Flores Salazar, L. Y., & Mazza Callirgos, J. S. (2014). *Utilización de residuos de conchas de abanico como mejoramiento en las propiedades resistentes del concreto*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa). Chimbote, Áncash, Perú.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill Education.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2023). *Cementos. Cementos Portland. Requisitos* (NTP 334.009:2023). INACAL.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2024). *Cementos Portland adicionados. Requisitos* (NTP 334.090:2024). INACAL.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2021). *AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos* (NTP 400.037:2021). INACAL.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2016). *AGREGADOS. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros y sulfatos solubles en agua para agregados en concreto.* (NTP 400.042:2016). INACAL.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2021). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo.* (NTP 400.012:2021). INACAL

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2020). *AGREGADOS. Determinación de materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μ M(N°200) por lavado en agregados. Método de ensayo.* (NTP 400.018:2020). INACAL

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2021). *AGREGADOS. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo.* (NTP 339.185:2021). INACAL

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2020). *AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.* (NTP 400.017:2020). INACAL

- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2024). *AGREGADOS. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo.* (NTP 400.022:2024). INACAL
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2020). *AGREGADOS. Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Método de ensayo.* (NTP 400.012:2020). INACAL
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2024). *CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento hidráulico.* (NTP 339.088:2024). INACAL
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2022). *CONCRETO. Medición del asentamiento del concreto de cemento hidráulico. Método de ensayo.* (NTP 339.035:2022). INACAL
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2021). *CONCRETO. Determinación de la temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado. Método de ensayo.* (NTP 339.184:2021). INACAL
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2021). *CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo.* (NTP 339.034:2021). INACAL
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2017). *CONCRETO. Práctica para muestreo de mezclas de concreto fresco.* (NTP 339.036:2017). INACAL
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2021). *CONCRETO. Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Práctica.* (NTP 339.033:2021). INACAL
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., & Panarese, W. C. (2011). *Design and Control of Concrete Mixtures* (15th ed.). Portland Cement Association.

- Laura, L., & Tong, T. (2019). *Concreto modificado con conchas de abanico y aditivo Sikacem plastificante para mejorar las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma].
- Lavagna, L. (2022). *An insight into the chemistry of cement: A Review*. Applied Sciences, 13.
- Li, Z., Zhou, X., Ma, Z., & Hou, D. (2022). *Advanced concrete technology* (2nd ed.). Wiley.
- Lomovasky, B. J., Gamero, P.A., Romero, L., Firstater, F. N., Salazar, A. G., Hidalgo, F., ...& Iribarne, O. O. (2015). The rolle of Argopecten purpuratus shells structuring the soft bottom community in shallow waters of southern Perú. *Journal of Sea Research*, 106, 14-26.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2003). *Concrete* (2nd ed.). Prentice Hall.
- Mohamed, M. L. M. E., & Cherradi, T. (2023). *Seashell as aggregate in cemented materials: A review* [Conchas marinas como agregado en materiales cementados: Una revisión]. *Civil Engineering and Architecture*, 11(3), 1337–1345.
https://www.hrpub.org/journals/article_info.php?aid=13024
- Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete* (5th ed.). Pearson Education.
- Nizama, D. (2014). “Valoración de residuos crustáceos para concretos de baja resistencia”. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil. Universidad de Piura.
- Pawar, M. S., Sharma, A., & Titiksh. (2016). *Optimization of aggregate gradation and its effects on properties of concrete*. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5(5), 7992–7999.

- Prabha, P., Mohanalakshmi, R., Hema, M., & Indhu, V. (2017). *Developing concrete using sea shell as a fine aggregate* [Desarrollo de concreto utilizando conchas marinas como agregado fino]. *International Journal for Innovative Research in Science and Technology*, 3(10), 2349–6010. <https://www.ijirst.org/articles/IJIRSTV3I10100.pdf>
- Quiroz Suarez, H. A. (2021). *Influencia del aserrín de madera en concreto $f'c=210$ kg/cm² como reemplazo parcial del agregado fino – Chiclayo 2021*. (Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo). Lambayeque, Perú.
- Robillard, C. (2012). *“Etude de valorisation des coproduits marins coquilliers sous forme d’additions et de granulats dans les matériaux cimentaires”*. Ph D thesis. University of Caen-Basse Normandie, 246p.
- Sánchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. (5° ed.). Bhandar Editores LTDA.
- Scadeillas, G., Magniont, C., Amziane, S., & Nozahic, V. (s. f.). (2013) *Binders*. ResearchGate.
- Tacillo Yauli, E. (2016). *Metodología de la investigación científica*.
- Tamayo y Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica* (4^a ed.). Limusa.
- U.S. Army Corps of Engineers. (1980). *CRD-C104-80: Method of Calculation of the Fineness Modulus of Aggregate*. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station.
- U.S. Environmental Protection Agency. (1994). *Method 200.7: Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry* (Revision 4.4). Office of Research and Development, U.S. EPA.

U.S. Environmental Protection Agency. (1996). *Method 3050B: Acid digestion of sediments, sludges, and soils* (SW-846). Office of Solid Waste, U.S. EPA.

Van Oss, H.-G. (2005). *Background Facts and Issues Concerning Cement and Concrete*.
USGS Open-File Report 2005-1152.

Vivanco, Jhosselyn (2021). *Evaluación de la consistencia del concreto con aditivo SikaCem plastificante en mezclas secas embolsadas sobre la resistencia del concreto en la ciudad de Huancayo*. [Tesis de Titulación, Universidad Continental -Huancayo]
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10525>

Yang, EI., Yi, ST. & Leem, YM., (2005). “*Effect of oyster substituted for fine aggregate on concrete characteristics: Part I. Fundamental properties*”. *Cement and Concrete Research*, 35, 2175-2182.

Yoon, G.-L., Kim, B.-T., Kim, B.-O., and Han, S.-H., (2003). “*Chemical–mechanical characteristics of crushed oyster-shell*”. *Waste Management*, vol. 23, no. 9, pp. 825–834, 2003.

Zaimy, N., & Abdul Ghani, H. (2023). *A review on sea shells waste as partial replacement of fine aggregate in concrete [Revisión sobre los residuos de conchas marinas como reemplazo parcial del agregado fino en concreto]*. *Recent Trends in Civil Engineering and Built Environment*, (mayo 2023).

<https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/rtcebe/article/view/2966>

ANEXOS

ANEXO A: Datos crudos de los ensayos de resistencia a la compresión ($f'c$).

Diseño		Compresión		
		Resistencia $f'c$ (kg/cm ²)		
Descripción	% Agregado Fino que se reemplazó por Conchas de Abanico Triturada (C.A.T)	7 días	14 días	28 días
C. Patrón	0	165.525	199.479	227.774
C. Patrón	0	166.940	198.065	212.919
C. Patrón	0	162.696	193.820	212.212
C. Patrón	0	182.502	195.235	216.456
C. Patrón	0	164.818	207.968	226.360
C. Patrón	0	159.866	212.212	222.115
C. Patrón	0	166.233	176.843	217.871
C. Patrón	0	157.037	190.991	230.604
C. 5% C.A.T.	5%	232.019	234.848	267.387
C. 5% C.A.T.	5%	231.311	235.555	275.168
C. 5% C.A.T.	5%	244.751	265.972	260.314
C. 5% C.A.T.	5%	223.530	263.143	265.973
C. 5% C.A.T.	5%	244.044	294.267	262.436
C. 5% C.A.T.	5%	247.581	273.754	311.244
C. 5% C.A.T.	5%	216.456	261.728	265.973
C. 5% C.A.T.	5%	248.288	269.509	316.903
C. 25% C.A.T.	25%	226.360	285.072	314.781
C. 25% C.A.T.	25%	247.581	279.413	313.367
C. 25% C.A.T.	25%	229.189	271.631	291.438
C. 25% C.A.T.	25%	237.678	275.168	304.878
C. 25% C.A.T.	25%	227.774	270.217	296.390
C. 25% C.A.T.	25%	243.478	274.461	292.145
C. 25% C.A.T.	25%	246.166	268.802	285.779
C. 25% C.A.T.	25%	227.774	268.802	268.802
C. 50% C.A.T.	50%	246.166	232.019	292.145
C. 50% C.A.T.	50%	239.092	237.678	244.751
C. 50% C.A.T.	50%	239.800	247.581	277.290
C. 50% C.A.T.	50%	244.751	251.825	290.023
C. 50% C.A.T.	50%	251.825	237.678	279.413
C. 50% C.A.T.	50%	253.240	263.143	283.657
C. 50% C.A.T.	50%	260.314	275.876	233.433
C. 50% C.A.T.	50%	250.410	248.996	237.678
PROMEDIO		221.412	245.680	265.552
Desviación Estándar		34.196	32.693	33.330
Coeficiente de Variación		15.44	13.31	12.55

ANEXO B: Panel fotográfico

B.1. Ensayos de agregado grueso

Imagen 1

Muestra representativa para el agregado grueso.



Imagen 2

Peso retenido de agregado grueso en el ensayo de granulometría.



Imagen 3

Peso de muestra seca para contenido de humedad.



Imagen 4

Ensayos de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.



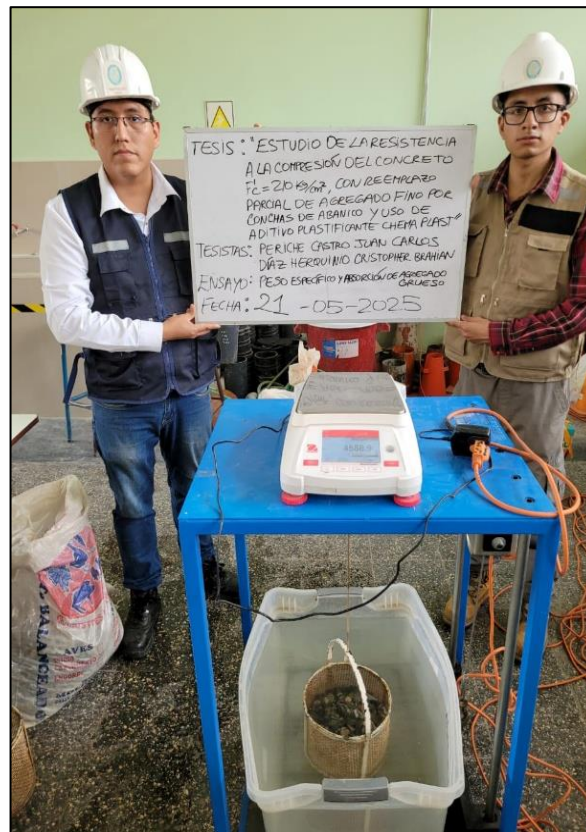
Imagen 6

Peso retenido para el ensayo de peso específico del agregado grueso.



Imagen 7

Ensayo de absorción del agregado grueso.



B.2. Ensayos para agregado fino.

Imagen 8

Ensayo de Granulometría por Tamizado para agregado fino.

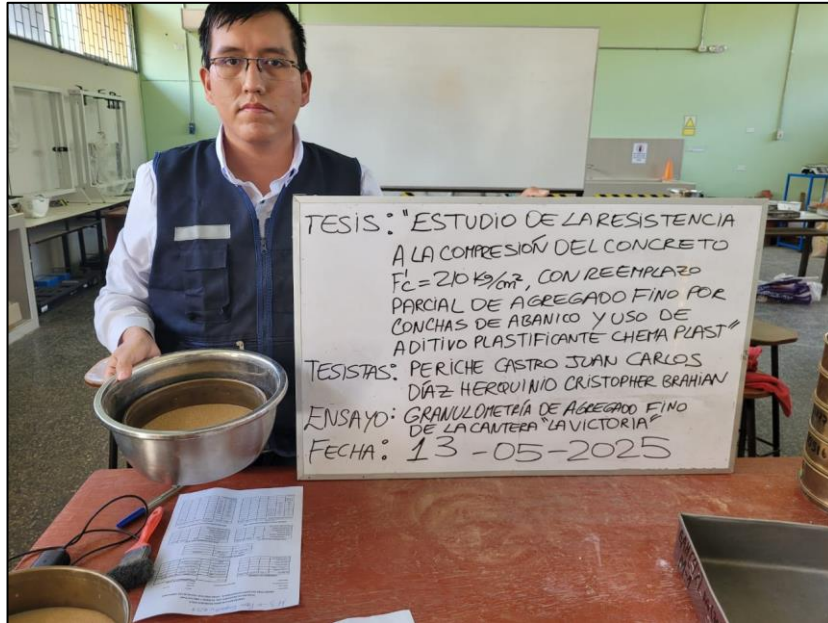


Imagen 9

Ensayo de Granulometría por tamizado para agregado fino.



“ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'c=210 \text{ KG/CM}^2$,
CON REEMPLAZO PARCIAL DE AGREGADO FINO POR CONCHAS DE ABANICO Y USO
DE ADITIVO PLASTIFICANTE CHEMA PLAST”

Imagen 10

Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino.



Imagen 11

Ensayo de peso unitario compactado del agregado fino.



Imagen 12

Ensayo de peso específico para agregado fino.



Imagen 13

Ensayo de absorción del agregado fino.



B.3 Ensayos para conchas de abanico.

Imagen 14

Muestra representativa para el ensayo de granulometría por tamizado para conchas de abanico trituradas.

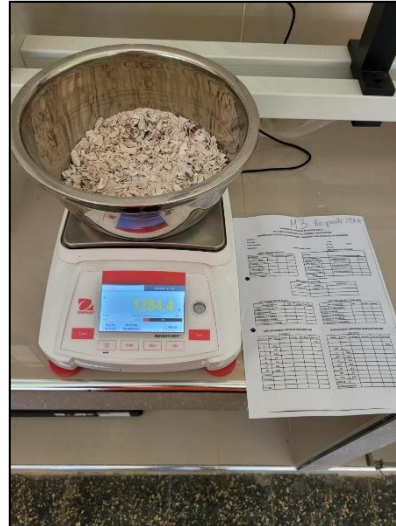


Imagen 15

Ensayo del porcentaje del tamiz N°200 de conchas de abanico trituradas y lavadas.



Imagen 16

Ensayo de Contenido de Humedad para conchas de abanico trituradas.



Imagen 17

Ensayo de peso unitario suelto de conchas de abanico trituradas.



Imagen 18

Peso unitario compactado de conchas de abanico trituradas.



Imagen 19

Peso unitario compactado de conchas de abanico trituradas.



Imagen 20

Ensayo de peso específico y absorción para conchas de abanico trituradas.



B.4. Ensayo para concreto fresco.

Imagen 21

Preparación de los materiales para el mezclado.



Imagen 22

Uso del trompo mezclador de capacidad de 3 p³.



Imagen 23

Llenado de probetas metálicas con concreto fresco.



Imagen 24

Temperatura final del concreto con 5% de conchas de abanico (21.5°C).



Imagen 25

Cambio de temperatura en 0.1°C en 25% de reemplazo con conchas de abanico.



Imagen 26

Temperatura inicial de 22.9° con 50% de reemplazo con conchas de abanico.



Imagen 27

Temperatura final de 23.1° con 50% de reemplazo con conchas de abanico.



B.5. Ensayo de concreto endurecido: Resistencia a la compresión

Imagen 28

Probetas del concreto patrón a los 7 días.



Imagen 29

Preparación de probetas del concreto patrón a los 7 días.



Imagen 30

Preparación del testigo de concreto P17 (Concreto patrón a los 7 días).



Imagen 31

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (29250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P17 (Concreto patrón a los 7 días).

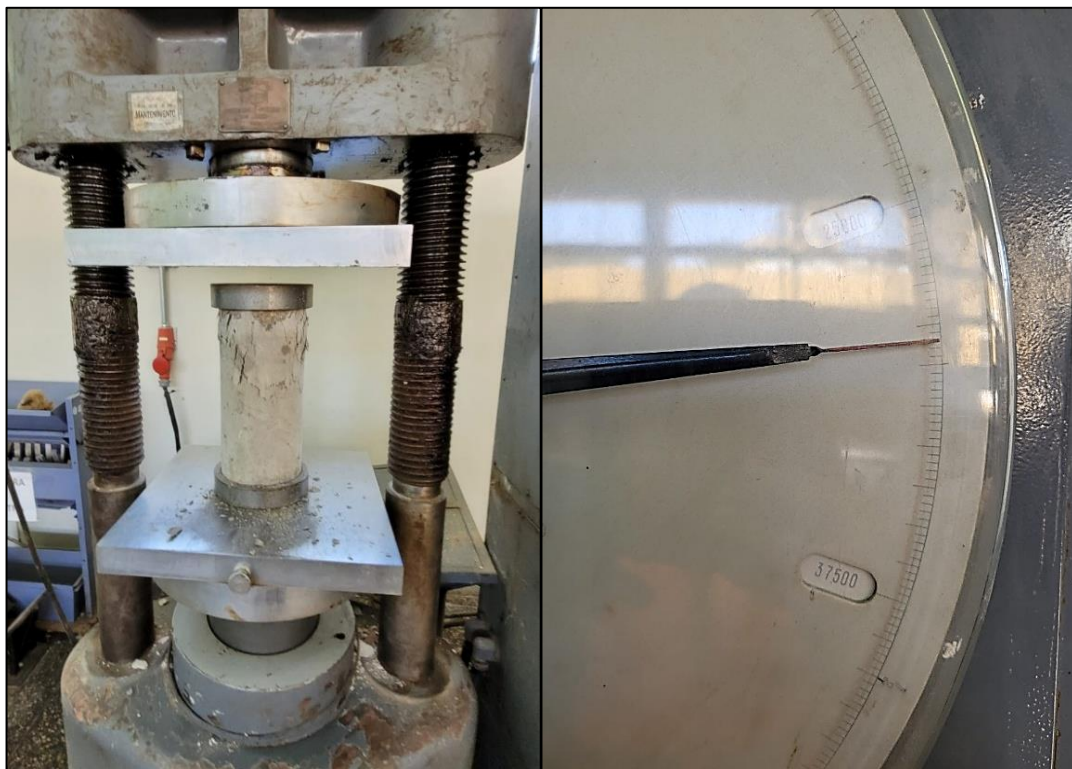


Imagen 32

Preparación de testigo de concreto P18 (Concreto patrón a los 7 días).



Imagen 33

*Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (29500 kgf) en el
indicador análogo de carga para el testigo de concreto P18 (Concreto patrón a los 7
días).*



Imagen 34

Preparación de testigo de concreto P19 (Concreto patrón a los 7 días).



Imagen 35

*Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (28750 kgf) en el
indicador análogo de carga para el testigo de concreto P19 (Concreto patrón a los 7
días).*



Imagen 36

Preparación del testigo de concreto P20 (Concreto patrón a los 7 días).



Imagen 37

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (32250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P20 (Concreto patrón a los 7 días).



Imagen 38

Preparación del testigo de concreto P21 (Concreto patrón a los 7 días).



Imagen 39

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (29125 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P21 (Concreto patrón a los 7 días).

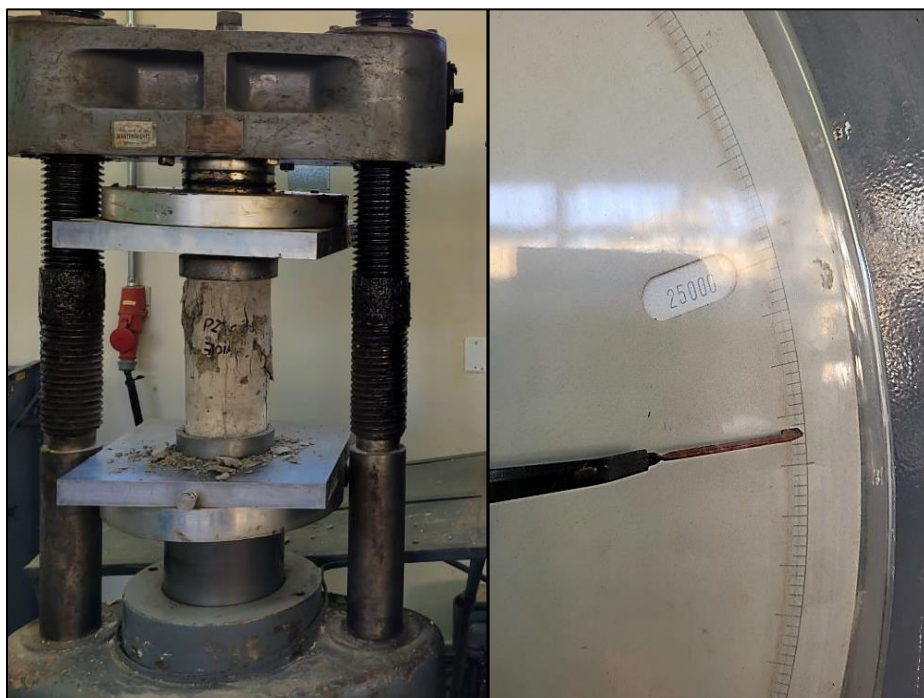


Imagen 40

Preparación del testigo de concreto P22 (Concreto patrón a los 7 días).



Imagen 41

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (28250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P22 (Concreto patrón a los 7 días).



Imagen 42

Preparación y rotura por compresión del testigo de concreto P23 (Concreto patrón a los 7 días).



Imagen 43

Lectura de carga máxima registrada (29375 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P23 (Concreto patrón a los 7 días).



Imagen 44

Rotura de testigo de concreto P24 (Concreto patrón a los 7 días).



Imagen 45

Lectura de carga máxima registrada (27750 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P24 (Concreto patrón a los 7 días).



Imagen 46

Probetas del concreto patrón a los 14 días perdiendo humedad en la intemperie.



Imagen 47

Probetas del concreto patrón a los 14 días.



Imagen 48

Rotura por compresión de testigo de concreto P9 (Concreto patrón a los 14 días).



Imagen 49

Lectura de carga máxima registrada (35250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P9 (Concreto patrón a los 14 días).



Imagen 50

Rotura por compresión del testigo de concreto P10 (Concreto patrón a los 14 días).



Imagen 51

Lectura de carga máxima registrada (35000 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P10 (Concreto patrón a los 14 días).



Imagen 52

Rotura por compresión del testigo de concreto P11 (Concreto patrón a los 14 días).



Imagen 53

Lectura de carga máxima registrada (34250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P11 (Concreto patrón a los 14 días).



Imagen 54

Rotura por compresión del testigo de concreto P12 (Concreto patrón a los 14 días).



Imagen 55

Lectura de carga máxima registrada (34500 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P12 (Concreto patrón a los 14 días).

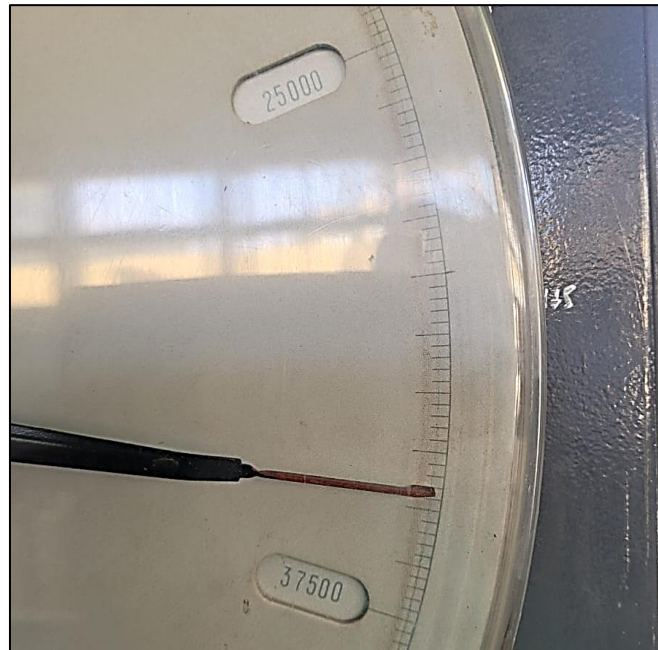


Imagen 56

Rotura por compresión del testigo de concreto P13 (Concreto patrón a los 14 días).



Imagen 57

Lectura de carga máxima registrada (36750 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P13 (Concreto patrón a los 14 días).



Imagen 58

Rotura por compresión del testigo de concreto P14 (Concreto patrón a los 14 días).



Imagen 59

Lectura de carga máxima registrada (37500 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P14 (Concreto patrón a los 14 días).



Imagen 60

Rotura por compresión del testigo de concreto P15 (Concreto patrón a los 14 días).



Imagen 61

Lectura de carga máxima registrada (31250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P15 (Concreto patrón a los 14 días).



Imagen 62

Rotura por compresión del testigo de concreto P16 (Concreto patrón a los 14 días).



Imagen 63

*Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (33750 kgf) en el
indicador análogo de carga para el testigo de concreto P16 (Concreto patrón a los
14 días).*



Figura 64

Rotura de probetas de concreto patrón a los 28 días.



Imagen 65

Preparación del testigo de concreto P1 (Concreto patrón a los 28 días).

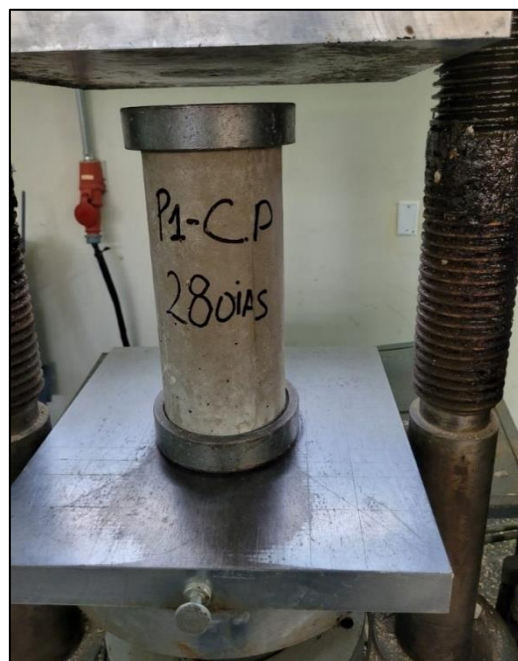


Imagen 66

Rotura por compresión del testigo de concreto P1 (Concreto patrón a los 28 días).



Imagen 67

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (40250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P1 (Concreto patrón a los 28 días).



Imagen 68

Preparación del testigo de concreto P2 (Concreto patrón a los 28 días).



Imagen 69

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (37625 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P2 (Concreto patrón a los 28 días).



Imagen 70

Rotura por compresión del testigo de concreto P3 (Concreto patrón a los 28 días).



Imagen 71

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (37500 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P3 (Concreto patrón a los 28 días).



Imagen 72

Preparación del testigo de concreto P4 (Concreto patrón a los 28 días).



Imagen 73

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (38250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P4 (Concreto patrón a los 28 días).



Imagen 74

Preparación del testigo de concreto P5 (Concreto patrón a los 28 días).



Imagen 75

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (40000 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P5 (Concreto patrón a los 28 días).



Imagen 76

Preparación del testigo de concreto P6 (Concreto patrón a los 28 días).



Imagen 77

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (39250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P6 (Concreto patrón a los 28 días).



Imagen 78

Rotura por compresión de testigo de concreto P7 (Concreto patrón a los 28 días).



Imagen 79

*Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (38500 kgf) en el
indicador análogo de carga para el testigo de concreto P7 (Concreto patrón a los 28
días).*



Imagen 80

Rotura por compresión del testigo de concreto P8 (Concreto patrón a los 28 días).



Imagen 81

Lectura de carga máxima registrada (40750 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P8 (Concreto patrón a los 28 días).



Imagen 82

Rotura de concreto con 5% de conchas de abanico a los 7 días



Imagen 83

Preparación del testigo de concreto P1 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 84

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (41000 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P1 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 85

Rotura por compresión del testigo de concreto P2 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 86

Lectura de carga máxima registrada (40875 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P2 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 7 días).

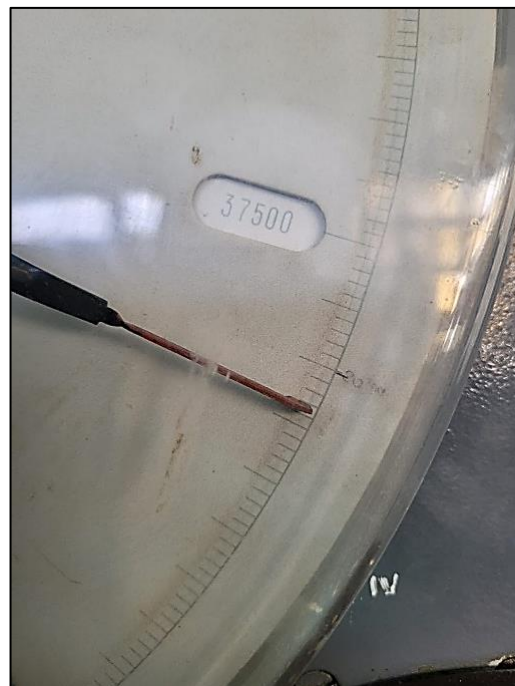


Imagen 87

Rotura por compresión del testigo de concreto P3 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 88

Lectura de carga máxima registrada (43250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P3 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 7 días).

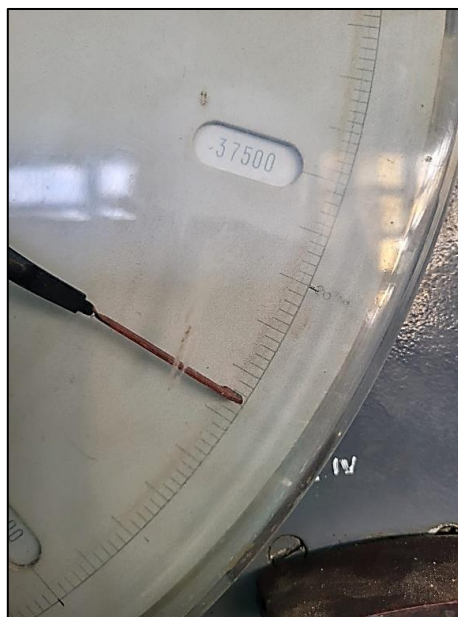


Imagen 89

Rotura por compresión del testigo de concreto P4 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 90

Lectura de carga máxima registrada (39500 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P4 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 91

Rotura por compresión del testigo de concreto P5 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 92

Lectura de carga máxima registrada (43125 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P5 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 7 días).

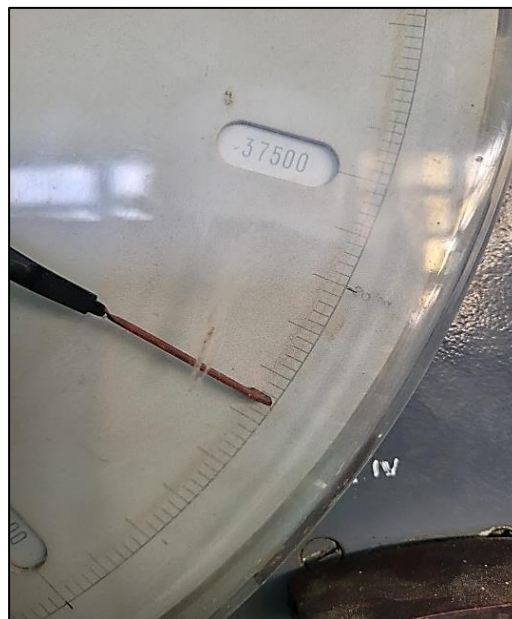


Imagen 93

Rotura por compresión del testigo de concreto P6 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 94

Lectura de carga máxima registrada (43750 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P6 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 95

Rotura por compresión del testigo de concreto P7 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 96

Lectura de carga máxima registrada (38250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P7 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 97

Rotura por compresión del testigo de concreto P8 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 98

Lectura de carga máxima registrada (43875 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P8 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 7 días).

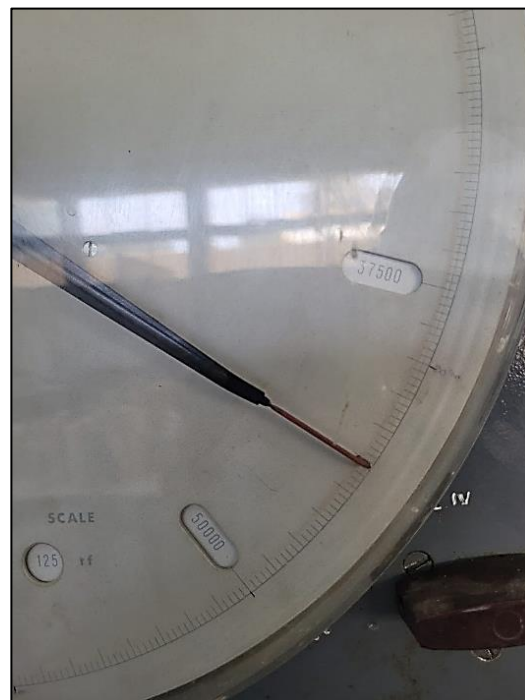


Imagen 99

Preparación de probetas de concreto con 5% de conchas de abanico a los 14 días.



Imagen 100

Probetas de concreto con 5% de conchas de abanico a los 14 días.



Imagen 101

Rotura por compresión del testigo de concreto P9 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 102

Lectura de carga máxima registrada (41500 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P9 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 103

Rotura del testigo de concreto P10 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 104

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (41625 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P10 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 105

Preparación del testigo de concreto P11 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 106

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (47000 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P11 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 107

Preparación del testigo de concreto P12 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 108

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (46500 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P12 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 109

Preparación del testigo de concreto P13 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 110

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (52000 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P13 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 111

Preparación del testigo de concreto P14 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 112

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (48375 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P14 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 113

Preparación del testigo de concreto P15 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 114

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (46250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P15 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 115

Rotura por compresión del testigo de concreto P16 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 116

Lectura de carga máxima registrada (47625 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P16 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 117

Probetas de concreto con 5% de conchas de abanico a los 28 días.



Imagen 118

Preparación de probetas de concreto con 5% de conchas de abanico a los 28 días.



Imagen 119

Rotura por compresión del testigo de concreto P17 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 120

Lectura de carga máxima registrada (47250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P17 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 121

Rotura por compresión del testigo de concreto P18 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 122

Lectura de carga máxima registrada (48625 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P18 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 123

Rotura por compresión del testigo de concreto P19 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 124

Lectura de carga máxima registrada (46000 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P19 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 125

Rotura por compresión del testigo de concreto P20 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 126

Lectura de carga máxima registrada (47000 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P20 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 127

Rotura por compresión del testigo de concreto P21 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 128

Lectura de carga máxima registrada (46375 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P21 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 129

Rotura por compresión del testigo de concreto P22 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 130

Lectura de carga máxima registrada (55000 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P22 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 131

Rotura por compresión del testigo de concreto P23 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 132

Lectura de carga máxima registrada (47000 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P23 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 133

Rotura por compresión del testigo de concreto P24 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 134

Lectura de carga máxima registrada (56000 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P24 (Concreto con 5% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 135

Probetas de concreto con 25% de conchas de abanico a los 7 días.



Imagen 136

Rotura de concreto con 25% de conchas de abanico a los 7 días



Imagen 137

Preparación del testigo de concreto P1 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 138

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (40000 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P1 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 139

Preparación del testigo de concreto P2 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 140

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (43750 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P2 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 141

Preparación del testigo de concreto P3 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 142

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (40500 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P3 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 143

Preparación del testigo de concreto P4 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 144

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (42000 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P4 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 145

Preparación del testigo de concreto P5 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 146

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (40250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P5 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 147

Preparación del testigo de concreto P6 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 148

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (43025 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P6 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 149

Preparación del testigo de concreto P7 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 150

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (43500 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P7 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 151

Preparación del testigo de concreto P8 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 152

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (40250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P8 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 153

Probetas de concreto con 25% de conchas de abanico a los 14 días.



Imagen 154

Rotura de concreto con 25% de conchas de abanico a los 14 días.



Imagen 155

Preparación del testigo de concreto P9 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 156

Rotura por compresión y con carga máxima registrada (50375 kgf) para el testigo de concreto P9 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 157

Preparación del testigo de concreto P10 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 158

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (49375 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P10 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 159

Rotura por compresión del testigo de concreto P11 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 160

Lectura de carga máxima registrada (48000 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P11 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 161

Rotura del testigo de concreto P12 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 162

Lectura de carga máxima registrada (48625 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P12 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 163

Rotura por compresión del testigo de concreto P13 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 164

Lectura de carga máxima registrada (47750 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P13 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 165

Rotura por compresión del testigo de concreto P14 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 166

Lectura de carga máxima registrada (48500 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P14 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 167

Preparación del testigo de concreto P15 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 168

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (47500 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P15 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 169

Preparación del testigo de concreto P16 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 170

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (47500 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P16 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 14 días).



“ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'c=210 \text{ KG/CM}^2$,
CON REEMPLAZO PARCIAL DE AGREGADO FINO POR CONCHAS DE ABANICO Y USO
DE ADITIVO PLASTIFICANTE CHEMA PLAST”

Imagen 171

Probetas de concreto con 25% de conchas de abanico a los 28 días.

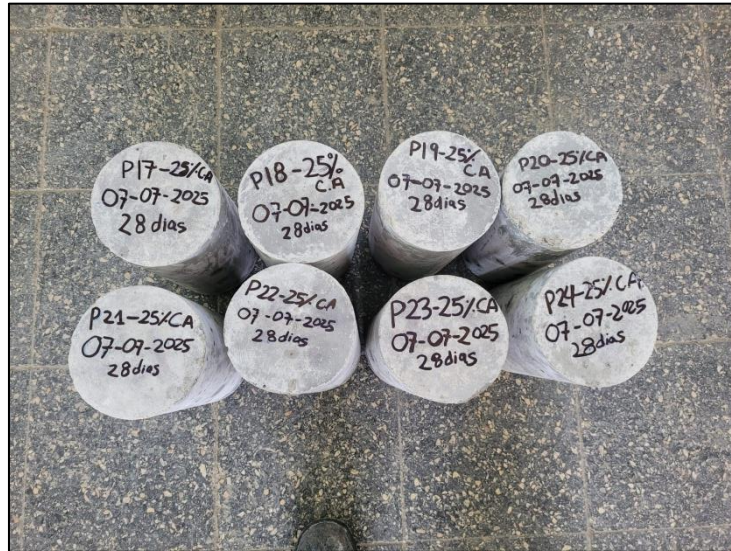


Imagen 172

Preparación de probetas de concreto con 25% de conchas de abanico a los 28 días.



Imagen 173

Rotura por compresión del testigo de concreto P17 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 174

Lectura de carga máxima registrada (55625 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P17 (Concreto patrón a los 28 días).



Imagen 175

Rotura por compresión del testigo de concreto P18 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 176

Lectura de carga máxima registrada (55375 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P18 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 177

Preparación del testigo de concreto P19 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 178

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (51500 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P19 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 179

Rotura por compresión del testigo de concreto P20 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 180

Lectura de carga máxima registrada (53875 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P20 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 181

Preparación del testigo de concreto P21 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 182

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (52375 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P21 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 28 días).

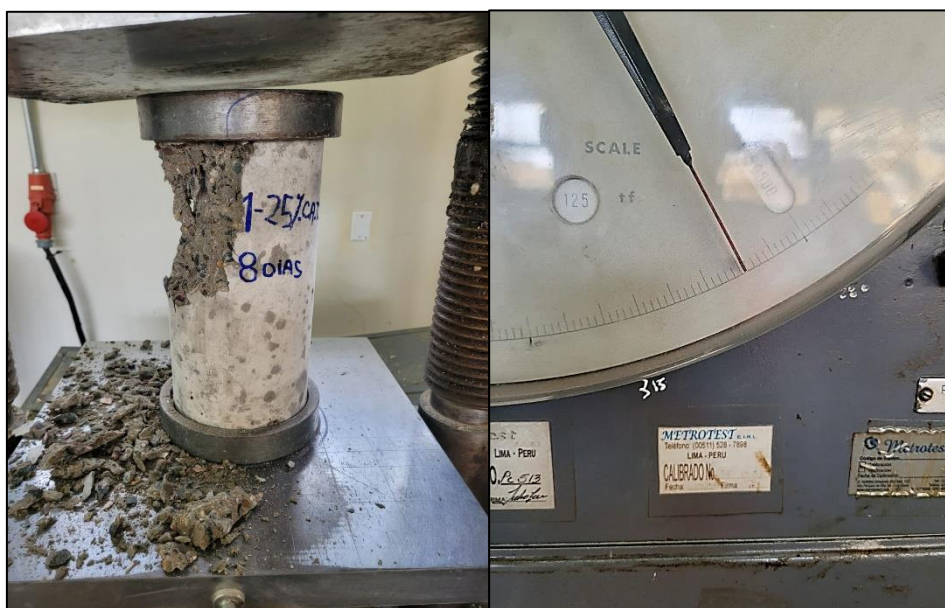


Imagen 183

Preparación del testigo de concreto P22 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 184

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (51625 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P22 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 185

Preparación del testigo de concreto P23 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 186

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (50500 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P23 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 187

Preparación del testigo de concreto P24 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 188

Lectura de carga máxima registrada (47500 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P24 (Concreto con 25% de conchas de abanico a los 28 días).

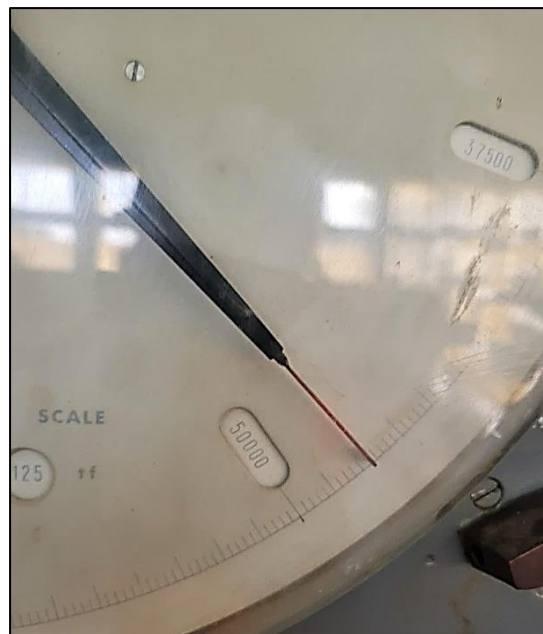


Imagen 189

Probetas de concreto con 50% de conchas de abanico a los 7 días.



Imagen 190

Rotura de concreto con 50% de conchas de abanico a los 7 días



Imagen 191

Rotura por compresión del testigo de concreto P1 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 192

Lectura de carga máxima registrada (43500 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P1 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 193

Rotura del testigo de concreto P2 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 194

Lectura de carga máxima registrada (42250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P2 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 195

Preparación del testigo de concreto P3 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 196

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (42375 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P3 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 197

Preparación del testigo de concreto P4 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 198

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (43250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P4 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 199

Rotura por compresión del testigo de concreto P5 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 7 días).

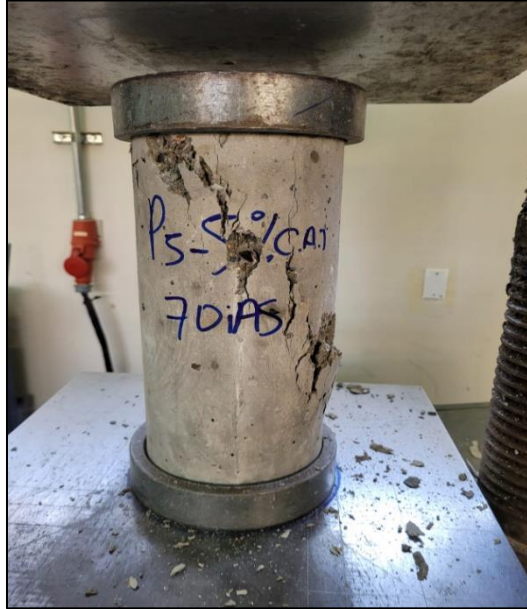


Imagen 200

Lectura de carga máxima registrada (44500 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P5 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 7 días).

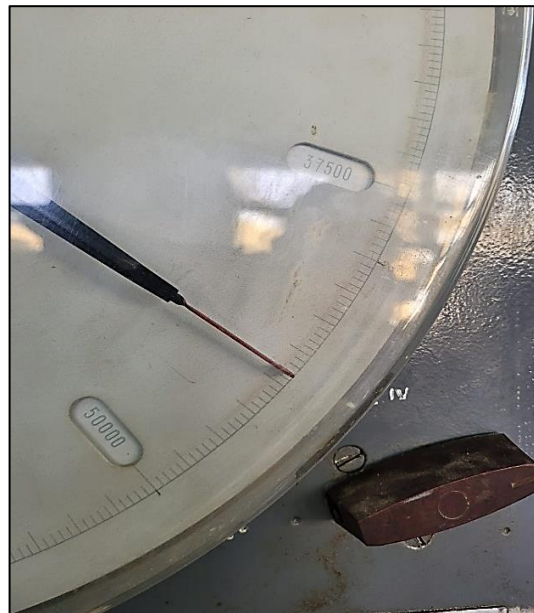


Imagen 201

Rotura por compresión del testigo de concreto P6 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 202

Lectura de carga máxima registrada (44750 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P6 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 203

Rotura por compresión del testigo de concreto P7 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 204

Lectura de carga máxima registrada (46000 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P7 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 205

Rotura por compresión del testigo de concreto P8 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 206

Lectura de carga máxima registrada (44250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P8 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 7 días).

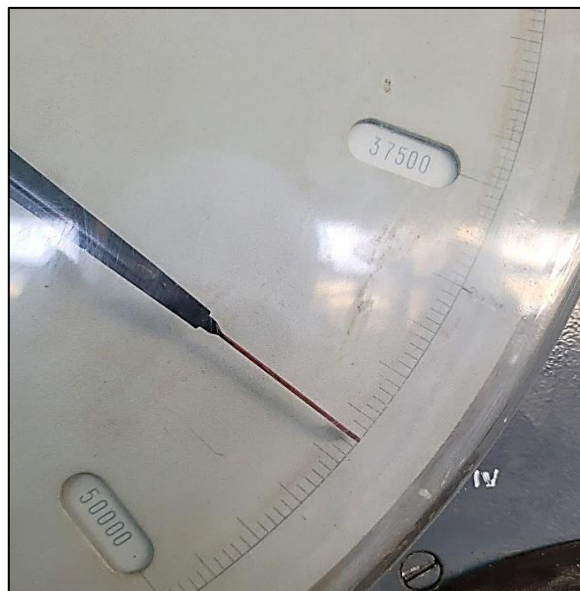


Imagen 207

Probetas de concreto con 50% de conchas de abanico a los 14 días.



Imagen 208

Rotura por compresión del testigo de concreto P9 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 209

Lectura de carga máxima registrada (41000 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P9 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 14 días).

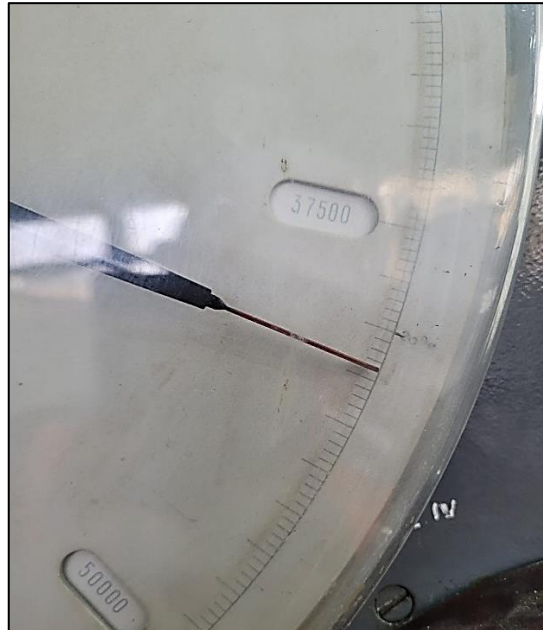


Imagen 210

Preparación del testigo de concreto P10 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 211

Rotura por compresión del testigo de concreto P10 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 212

Lectura de carga máxima registrada (42000 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P10 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 213

Rotura por compresión del testigo de concreto P11 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 214

Lectura de carga máxima registrada (43750 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P11 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 14 días).

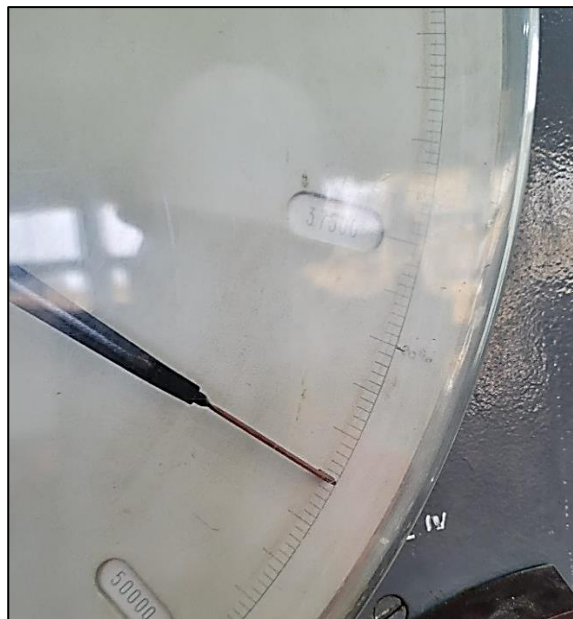


Imagen 215

Rotura por compresión del testigo de concreto P12 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 216

Lectura de carga máxima registrada (44500 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P12 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 217

Preparación y rotura por compresión del testigo de concreto P13 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 218

Lectura de carga máxima registrada (42000 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P13 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 14 días).

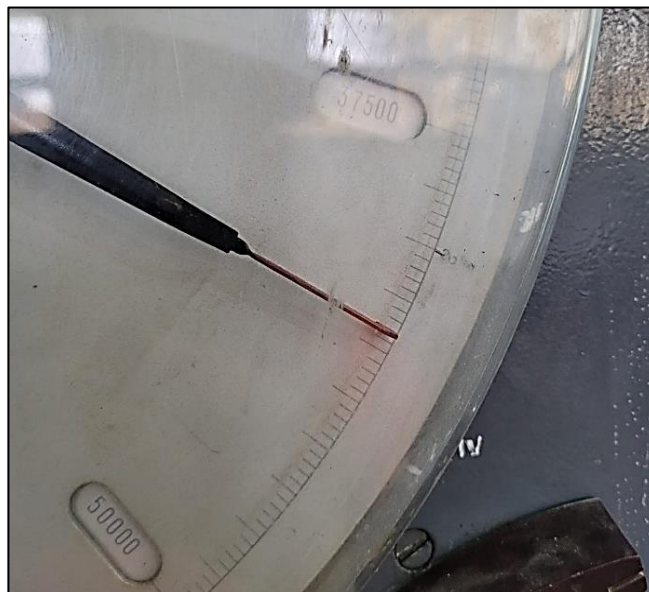


Imagen 219

Rotura por compresión del testigo de concreto P14 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 220

Lectura de carga máxima registrada (46500 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P14 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 221

Rotura por compresión del testigo de concreto P15 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 222

Lectura de carga máxima registrada (48750 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P15 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 223

Rotura por compresión del testigo de concreto P16 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 224

Lectura de carga máxima registrada (44000 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P16 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 14 días).



Imagen 225

Probetas de concreto con 50% de conchas de abanico a los 28 días.



Imagen 226

Preparación de probetas de concreto con 50% de conchas de abanico a los 28 días.



Imagen 227

Rotura por compresión del testigo de concreto P17 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 228

Lectura de carga máxima registrada (51625 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P17 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 28 días).

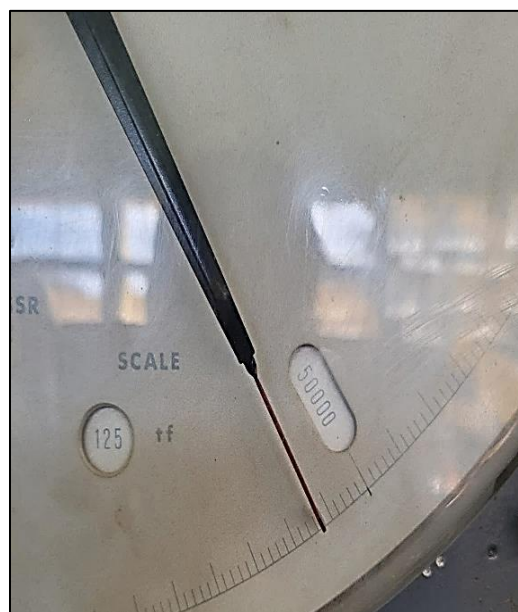


Imagen 229

Rotura por compresión del testigo de concreto P18 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 230

Lectura de carga máxima registrada (43250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P18 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 231

Rotura por compresión del testigo de concreto P19 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 232

Lectura de carga máxima registrada (49000 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P19 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 28 días).

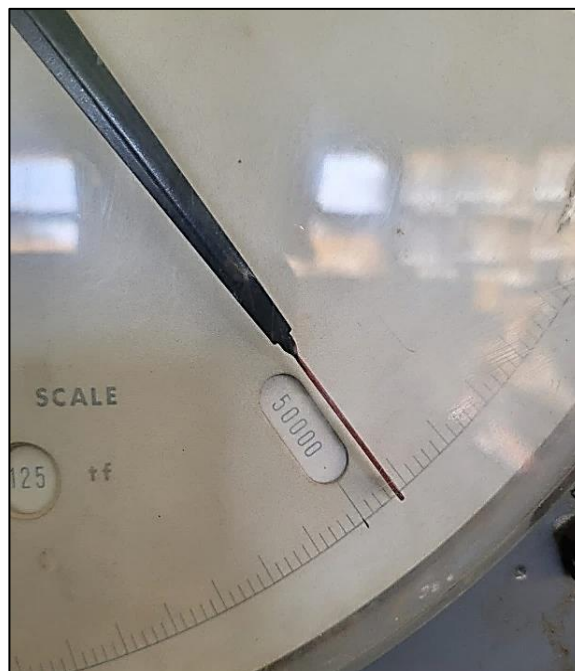


Imagen 233

Rotura por compresión del testigo de concreto P20 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 234

Lectura de carga máxima registrada (51250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P20 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 235

Preparación del testigo de concreto P21 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 236

Rotura por compresión y lectura de carga máxima registrada (49375 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P21 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 28 días).

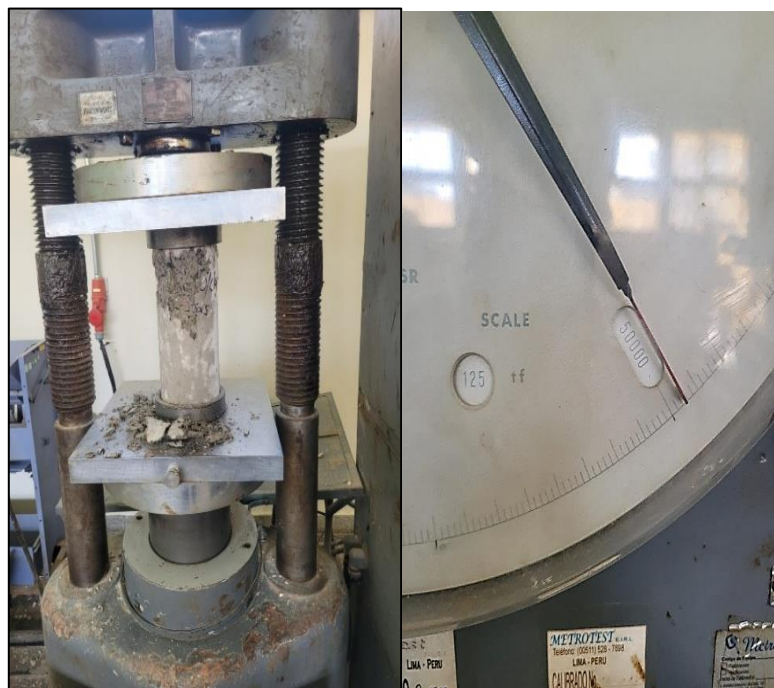


Imagen 237

Rotura por compresión del testigo de concreto P22 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 238

Lectura de carga máxima registrada (50125 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P22 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 239

Rotura por compresión del testigo de concreto P23 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 240

Lectura de carga máxima registrada (41250 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P23 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 7 días).



Imagen 241

Rotura por compresión del testigo de concreto P24 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 242

Lectura de carga máxima registrada (42000 kgf) en el indicador análogo de carga para el testigo de concreto P24 (Concreto con 50% de conchas de abanico a los 28 días).



Imagen 243

Desmote y retiro de probetas ensayadas post – ensayo.



Imagen 244

Traslado de probetas ensayadas para su disposición final en un depósito de desmote.



ANEXO C: Normas Técnicas Peruanas

- **NTP 400.012 – Análisis Granulométrico**

NORMA TÉCNICA PERUANA	NTP 400.012 2021
----------------------------------	-----------------------------

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo

AGGREGATES. Sieve analysis of fine and coarse aggregate. Test method

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C 136/C136M:2019 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International.

2021-10-29
4ª Edición

R.D. N° 027-2021-INACAL/DN. Publicada el 2021-11-15 Precio basado en 16 páginas
I.C.S.: 91.100.30 ESTA NORMA ES RECOMENDABLE
Descriptores: Agregado, agregado grueso, agregado fino, serie, gradación, análisis por tamizado, análisis granulométrico

© ASTM 2019 - © INACAL 2021

- **NTP 400.037. Agregados para concreto y sus especificaciones**

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 400.037
2021

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

AGREGADOS. Agregados para concreto.
Especificaciones

AGGREGATES. Aggregates for concrete. Specifications

2021-10-29
5ª Edición

R.D. N° 027-2021-INACAL/DN. Publicada el 2021-11-15

Precio basado en 23 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Agregados, concreto, requisitos

© INACAL 2021

- **NTP 339.185- Contenido de humedad**

NORMA TÉCNICA	NTP 339.185
PERUANA	2021

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

AGREGADOS. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo

AGGREGATES. Determination of the total evaporable moisture content of aggregates by drying. Test method

2021-10-29
3ª Edición

R.D. N° 027-2021-INACAL/DN. Publicada el 2021-11-15

Precio basado en 10 páginas

I.C.S.: 91.100.01

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Agregados, secado, contenido de humedad

© INACAL 2021

• **NTP 400.017 – Peso Unitario de los Agregados**

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 400.017
2020**

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados

AGGREGATES. Test method for bulk density (“Unit Weight”) and voids in aggregate standard test method for soundness of aggregates by use of sodium sulfate or magnesium sulfate

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C29/C29M-17a, Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

**2020-01-29
4ª Edición**

R.D. N° 001-2020-INACAL/DN. Publicada el 2020-02-18

Precio basado en 14 páginas

I.C.S.: 19.060

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Agregados, densidad de masa, agregado grueso, densidad, agregado fino, peso unitario, vacíos en agregados

© ASTM 2017 - © INACAL 2020

- **NTP 400.021 – Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.**

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 400.021
2020

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

AGREGADOS. Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Método de ensayo

AGGREGATES. Relative density (specific weight) and absorption of coarse aggregate. Test method

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C127:2015 Standard test method for density, relative density (specific gravity) and absorption of coarse aggregate, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. - Reimpreso por autorización de ASTM International

2020-11-05
4ª Edición

R.D. N° 030-2020-INACAL/DN. Publicada el 2020-11-26
I.C.S.: 91.100.30

Precio basado en 15 páginas

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Absorción, agregado, densidad aparente, densidad relativa aparente, agregado fino,
densidad relativa, gravedad específica

© ASTM 2015 - © INACAL 2020

• **NTP 400.022 – Peso Específico y Absorción del Agregado Fino**

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 400.022
2024**

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 15046)

Lima, Perú

**AGREGADOS. Determinación de la densidad relativa
(peso específico) y absorción del agregado fino. Método de
ensayo**

AGREGATES. Determination of relative density (specific gravity) and absorption of fine aggregate. Test method

Esta Norma Técnica Peruana está basada en la Norma ASTM C128:2022 Standard test method for density, relative density (specific gravity) and absorption of fine aggregate, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

**2024-06-25
5ª Edición**

R.D. N° 013-2024-INACAL/DN. Publicada el 2024-07-24

Precio basado en 18 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Absorción, agregado, densidad aparente, densidad relativa aparente, densidad, agregado fino; densidad relativa, gravedad específica

© ASTM 2022 - © INACAL 2024

- **NTP 339.183. Probetas de concreto.**

**NORMA TECNICA
PERUANA**

**NTP 339.183
2021**

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

CONCRETO. Práctica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio

CONCRETE. Practice for making and curing concrete specimens in the laboratory

**2021-10-29
3ª Edición**

R.D. N° 027-2021-INACAL/DN. Publicada el 2021-11-15

Precio basado en 24 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Concreto, cilindros, laboratorio, prismas, ensayo de resistencia

© INACAL 2021

- **NTP 339.184. Temperatura del concreto.**

NORMA TECNICA
PERUANA

NTP 339.184
2021

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

CONCRETO. Determinación de la temperatura del
concreto de cemento hidráulico recién mezclado. Método
de ensayo

CONCRETE. Determination of the temperature of freshly mixed hydraulic cement concrete. Test method

2021-10-29
3ª Edición

R.D. N° 027-2021-INACAL/DN. Publicada el 2021-11-15

Precio basado en 08 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Mezcla de concreto fresco, temperatura, equipo medidor de temperatura

© INACAL 2021

- **NTP 339.035. Asentamiento del concreto.**

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 339.035
2022**

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 15046)

Lima, Perú

CONCRETO. Medición del asentamiento del concreto de cemento hidráulico. Método de ensayo

CONCRETE. Measure slump of hydraulic - cement concrete. Test method

2022-03-15
5ª. Edición

R.D. N° 002-2022-INACAL/DN. Publicada el 2022-03-24

Precio basado en 11 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Concreto, cono, consistencia, plasticidad, asentamiento, trabajabilidad

© INACAL 2022

- **NTP 339.034. Resistencia a la compresión del concreto.**

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 339.034
2021**

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

**CONCRETO. Determinación de la resistencia a la
compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de
ensayo**

CONCRETE. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

**2021-10-29
5ª Edición**

R.D. N° 027-2021-INACAL/DN. Publicada el 2021-11-15

Precio basado en 25 páginas



I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptorios: Núcleo de concreto, cilindro de concreto, resistencia del concreto, fuerza de compresión,
centro, núcleo perforado

© INACAL 2021

ANEXO D: Reporte de análisis químico de conchas de abanico trituradas.

	UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS																																																																												
REPORTE DE ANÁLISIS N° 003 - FIQIA																																																																													
1. DATOS DE CLIENTE:																																																																													
a) Nombres:	PERICHE CASTRO JUAN CARLOS DÍAZ HERQUINIO CRISTOPHER BRAHIAN ANSELMO																																																																												
b) Proyecto:	“Estudio de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, con reemplazo parcial del agregado fino por conchas de abanico y uso de aditivo plastificante chema plast”																																																																												
<hr/>																																																																													
2. DATOS DE LA MUESTRA																																																																													
- Número de muestras	: 1																																																																												
- Tipo de muestra	: Concha de abanico triturada (CAT)																																																																												
- Fecha de muestreo	: 03 de febrero del 2025																																																																												
3. RESULTADOS DE ANÁLISIS																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PARÁMETRO (mg/Kg)</th> <th>LMC*</th> <th>CAT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Plata - Ag</td><td>0.019</td><td><LCM</td></tr> <tr><td>Aluminio - Al</td><td>0.023</td><td>48.9852</td></tr> <tr><td>Arsénico - As</td><td>0.005</td><td><LCM</td></tr> <tr><td>Boro - B</td><td>0.026</td><td>13.2587</td></tr> <tr><td>Bario - Ba</td><td>0.004</td><td>44.1259</td></tr> <tr><td>Berilio - Be</td><td>0.003</td><td><LCM</td></tr> <tr><td>Bismuto - Bi</td><td>0.016</td><td><LCM</td></tr> <tr><td>Calcio - Ca</td><td>0.124</td><td>33255.4178</td></tr> <tr><td>Cadmio - Cd</td><td>0.002</td><td>0.1985</td></tr> <tr><td>Cerio - Ce</td><td>0.004</td><td>0.7897</td></tr> <tr><td>Cobalto - Co</td><td>0.002</td><td><LCM</td></tr> <tr><td>Cromo - Cr</td><td>0.003</td><td>0.8012</td></tr> <tr><td>Cobre - Cu</td><td>0.018</td><td>8.6989</td></tr> <tr><td>Hierro - Fe</td><td>0.023</td><td>421.0658</td></tr> <tr><td>Potasio - K</td><td>0.051</td><td>245.6321</td></tr> <tr><td>Litio - Li</td><td>0.005</td><td>5.8747</td></tr> <tr><td>Magnesio - Mg</td><td>0.019</td><td>2688.7719</td></tr> <tr><td>Manganeso - Mn</td><td>0.003</td><td>4.8996</td></tr> <tr><td>Molibdeno - Mo</td><td>0.002</td><td><LCM</td></tr> <tr><td>Sodio - Na</td><td>0.026</td><td>2054.5498</td></tr> <tr><td>Níquel - Ni</td><td>0.006</td><td><LCM</td></tr> <tr><td>Fósforo - P</td><td>0.024</td><td>655.4478</td></tr> <tr><td>Plomo - Pb</td><td>0.004</td><td>1.5247</td></tr> <tr><td>Azufre - S</td><td>0.091</td><td>1401.2544</td></tr> </tbody> </table>	PARÁMETRO (mg/Kg)	LMC*	CAT	Plata - Ag	0.019	<LCM	Aluminio - Al	0.023	48.9852	Arsénico - As	0.005	<LCM	Boro - B	0.026	13.2587	Bario - Ba	0.004	44.1259	Berilio - Be	0.003	<LCM	Bismuto - Bi	0.016	<LCM	Calcio - Ca	0.124	33255.4178	Cadmio - Cd	0.002	0.1985	Cerio - Ce	0.004	0.7897	Cobalto - Co	0.002	<LCM	Cromo - Cr	0.003	0.8012	Cobre - Cu	0.018	8.6989	Hierro - Fe	0.023	421.0658	Potasio - K	0.051	245.6321	Litio - Li	0.005	5.8747	Magnesio - Mg	0.019	2688.7719	Manganeso - Mn	0.003	4.8996	Molibdeno - Mo	0.002	<LCM	Sodio - Na	0.026	2054.5498	Níquel - Ni	0.006	<LCM	Fósforo - P	0.024	655.4478	Plomo - Pb	0.004	1.5247	Azufre - S	0.091	1401.2544		
PARÁMETRO (mg/Kg)	LMC*	CAT																																																																											
Plata - Ag	0.019	<LCM																																																																											
Aluminio - Al	0.023	48.9852																																																																											
Arsénico - As	0.005	<LCM																																																																											
Boro - B	0.026	13.2587																																																																											
Bario - Ba	0.004	44.1259																																																																											
Berilio - Be	0.003	<LCM																																																																											
Bismuto - Bi	0.016	<LCM																																																																											
Calcio - Ca	0.124	33255.4178																																																																											
Cadmio - Cd	0.002	0.1985																																																																											
Cerio - Ce	0.004	0.7897																																																																											
Cobalto - Co	0.002	<LCM																																																																											
Cromo - Cr	0.003	0.8012																																																																											
Cobre - Cu	0.018	8.6989																																																																											
Hierro - Fe	0.023	421.0658																																																																											
Potasio - K	0.051	245.6321																																																																											
Litio - Li	0.005	5.8747																																																																											
Magnesio - Mg	0.019	2688.7719																																																																											
Manganeso - Mn	0.003	4.8996																																																																											
Molibdeno - Mo	0.002	<LCM																																																																											
Sodio - Na	0.026	2054.5498																																																																											
Níquel - Ni	0.006	<LCM																																																																											
Fósforo - P	0.024	655.4478																																																																											
Plomo - Pb	0.004	1.5247																																																																											
Azufre - S	0.091	1401.2544																																																																											



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



Antimonio – Sb	0.005	<LCM
Selenio – Se	0.007	<LCM
Silicio – Si	0.104	199.657
Estaño – Sn	0.007	<LCM
Estroncio – Sr	0.003	847.5411
Titanio – Ti	0.004	<LCM
Talio – Tl	0.003	<LCM
Uranio – U	0.004	<LCM
Vanadio – V	0.004	0.89
Zinc – Zn	0.018	4.52

*LMC (Límite Máximo Cuantificable)

4. BALANCE DE OXIDOS

COMPONENTE	RESULTADO (%)
Al_2O_3 (Óxido de aluminio)	0.295
SiO_2 (Óxido de silicio)	0.679
MgO (Óxido de magnesio)	7.093
Fe_2O_3 (Óxido de hierro III)	0.757
K_2O (Óxido de potasio)	0.942
SO_2 (Óxido de azufre)	4.455
P_2O_5 (Óxido de fósforo V)	1.043
CaO (Óxido de calcio)	74.027
V_2O_5 (Óxido de vanadio)	0.005
SrO (Óxido de estroncio)	1.595
Na_2O (Óxido de sodio)	8.812
Otros	0.297

5. CONCLUSIONES

- Los ensayos se realizaron con un equipo ICP- OES, de la marca Thermo Scientific.(previa digestión de la muestra). El método que se utilizo es el EPA 200.7 para la determinación de metales.
- Se realizo el balance para cálculo de óxidos, tal como se indica en el cuadro.

Firma		Firma	 Cristian David Visconde Beltrán INGENIERO QUÍMICO REG. CIP. 111172
Analista	Marilyn Catherine Quinteros Vilchez	V°B°	Ing. Cristian David Visconde Beltrán
Fecha del Reporte		10 de febrero del 2025	

ANEXO E: Especificaciones técnicas del cemento y aditivo empleado en la investigación.

- **Especificaciones técnicas del aditivo plastificante Chema Plast.**



Chema
Calidad que Construye

Hoja de Seguridad (MSDS)
CHEMA PLAST
VERSION: 02
FECHA: 04/12/2017

SECCION I IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA EMPRESA

Nombre del producto	: CHEMA PLAST
Número de MSDS	: 70001018
Fabricante/distribuidor	: IMPORTADORA TECNICA INDUSTRIAL Y COMERCIAL S.A.
Dirección	: Av. Industrial 765
Ciudad-País	: Lima-Perú
Código postal	: Lima 1
Teléfono	: (511) 336-8407
Fax	: (511)336-8408
Teléfono de emergencias	: CETOX: 2732318 / 999012933
Fecha de elaboración	: 04/12/2017

SECCION II COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

Composición Química: solución acuosa de lignosulfonato.

SECCION III IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Efectos adversos a la salud humana
En contacto con la piel y los ojos puede causar irritación.

SECCION IV PRIMEROS AUXILIOS

Indicaciones generales:	En caso de duda, o cuando persistan los síntomas, pedir atención medica. Nunca dar a beber a una persona inconsciente. No provocar el vómito.
Inhalación:	Trasladar a la persona a un lugar fresco y bien ventilado. Pedir atención médica. En caso de asfixia proceder inmediatamente a la respiración artificial (RCP).
Contacto con la piel:	Lavar inmediatamente con abundante agua y jabón, despojarse de la ropa contaminada.
Contacto con los ojos:	Lavar abundantemente con agua corriente durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos. Pedir atención médica.
Ingestión:	No inducir al vómito. Si la víctima esta consiente, hacer que beba mucha agua. Pedir atención medica inmediatamente.

SECCION V MEDIDAS CONTRA LOS INCENDIOS

Medios de Extinción:	Espuma Polvo Químico Seco Agua Pulverizada
----------------------	--



CETOX
CENTRO TOXICOLÓGICO S.A.C.
273-2318 / 999012933

ATENCIÓN AL CLIENTE:
(511) 336-8407

Página 1 de 4



Hoja de Seguridad (MSDS)

CHEMA PLAST

VERSION: 02
FECHA: 04/12/2017

Dióxido de carbono

Medios de extinción que
NO deben utilizarse:

No se conoce.

Riesgos especiales:

Producto no inflamable. En caso de incendio puede desprenderse gases producto de la combustión como Dióxido de azufre (SO₂) y Óxidos de nitrógeno (NO_x).

Equipo de protección:

Utilizar equipo de respiración autónomo.

SECCION VI MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Precauciones individuales: Utilizar ropa de protección personal.

Protección del medio ambiente: Prevenir la contaminación del suelo, aguas y desagües.

Métodos de limpieza:

Cortar la fuente del derrame.
Confinar el derrame o absorber con tierra, arena u otro material inerte.
Recoger el material en recipientes o en contenedores para residuos para su posterior eliminación de acuerdo con las normas vigentes.
Limpiar los restos con abundante agua.

SECCION VII MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación:

Usar equipo de protección personal.
Después de manipular el producto lavarse con agua y jabón.

Almacenamiento:

Almacenar en lugar limpio, ventilado y bajo techo.
Cuando no se utilice el producto mantener el envase cerrado.
Proteger del calor.
Alejar de alimentos y bebidas.
Conservar el producto en su envase original.

SECCION VIII CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

Medidas de protección

: Asegurar una buena ventilación y renovación de aire del local.
No comer, beber o fumar durante la manipulación del producto.
Quitarse inmediatamente la ropa manchada o empapada.

Protección respiratoria:

Usar máscara de respiración adecuada.

Protección de las manos:

Usar guantes protectores.

Protección de los ojos:

Usar lentes protectores.



Calidad que Construye

Hoja de Seguridad (MSDS)

CHEMA PLAST

VERSION: 02
FECHA: 04/12/2017

Protección corporal: Usar ropa de trabajo adecuada.

SECCION IX PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Apariencia : Líquido.
Color : Marrón Oscuro
Presión de vapor a 25 ° C : No disponible
Densidad : 1.2 g/ml ± 0.06
pH : 9.00 - 12.50
Solubilidad en agua : Soluble
VOC : 0 g/L

SECCION X ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad : Estable.
Condiciones que deben evitarse : No se conocen
Materiales que deben evitarse : Agentes oxidantes fuertes y álcalis.
Productos de descomposición peligrosa : Óxidos de carbón.
Óxidos de nitrógeno.

SECCION XI INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Efectos peligrosos para la salud:
En contacto con la piel : Pueden causar irritación por contacto prolongado con el producto.
En contacto con los ojos: Puede causar Irritación.
Inhalación: Puede causar Irritación.
Por ingestión: El producto es moderadamente tóxico si es ingerido.

SECCION XII INFORMACIONES ECOLÓGICAS

No permitir su paso alcantarillado o a cursos de agua o terrenos.

SECCION XIII CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACION DE RESIDUOS

Los restos de producto, los desechos que derivan de la utilización y los envases vacíos deberán eliminarse de acuerdo a la legislación vigente.
Debe consultarse con los expertos en desechos y/o empresa autorizada de eliminación de residuos y a las autoridades responsables.



Hoja de Seguridad (MSDS)

CHEMA PLAST

VERSION: 02
FECHA: 04/12/2017

SECCION XIV INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

Transporte terrestre

ADR/RID: Mercancía no peligrosa

Transporte marítimo por barco

IMO/IMDG: Mercancía no peligrosa

Transporte aéreo

IATA/ICAO: Mercancía no peligrosa

SECCION XV INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

No disponible

SECCION XVI OTRAS INFORMACIONES

Sistema de Identificación de Materiales Peligrosos (SIMP/NFPA)

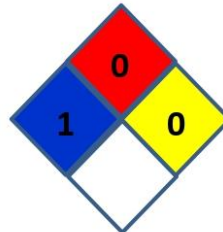
4 = Riesgo Extremo

3 = Riesgo Alto

2 = Riesgo Moderado

1 = Riesgo Mínimo

0 = Riesgo Insignificante



Esta información está basada única y exclusivamente en los datos proporcionados por los proveedores de los materiales usados, y no de la propia mezcla. No se extiende ninguna garantía, ni explícita ni implícita, concerniente a la exactitud de los datos o la adecuación del producto para el fin particular del usuario. El usuario debe aplicar su propio criterio para determinar si el producto es adecuado o no para sus fines.

“La presente Edición anula y reemplaza la Versión N° 01 para todos los fines”

• Especificaciones técnicas del cemento Pacasmayo extraforte tipo ICo.



DESCRIPCIÓN

Cemento Portland Compuesto Tipo ICo. Óptimo desarrollo de resistencias y excelente trabajabilidad, diseñado para uso general que no requieran condiciones especiales.

Usos

- Ideal para la ejecución de obras estructurales.
- Elementos de concreto que no requieran características especiales.
- Reparaciones, remodelaciones y diversas aplicaciones domésticas.
- Elaboración de morteros para pisos, nivelaciones, lechadas y emboquillados.

ATRIBUTOS

Trabajabilidad

Su excelente trabajabilidad permite una colocación compactación adecuada, minimizando la segregación y pérdida de material.

Fragua óptima que garantiza el correcto vaciado del concreto.

Resistencia a la compresión



Diseñado con adiciones minerales que otorgan un óptimo desarrollo de resistencias.

PRESENTACIONES



*En cumplimiento de la Norma Metrología Peruana (NMP 002:2018)

RECOMENDACIONES DE USO

-  Utilizar agregados y materiales de buena calidad.
-  A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

DOSIFICACIONES RECOMENDADAS

- Las proporciones de los materiales están sujetas a la calidad de los agregados de la zona, y a la ejecución de un diseño de mezclas por un experto, pero es aceptado que con materiales aprobados para construcción se usen las siguientes proporciones.

Aplicación	Resistencia (f'c)	Cemento	Arena limpia	Piedra de tamaño máximo 19 mm	Agua
Losas aligeradas, placas y otros	175	1	2	3	0.5 (*)
Vigas y columnas	210	1	2	2	0.5 (*)

(*) El agua debe ser la suficiente para lograr una consistencia trabajable (slump de 5 a 6 pulgadas), la mezcla no debe estar muy aguada, debe poder levantarse con un badilejo sin escurrirse rápidamente.

- Para otro tipo de concreto se requiere un diseño de mezclas específico, si se usan aditivos el agua debe reducirse.
- Usar un único recipiente de medida.

RECOMENDACIONES DE ALMACENAMIENTO

- 1 Los primeros cementos que entren, deben ser los primeros en salir. 
- 2 Las bolsas de cemento deben almacenarse a una distancia de 15 cms como mínimo de las paredes del almacén y 60 cms de otras pilas. 
- 3 Cubrir con una capa impermeable para evitar la humedad. 
- 4 Reducir tiempo de almacenamiento cuando las temperaturas sean menores a 10°C. 
- 5 Revisar la bolsa de cemento antes de usarla para verificar si es que tiene grumos. En caso tenga grumos, antes de su uso tamizar la bolsa. 
- 6 Colocar parihuelas de madera para evitar la humedad del suelo. 
- 7 Evitar la circulación del aire entre bolsas en el apilado. 



“ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'_{C}=210 \text{ KG/CM}^2$, CON REEMPLAZO PARCIAL DE AGREGADO FINO POR CONCHAS DE ABANICO Y USO DE ADITIVO PLASTIFICANTE CHEMA PLAST”



BENEFICIOS AMBIENTALES

- Cemento bajo en carbono por tener menor relación de factor clinker / cemento.

¿QUÉ ES EL ECOSACO?

Bolsa que se disgrega con la acción de la piedra en mezclas de concreto.

BENEFICIOS DE USAR ECOSACO

- El Ecosaco reducirá el riesgo de exposición al polvo del cemento al maestro ya que va directamente al trompo sin necesidad de abrir la bolsa cuando se ejecutan las mezclas de concreto.
- El Ecosaco **genera cero desperdicios**, con la acción de la piedra el empaque se disgrega en la mezcla de concreto.
- El Ecosaco mejora la productividad, ahorra en el tiempo de limpieza en obra y gestión de desechos de construcción.

CÓMO USAR EL ECOSACO EN 5 MINUTOS

- AGREGA** la mitad de la proporción de agua (A) y luego introduce el EcoSaco (sin abrir) directo a un trompo de al menos 340 litros.
- AÑADE** el total de los áridos: piedra (B) y arena (C) en el trompo, según el diseño de concreto.
- AJUSTA** la mezcla añadiendo el resto de la proporción de agua y asegura que toda la bolsa esté incorporada en la mezcla para lograr una correcta integración.
- MEZCLA** hasta tener un resultado homogéneo y con la fluidez buscada.

ESCALA DE EMISIONES DE CARBONO

	Factor Clinker	Emisiones
Bajo	hasta 70%	500 a 700 Kg CO ₂ eq
Medio	71% a 88%	701 a 800 Kg CO ₂ eq
Alto	89% a 100%	801 Kg CO ₂ eq a más

***Extraforte** se encuentra en el rango bajo en emisiones de carbono según el informe de auditoría realizado por Ecoamet 2022.

*Los resultados presentados corresponden por tonelada (TN) de cemento.

CERTIFICACIÓN EN CUMPLIMIENTO DEL DECRETO SUPREMO N° 001-2022-PRODUCE

Certificación que valida el cumplimiento del **Reglamento Técnico sobre Cemento Hidráulico** utilizado en Edificaciones y Construcciones en General

Empresa Certificadora:

ICONTEC, Organismo de certificación internacional reconocido por el IAF (Foro Internacional de Acreditación) con alta experiencia certificando productos y servicios en el mundo.



MTF-004.000
Cemento Hidráulico
Adornado



DS 001-2022-PRODUCE
Cemento Hidráulico
utilizado en Edificaciones y
Construcciones en General

Cementos Pacasmayo optó por el modelo de certificación más alto y riguroso obteniendo la máxima certificación: Esquema Tipo 5.

1 2 3 4 5

*Tipos de esquema de certificación

Esquema Tipo 5: Certifica el proceso productivo y la comercialización, verificación del sistema de gestión de calidad en el comercializador, verificación del control de la producción en planta y verificación del sistema de gestión de calidad en planta.

CERTIFICACIONES QUE PUEDES ALCANZAR POR USO DEL PRODUCTO

Este producto puede contribuir a obtener puntos en las siguientes certificaciones de construcción sostenible:

LEED®



- Tiene Declaración Ambiental de Producto de Tipo III, validada por un tercero.
- Certificación ISO 14001.

Con estas características Extraforte puede contribuir a alcanzar 1 punto en la categoría de materiales y recursos de la certificación LEED.

Bono Mi Vivienda Sostenible



- Cumple con los requerimientos del Bono Mi Vivienda Sostenible del Fondo Mi Vivienda para Eco Materiales, **hasta el grado 3.**

CERTIFICACIONES DE LA COMPAÑÍA



También miembros de **gbc**^{pe}

Pacasmayo

Para más información ingresa a:
www.cementospacasmayo.com.pe
O escanea el código QR:





Cemento Extraforte

Cemento Portland Compuesto Tipo ICo

Requisitos normalizados - NTP 334.090

REQUISITOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	≤ 3.0
SO ₃	Máximo	4.00	%	NTP 334.086	$< 2.10 - 2.70 >$

REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Finura					
Retenido M325	-	-	%	NTP 334.045	< 3.5
Superficie específica	-	-	m ² /kg	NTP 334.002	≥ 500
Densidad	-	-	g/cm ³	NTP 334.005	$< 2.90 - 3.00 >$
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	< 0.20
Contracción en autoclave	Máximo	0.20	%	NTP 334.004	-
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	$< 120 - 180 >$
Fraguado final	Máximo	420	Minutos	NTP 334.006	$< 230 - 260 >$
Contenido de aire en Mortero	Máximo	12.0	%	NTP 334.048	$< 5 - 9 >$
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	13.0 (1890)	MPa (psi)	NTP 334.051	≥ 21.4 (3100)
7 días	Mínimo	20.0 (2900)	MPa (psi)	NTP 334.051	≥ 25.5 (≥ 3700)
28 días	Mínimo	25.0 (3620)	MPa (psi)	NTP 334.051	≥ 31.7 (≥ 4600)










*Valores promedios referenciales de lotes despachados

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos físicos y químicos de la NTP 334.090.



ANEXO F: Certificados y constancias de laboratorio

- **Certificado de calibración y manipuleo de máquina de los ángeles.**

 <p>SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C</p> <p>SERVICIOS DE LABORATORIO DE ENSAYO DE SUELOS Y PAVIMENTOS, CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO</p>	 <p>QR DATA CODE</p>									
<p>Área de Metrología LABORATORIO DE FRECUENCIA Y TIEMPO</p>	<p>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SLSP - LFT- 006-2025 pág. 1 de 3</p>									
<p>1.- Expediente : 006</p> <p>2.- Cliente : SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.</p> <p>Dirección : AV. VICENTE RUSO LOTE 1 FND. EL CERRITO LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO Chiclayo - Chiclayo</p>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p>									
<p>3.- Equipo: : MAQUINA DE ABRASION DE LOS ANGELES</p> <p>Marca : TAMIEQUIPOS</p> <p>N° de serie : 5</p> <p>Modelo : TM15</p> <p>Alcance : 0 A 9999 RPM</p> <p>Div.de escala : 1 RPM</p> <p>Procedencia : PERU</p> <p>Tipo de control : ELECTRONICO</p> <p>Cod. Identificación : MAQ-ABRA-01</p>	<p>Servicios de Laboratorio de Suelos y Pavimentos S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p>									
<p>4.- Fecha y lugar de calibración</p> <p>Fecha de calibración : 30/05/2025</p> <p>Lugar de calibración : AV. VICENTE RUSO LOTE 1 FND. EL CERRITO LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO Chiclayo - Chiclayo</p>	<p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>									
<p>5.- Método de calibración</p> <p>La calibración se realizo por medición directa de la frecuencia (en rpm) utilizando un tacometro digital patrón trazable a los instrumentos de referencia de los laboratorios de la DM - INACAL.</p>										
<p>6.- Condiciones Ambientales</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Inicial</th> <th>Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>24.0 °C</td> <td>24.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Humedad</td> <td>60 % HR</td> <td>60 % HR</td> </tr> </tbody> </table>		Inicial	Final	Temperatura	24.0 °C	24.0 °C	Humedad	60 % HR	60 % HR	
	Inicial	Final								
Temperatura	24.0 °C	24.0 °C								
Humedad	60 % HR	60 % HR								
<p>Fecha de Emisión: 30/05/2025</p> <p align="center">  SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C. Ing. Secundino Burga Fernandez JEFE DE METROLOGÍA REG. SUP. 169278 </p> <p align="center"> Ing. Secundino Burga Fernandez Jefe del Laboratorio de Metrología </p>										
<p>  Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 </p>	<p>  emp_calibraciones@hotmail.com  servicios_lab@hotmail.com. </p>									
<p>PROHIBIDO LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C</p>										

**“ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'c=210$ KG/CM²,
CON REEMPLAZO PARCIAL DE AGREGADO FINO POR CONCHAS DE ABANICO Y USO
DE ADITIVO PLASTIFICANTE CHEMA PLAST”**



**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE
SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C**

SERVICIOS DE LABORATORIO DE ENSAYO DE SUELOS Y PAVIMENTOS,
CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE
LABORATORIO



QR DATA CODE

Área de Metrología

LABORATORIO DE FRECUENCIA Y TIEMPO

**CERTIFICADO DE CALIBRACION
SLSP - LFT- 006-2025**

pág. 2 de 3

7.- Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado
METROIL (Laboratorio acreditado por INACAL)	TACOMETRO LASER CON UNA INERTIDUMBRE DE 1 RPM	1AFR - 0019 - 2025
PESATEC (Laboratorio acreditado por INACAL)	MEDIDOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD (TERMOHIGRÓMETRO)	1AT-0965-2025
METROIL (Laboratorio acreditado por INACAL)	CINTA METRICA DE 0 - 3 METROS	1AD - 0421 - 2025
METROIL (Laboratorio acreditado por INACAL)	PIE DE REY 0 mm - 300 mm	1AD - 0420 - 2025
METROIL (Laboratorio acreditado por INACAL)	REGLA DE 0 mm a 1 000 mm	1AD - 0419 -2025
METROIL (Laboratorio acreditado por INACAL)	BALANZA DE 620 g	M-00630-003 R0

8.- Resultados de medición

Determinación de vuelta/Tiempo

Tiempo (seg)	Indicación del Patrón			Giro de la máquina
	Número de vueltas	Número de vueltas	Número de vueltas	
60	33	33	33	33.0
120	66	66	66	33.0
180	99	99	99	33.0
240	132	132	131	32.7
300	165	165	164	33.0
360	198	198	197	33.0
420	231	231	230	33.0
480	264	264	263	33.0
540	297	297	296	33.0
600	330	330	329	33.0
660	363	363	362	33.0
720	396	396	395	33.0
780	429	428	428	32.7
840	462	461	461	33.0
900	495	494	494	33.0

Nota 1:
El cilindro del equipo debe girar a una velocidad comprendida entre

30 (rpm)	mínimo
33 (rpm)	máximo

Características del tambor

Longitud interior	511.1 mm
Díametro interior	712.1 mm

Nota 2:

El rango para la longitud interior del tambor del equipo es de: 508 mm ± 5 mm
El rango para el diámetro interior del tambor del equipo es de: 711 mm ± 5 mm



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

emp_calibraciones@hotmail.com

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

servicios.lab20@gmail.com

PROHIBIDO LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C



**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE
SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C**

SERVICIOS DE LABORATORIO DE ENSAYO DE SUELOS Y PAVIMENTOS,
CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE
LABORATORIO



QR DATA CODE

Área de Metrología

LABORATORIO DE FRECUENCIA Y TIEMPO

**CERTIFICADO DE CALIBRACION
SLSP - LFT- 006-2025**

pág. 3 de 3

Características de las esferas

N°	Medición de esferas	
	Diametro (mm)	Peso (g)
1	46.7	415.7
2	46.7	415.6
3	46.6	415.6
4	46.7	415.5
5	46.7	415.7
6	46.7	415.8
7	46.6	415.5
8	46.7	415.6
9	46.7	415.6
10	46.6	415.6
11	46.7	415.6
12	46.7	415.7

Nota 3:

El peso de las esferas debe oscilar entre:
390 g a 445 g

El diametro de las esferas debe oscilar
entre: 46.4 mm a 47.6 mm

9.- Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $K=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

10. Observaciones

- * Se adjunta una etiqueta autoadhesiva de la calibración.
- * El laboratorio no se hace remplazo de una mala manipulación del equipo.



----- Fin del certificado -----



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)
Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250



emp_calibraciones@hotmail.com
servicios.lab20@gmail.com

PROHIBIDO LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C



**AUTORIZACIÓN DE MANIPULEO DE EQUIPO DE MAQUINA DE LOS ANGELES –
ABRASIÓN**

Chiclayo, 30 de agosto del 2025

Quien suscribe:

Sr. SECUNDINO BURGA FERNÁNDEZ

**REPRESENTANTE LEGAL DE SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y
PAVIMENTOS S.A.C.**

AUTORIZA: Permiso para el manipuleo del equipo de abrasión con la máquina de los ángeles en nuestro laboratorio de suelos

**Para el trabajo de investigación: Estudio de la resistencia a la compresión del
concreto $f'c=210$ kg/cm², con reemplazo parcial de agregado fino por conchas de
abanico y uso de aditivo plastificante Chema Plast.**

Por el presente, el que suscribe, SECUNDINO BURGA FERNANDEZ representante legal de coordinación del laboratorio SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC, a los estudiantes: Periche Castro Juan Carlos y Díaz Herquinio Christopher Brahian Anselmo, estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, y autor del trabajo de investigación denominado **Estudio de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm², con reemplazo parcial de agregado fino por conchas de abanico y uso de aditivo plastificante Chema Plast**, al uso y manipuleo del equipo de maquina de los ángeles –Abrasión y cálculos entre otros como plantillas para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis de investigación, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Ing. Secundino Burga Fernandez
GERENTE GENERAL

SECUNDINO BURGA FERNANDEZ
GERENTE GENERAL

- **Certificado de obtención de agregado grueso.**



CERTIFICADO

Por el presente certificado se da constancia y validez que las muestras de piedra chancada de 1/2” son de nuestra planta chancadora de CORPORACIÓN ASFALTOS Y PAVIMENTOS CASTILLO SAC. Quienes en buena voluntad apoyamos a los estudiantes de diversas carreras universitarias y técnicas del rubro de construcción.

En esta oportunidad siendo martes 01 de julio del 2025 se otorgó muestras de nuestra piedra chancada a los jóvenes:

Díaz Herquinio Christopher Brahian y Periche Castro Juan Carlos; estudiantes de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo para fines estudiantiles (TESIS)

[Escriba aquí]

Oficina Principal : Mz 19 Lote 05 P.J. Chosica del Norte – La Victoria (Ref. Frente al Utiyacu) – CHICLAYO LAMBAYEQUE

Oficina Operativa: Cantera tres tomas S/N – Manuel A. Mesones Muro – FERREÑAFE – LAMBAYEQUE

Teléfonos : 074 – 214793 CEL: 979906253 - 934869078

• **Constancia de uso de laboratorio de materiales – FICSA**



CONSTANCIA 009 – 2025 LEME – FICSA

El que suscribe, Director encargado del Departamento Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil de Sistemas y de Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

HACE CONSTAR:

Que los bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil:

PERICHE CASTRO JUAN CARLOS
DIAZ HERQUINIO CRISTOPHER BRAHIAN ANSELMO

Han realizado sus ensayos desde el 28 de Abril del 2025 al 12 de Agosto del 2025 en este laboratorio - LEME.

<u>TIPOS DE ENSAYOS</u>	<u>CANTIDAD</u>
• Contenido de Humedad del agregado grueso	(1)
• Contenido de Humedad del agregado fino	(1)
• Contenido de Humedad de las Conchas de Abanico Trituradas	(1)
• Granulometría del agregado fino	(1)
• Granulometría del agregado grueso	(1)
• Granulometría de las Conchas de Abanico Triturada	(3)
• Peso Volumétrico suelto del agregado fino	(3)
• Peso Volumétrico suelto del agregado grueso	(3)
• Peso Volumétrico suelto de las Conchas de Abanico Triturada	(3)
• Peso Volumétrico varillado del agregado fino	(3)
• Peso Volumétrico varillado del agregado grueso	(3)
• Peso Volumétrico varillado de las Conchas de Abanico Triturada	(3)
• Peso Específico de masa del agregado fino	(1)
• Peso Específico de masa del agregado grueso	(1)
• Peso Específico de masa de las Conchas de Abanico Triturada	(1)
• Grado de Absorción del agregado fino	(1)
• Grado de Absorción del agregado grueso	(1)
• Grado de Absorción de las Conchas de Abanico triturada	(1)
• Porcentaje del Material más fino que pasa el tamiz N°200 por lavado A. Fino	(1)
• Porcentaje del Material más fino que pasa el tamiz N°200 por lavado de las Conchas de Abanico Triturada	(1)
• Diseño de Mezclas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	(1)
• Medición del Asentamiento del concreto de Cemento Hidráulico - Slump	(4)
• Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto en Laboratorio	(96)
• Determinación de Resistencia a Compresión del Concreto muestras Cilíndrica	(96)
• Determinación de Temperatura del Concreto Cemento Hidráulico recién Mezclado	(03)

Para dar cumplimiento a un capítulo de su proyecto de Tesis: “ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'c 210 \text{ KG/CM}^2$, CON REEMPLAZO PARCIAL DE AGREGADO FINO POR CONCHAS DE ABANICO Y USO DE ADITIVO PLASTIFICANTE CHEMA PLAST.” Con código N° IC_V_2024_021

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Lambayeque, 28 de Agosto del 2025



Juan Herman
DR. ING. FARIAS FEIJOO JUAN HERMAN
DIRECTOR(e) DAIC – FICSA