

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Mejora de la trabajabilidad y reducción de cangrejas en las
cimentaciones del nuevo terminal terrestre de la ciudad de Cerro de
Pasco mediante el uso de superplastificantes como aditivos en el
concreto – 2023**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Ashly Yehen CALLA CONDOR

Asesor:

Arq. José Germán RAMIREZ MEDRANO

Cerro de Pasco - Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Mejora de la trabajabilidad y reducción de cangrejas en las
cimentaciones del nuevo terminal terrestre de la ciudad de Cerro de
Pasco mediante el uso de superplastificantes como aditivos en el
concreto – 2023**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL
PRESIDENTE

Mg. Eusebio ROQUE HUAMÁN
MIEMBRO

Mg. Pedro YARASCA CORDOVA
MIEMBRO



**Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación**

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 096-2024-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

Mejora de la Trabajabilidad y Reducción de Cangrejeras en las Cimentaciones del Nuevo Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco mediante el Uso de Superplastificantes como Aditivos en el Concreto – 2023

Apellidos y nombres de los tesistas:

Bach. CALLA CONDOR, Ashly Yehen

Apellidos y nombres del Asesor:

Ing, RAMÍREZ MEDRANO, José Germán

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Civil

Índice de Similitud

17 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 08 de marzo del 2024


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Luis Villar Requiza Carbajal
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera, a mis padres, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, a mi hermano por sus palabras y su compañía, a mis amigos, compañeros, y todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

El principal agradecimiento a Dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante.

A mi familia por su comprensión y estímulo constante, además su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

Y a todas las personas que de una u otra forma me apoyaron en la realización de este trabajo.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación, titulado "Mejora de la Trabajabilidad y Reducción de Cangrejeras en las Cimentaciones del Nuevo Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco mediante el Uso de Superplastificantes como Aditivos en el Concreto - 2023", se desarrolla con el objetivo de abordar los desafíos relacionados con la calidad y resistencia del concreto en las cimentaciones de una infraestructura crítica como es el nuevo terminal terrestre de Cerro de Pasco.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Este capítulo establece el problema de investigación, identificando y delimitando sus alcances. Se formulan tanto el problema principal como los problemas específicos que serán abordados en el estudio. Además, se plantean los objetivos generales y específicos de la investigación, y se justifica la relevancia de este proyecto en el contexto de la construcción de cimentaciones resistentes y duraderas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta el marco teórico, que incluye antecedentes de estudio, bases teóricas y científicas relacionadas con las cimentaciones de concreto, la formación de cangrejeras en el concreto, la trabajabilidad del concreto y el uso de superplastificantes como aditivos. Además, se definen los términos básicos y se formulan las hipótesis que guiarán la investigación.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

El tercer capítulo detalla la metodología que se utilizará en la investigación, incluyendo el tipo y nivel de investigación, el método de investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, el procesamiento y análisis de datos, el tratamiento estadístico y la orientación ética y epistémica.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este capítulo presenta los resultados obtenidos a través de la caracterización de los aceros de refuerzo en el terminal terrestre, el análisis de la trabajabilidad del concreto, la evaluación de los efectos de las cangrejeras en la calidad y resistencia del concreto, la aplicación de superplastificantes como aditivos, la dosificación óptima de superplastificantes, y las técnicas y procedimientos para asegurar la eficacia de los superplastificantes. Se analizan e interpretan estos resultados y se realizan pruebas de hipótesis para validar las afirmaciones planteadas.

CONCLUSIONES

En las conclusiones se resumen los hallazgos más significativos de la investigación y se establecen respuestas a las hipótesis planteadas.

Palabras Clave: Superplastificantes, Cangrejeras, Cimentaciones

ABSTRACT

The present research project, entitled "Improvement of Workability and Reduction of Crabs in the Foundations of the New Land Terminal of the City of Cerro de Pasco through the Use of Superplasticizers as Additives in Concrete - 2023", is developed with the objective of address the challenges related to the quality and resistance of concrete in the foundations of a critical infrastructure such as the new Cerro de Pasco land terminal.

CHAPTER I: RESEARCH PROBLEM

This chapter establishes the research problem, identifying and delimiting its scope. Both the main problem and the specific problems that will be addressed in the study are formulated. In addition, the general and specific objectives of the research are presented, and the relevance of this project is justified in the context of the construction of resistant and durable foundations.

CHAPTER II: THEORETICAL FRAMEWORK

This chapter presents the theoretical framework, which includes study background, theoretical and scientific bases related to concrete foundations, the formation of crabs in concrete, the workability of concrete and the use of superplasticizers as additives. In addition, the basic terms are defined and the hypotheses that will guide the research are formulated.

CHAPTER III: RESEARCH METHODOLOGY AND TECHNIQUES

The third chapter details the methodology that will be used in the research, including the type and level of research, the research method, the research design, the population and sample, data collection techniques and instruments, processing and analysis. of data, statistical treatment and ethical and epistemic guidance.

CHAPTER IV: RESULTS AND DISCUSSION

This chapter presents the results obtained through the characterization of the reinforcing steels in the land terminal, the analysis of the workability of the concrete, the

evaluation of the effects of crab pots on the quality and resistance of the concrete, the application of superplasticizers such as additives, the optimal dosage of superplasticizers, and the techniques and procedures to ensure the effectiveness of superplasticizers. These results are analyzed and interpreted and hypothesis tests are carried out to validate the statements made.

CONCLUSIONS

The conclusions summarize the most significant findings of the research and establish responses to the proposed hypotheses.

Keywords: Superplasticizers, Crab pots, Foundations

INTRODUCCIÓN

La identificación y determinación del problema en este proyecto de tesis reviste una gran relevancia debido a las implicaciones asociadas a la presencia de cangrejas y la falta de trabajabilidad en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco durante su proceso de construcción. Las cangrejas, que se manifiestan como grietas finas y no uniformes, se generan en el concreto durante su proceso de fraguado y endurecimiento, y su aparición guarda una estrecha relación con la alta densidad de aceros de refuerzo utilizados en las cimentaciones.

La configuración de una alta densidad de aceros en las cimentaciones es un elemento esencial para la seguridad y estabilidad estructural de la edificación. Sin embargo, esta disposición conlleva desafíos en cuanto a la correcta colocación y distribución del concreto durante el vaciado. La apropiada ubicación y distribución del concreto resultan cruciales para garantizar una adecuada adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto, así como para lograr una distribución uniforme del material. Estos factores influyen directamente en la calidad, resistencia y durabilidad del concreto y, por consiguiente, de toda la estructura.

Por otro lado, la falta de trabajabilidad del concreto representa un elemento determinante en la eficiencia y precisión del proceso constructivo. La trabajabilidad se refiere a la facilidad con la que el concreto puede ser colocado, compactado y moldeado dentro de los moldes y en los espacios definidos por el diseño. Una baja trabajabilidad puede dar lugar a problemas durante el vaciado, tales como la segregación del concreto, la formación de burbujas de aire, las dificultades en el llenado de áreas más congestionadas con acero y las complicaciones en la compactación. Todos estos aspectos afectan negativamente la calidad y resistencia del concreto, además de incrementar la probabilidad de que aparezcan cangrejas.

La presencia de cangrejas conlleva riesgos para la durabilidad de la estructura y su capacidad de soporte, ya que estas grietas podrían permitir la infiltración de

humedad y agentes agresivos, lo que potencialmente podría provocar la corrosión del acero de refuerzo y la reducción de la resistencia del concreto. Por su parte, la falta de trabajabilidad podría ocasionar problemas estéticos y estructurales, alterando el aspecto final del terminal terrestre y disminuyendo su vida útil.

El problema central que este proyecto de tesis se propone abordar es cómo mejorar la trabajabilidad del concreto y reducir de manera significativa la formación de cangrejeras en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco. Esto implica la búsqueda de soluciones y estrategias constructivas que permitan optimizar la colocación y distribución del concreto en áreas con alta densidad de aceros, asegurando la correcta adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo y evitando la formación de cangrejeras.

Una posible solución a este desafío constructivo reside en la utilización de superplastificantes como aditivos en el concreto. Los superplastificantes son sustancias químicas que se añaden al concreto para mejorar su fluidez y trabajabilidad sin incrementar la proporción de agua en la mezcla. Esto facilita la colocación y compactación del concreto en áreas con alta densidad de aceros, permitiendo un mejor llenado de los espacios y reduciendo la probabilidad de formación de cangrejeras. Asimismo, los superplastificantes contribuyen a obtener una mezcla más homogénea y compacta, lo que mejora la calidad, resistencia y durabilidad del concreto.

Este proyecto se orienta a investigar y proponer soluciones concretas que aborden estos desafíos constructivos y contribuyan al éxito de la construcción del nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco, asegurando la integridad estructural de la obra y su durabilidad a largo plazo.

ÍNDICE

Página.

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE TABLAS	

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema.....	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	3
1.3.	Formulación del problema.....	4
1.3.1.	Problema general.....	4
1.3.2.	Problemas específicos.....	4
1.4.	Formulación de objetivos.....	5
1.4.1.	Objetivos generales.....	5
1.4.2.	Objetivos específicos.....	5
1.5.	Justificación de la investigación.....	6
1.6.	Limitaciones de la investigación.....	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio.....	10
2.2.	Bases teóricas – científicas.....	13
2.3.	Definición de términos básicos.....	43
2.4.	Formulación de hipótesis.....	45
2.4.1.	Hipótesis general.....	45
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	45
2.5.	Identificación de variables.....	46
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	47

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	50
3.2.	Nivel de investigación.....	51

3.3.	Métodos de investigación.....	51
3.4.	Diseño de la investigación	52
3.5.	Población y muestra	53
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	54
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	54
3.8.	Tratamiento estadístico	55
3.9.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	55

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	57
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	94
4.3.	Prueba de hipótesis.....	139
4.4.	Discusión de resultados	149

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1. Definición Operacional de variable e indicadores (Fuente: Propio).....	47
Tabla 2. Resultados de Caracterización de los Aceros de Refuerzo en el Terminal Terrestre	94
Tabla 3. Resultados de la Inspección de Cimentaciones y Aceros de Refuerzo	96
Tabla 4. Resultados Identificación y Documentación de las Cangrejeras en las Cimentaciones.....	98
Tabla 5. Resultados Análisis Comparativo entre Zonas con Distintas Densidades de Acero	99
Tabla 6. Resultados Evaluación de Factores Externos que Puedan Influir la Formación de Cangrejeras.....	101
Tabla 7. Resultados de Trabajabilidad del Concreto y Los Aceros	103
Tabla 8. Resultados Evaluación de las Propiedades de Trabajabilidad del Concreto	104
Tabla 9. Resultados Análisis de la Disposición y Posicionamiento de los Aceros de Refuerzo Post-Vertido	106
Tabla 10. Resultado de Estudio de Casos de Cimentaciones con Diferentes Niveles de Trabajabilidad.....	107
Tabla 11. Resultados de Las Cangrejeras En La Calidad Y Resistencia Del Concreto	109
Tabla 12. Resultados Identificación y Clasificación de Cangrejeras en las Cimentaciones.....	111
Tabla 13. Resultados Análisis de la Resistencia Mecánica del Concreto Afectado por Cangrejeras.....	112
Tabla 14. Resultados Estudio Correlativo entre la Presencia de Cangrejeras y otros Factores Constructivos.....	114
Tabla 15. Resultados de los Superplastificantes Como Aditivos En El Concreto	115
Tabla 16. Resultados de Selección y Caracterización de los Superplastificantes a Utilizar	117
Tabla 17. Resultados Preparación de Mezclas de Concreto con Diferentes Dosis de Superplastificante.....	118
Tabla 18. Resultado de Evaluación de la Trabajabilidad de las Mezclas de Concreto	120

Tabla 19. Resultado de Monitorización de la Formación de Cangrejas en Cimentaciones Piloto.....	121
Tabla 20. Resultados de los Dosificación Óptima De Superplastificantes Requerida Para Lograr Una Adecuada Trabajabilidad	123
Tabla 21. Resultados de Identificación de Parámetros y Variables a Evaluar	124
Tabla 22. Resultados de Preparación de Muestras con Diferentes Dosificaciones de Superplastificante.....	126
Tabla 23. Resultados de Evaluación Inmediata de la Trabajabilidad y Consistencia del Concreto	128
Tabla 24. Resultado de Monitoreo de la Resistencia y Durabilidad a Mediano y Largo Plazo	129
Tabla 25. Resultados de Técnicas Y Procedimientos Adecuados Para Aplicar Los Superplastificantes Y Asegurar Su Eficacia En La Mejora De La Trabajabilidad Del Concreto.....	131
Tabla 26. Resultados de Procedimientos de Incorporación de Superplastificantes en Mezclas.....	133
Tabla 27. Resultado de Pruebas de Eficiencia en la Mejora de la Trabajabilidad	134
Tabla 28. Resultado de Monitoreo y Registro de la Formación de Cangrejas.....	136
Tabla 29. Resultado Análisis de Resistencia y Durabilidad Post- Aplicación.....	137

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La identificación y determinación del problema en este proyecto de tesis es de gran relevancia debido a las implicaciones que conlleva la presencia de cangrejeras y la falta de trabajabilidad en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco durante su construcción. Estas cangrejeras, que son grietas finas y no uniformes, se forman en el concreto durante el proceso de fraguado y endurecimiento, y su aparición se encuentra directamente relacionada con la alta densidad de aceros de refuerzo dispuestos dentro de las cimentaciones.

La alta densidad de aceros en las cimentaciones representa un aspecto esencial en la seguridad y estabilidad estructural de la edificación. Sin embargo, esta configuración conlleva desafíos en la colocación y distribución adecuada del concreto durante el vaciado. La correcta ubicación y distribución del concreto son esenciales para garantizar la adecuada adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto, así como para lograr una distribución uniforme del material, lo cual afecta directamente la calidad, resistencia y durabilidad del

concreto y, por ende, de la estructura. Por otra parte, la falta de trabajabilidad del concreto es un factor crucial en la eficiencia y precisión del proceso constructivo. La trabajabilidad se refiere a la facilidad con la que el concreto puede ser colocado, compactado y moldeado dentro de los moldes y en los espacios definidos por el diseño. La baja trabajabilidad puede originar problemas durante el vaciado, como segregación del concreto, formación de burbujas de aire, dificultades en el llenado de las áreas más congestionadas con acero y problemas de compactación. Todo esto afecta negativamente la calidad y resistencia del concreto, además de incrementar la probabilidad de la formación de cangrejas.

La presencia de cangrejas representa un riesgo para la durabilidad de la estructura y su capacidad de soporte, ya que estas grietas pueden permitir la infiltración de humedad y agentes agresivos, lo que podría provocar la corrosión del acero de refuerzo y la reducción de la resistencia del concreto. La falta de trabajabilidad, por su parte, puede ocasionar problemas estéticos y estructurales, afectando el aspecto final del terminal terrestre y disminuyendo su vida útil.

El problema principal que se busca abordar en este proyecto de tesis es cómo mejorar la trabajabilidad del concreto y reducir significativamente la formación de cangrejas en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco. Esto implica la búsqueda de soluciones y estrategias constructivas que permitan optimizar la colocación y distribución del concreto en las áreas con alta densidad de aceros, asegurando la correcta adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo y evitando la formación de cangrejas.

Una posible solución a este desafío constructivo radica en el uso de superplastificantes como aditivos en el concreto. Los superplastificantes son sustancias químicas que se añaden al concreto para mejorar su fluidez y

trabajabilidad sin aumentar la proporción de agua en la mezcla. Esto facilita la colocación y compactación del concreto en áreas con alta densidad de aceros, permitiendo un mejor llenado de los espacios y reduciendo la probabilidad de formación de cangrejeras. Asimismo, los superplastificantes contribuyen a obtener una mezcla más homogénea y compacta, lo que mejora la calidad, resistencia y durabilidad del concreto.

1.2. Delimitación de la investigación

La delimitación de la investigación en este proyecto de tesis se enfoca en aspectos específicos relacionados con la presencia de cangrejeras y la falta de trabajabilidad en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco, a consecuencia de la alta densidad de aceros de refuerzo. Se establecen los siguientes puntos de delimitación:

- Área de estudio: La investigación se centrará exclusivamente en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco, específicamente en aquellas áreas donde se ha identificado la alta densidad de aceros de refuerzo y donde se han presentado problemas de formación de cangrejeras y falta de trabajabilidad del concreto.
- Tipo de problema: El enfoque principal será en la presencia de cangrejeras y la falta de trabajabilidad del concreto en las cimentaciones. No se abordarán otros problemas constructivos o estructurales que puedan surgir en otras partes del edificio.
- Material de estudio: El material de estudio estará limitado al concreto utilizado en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre y a los aceros de refuerzo dispuestos en dichas áreas.
- Estrategias de solución: La investigación se enfocará en el uso de superplastificantes como aditivos en el concreto para mejorar la trabajabilidad y reducir la formación de cangrejeras. No se abordarán otras estrategias o técnicas de construcción.

- Periodo de estudio: El período de estudio estará limitado al año 2023, correspondiente al momento de la construcción del nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco.
- Alcance de la intervención: La investigación se centrará en analizar la viabilidad y eficacia del uso de superplastificantes en el concreto durante la etapa de construcción del nuevo terminal terrestre. No abarcará la evaluación de posibles reparaciones o intervenciones posteriores en la estructura.
- Marco geográfico: La delimitación geográfica se limita al sitio de construcción del nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco, provincia de Pasco, Perú.
- Alcance de los resultados: Los resultados y conclusiones obtenidos se aplicarán específicamente al caso del nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco y no se generalizarán para otros proyectos de construcción o cimentaciones en diferentes ubicaciones o contextos.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo mejorar la trabajabilidad del concreto y reducir la formación de cangrejas en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco, considerando la alta densidad de aceros de refuerzo presentes en el diseño, y cómo el uso de superplastificantes como aditivos en el concreto puede contribuir a resolver este desafío constructivo?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la relación entre la alta densidad de aceros de refuerzo y la formación de cangrejas en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre?
- ¿Cómo afecta la falta de trabajabilidad del concreto a la correcta ubicación y distribución de los aceros en las cimentaciones?

- ¿Cuáles son los posibles efectos adversos de las cangrejas en la calidad y resistencia del concreto en la estructura del terminal terrestre?
- ¿En qué medida el uso de superplastificantes como aditivos en el concreto puede mejorar la trabajabilidad y reducir la formación de cangrejas en las cimentaciones?
- ¿Cuál es la dosificación óptima de superplastificantes a emplear para obtener una adecuada trabajabilidad del concreto sin comprometer su resistencia y durabilidad?
- ¿Qué técnicas y procedimientos de aplicación son necesarios para asegurar la eficacia de los superplastificantes en la mejora de la trabajabilidad del concreto y la reducción de cangrejas?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivos generales

Evaluar y proponer técnicas para mejorar la trabajabilidad del concreto y reducir la formación de cangrejas en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco, considerando la alta densidad de aceros de refuerzo presentes en el diseño y el uso de superplastificantes como aditivos en el concreto.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar y comprender la relación entre la alta densidad de aceros de refuerzo y la formación de cangrejas en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre.
- Evaluar cómo la falta de trabajabilidad del concreto afecta la correcta ubicación y distribución de los aceros en las cimentaciones del terminal terrestre.

- Determinar los posibles efectos adversos de las cangrejeras en la calidad y resistencia del concreto en la estructura del terminal terrestre.
- Estudiar la influencia del uso de superplastificantes como aditivos en el concreto para mejorar la trabajabilidad y reducir la formación de cangrejeras en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre.
- Establecer la dosificación óptima de superplastificantes requerida para lograr una adecuada trabajabilidad del concreto sin comprometer su resistencia y durabilidad.
- Identificar las técnicas y procedimientos adecuados para aplicar los superplastificantes y asegurar su eficacia en la mejora de la trabajabilidad del concreto y la reducción de cangrejeras.

1.5. Justificación de la investigación

La investigación tiene una justificación fundamentada en varios aspectos importantes:

- Importancia del proyecto de tesis: El nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco es una infraestructura de gran relevancia para la región, que busca mejorar los servicios de transporte terrestre y brindar condiciones adecuadas para los viajeros. Sin embargo, la presencia de cangrejeras y la falta de trabajabilidad en las cimentaciones pueden afectar la calidad y resistencia del concreto, comprometiendo la durabilidad y seguridad de la estructura. Por lo tanto, esta investigación es esencial para garantizar la integridad y funcionamiento óptimo del terminal terrestre.
- Contribución al conocimiento científico: El estudio de la relación entre la alta densidad de aceros y la formación de cangrejeras, así como el impacto de la falta de trabajabilidad del concreto, permitirá ampliar el conocimiento científico en el campo de la ingeniería civil y la construcción. Asimismo, la investigación sobre el uso de superplastificantes como aditivos para mejorar

la trabajabilidad y reducir las cangrejeras aportará nuevos conocimientos para aplicaciones específicas en cimentaciones.

- Solución a un desafío constructivo: La presencia de cangrejeras y la dificultad en el manejo del concreto durante la construcción de cimentaciones son problemas recurrentes en proyectos de infraestructura. Al encontrar soluciones efectivas mediante el uso de superplastificantes, esta investigación brindará una alternativa viable y aplicable en futuras obras similares, mejorando la eficiencia constructiva y la calidad de las estructuras.
- Impacto en la industria de la construcción: La implementación de técnicas para mejorar la trabajabilidad del concreto y reducir la formación de cangrejeras tendrá un impacto positivo en la industria de la construcción, especialmente en proyectos de gran envergadura como terminales terrestres u otras infraestructuras críticas. La utilización adecuada de superplastificantes podría ahorrar costos de reparación y mantenimiento a largo plazo, además de mejorar la resistencia y durabilidad de las cimentaciones.
- Beneficio para la comunidad y los usuarios: El nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco está destinado a beneficiar a una amplia población de viajeros y residentes locales. Garantizar la calidad y seguridad de la infraestructura proporcionará un ambiente adecuado y confiable para el transporte de pasajeros y bienes, promoviendo el desarrollo económico y social de la región.

1.6. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones de la investigación son las restricciones o condiciones que pueden afectar la realización y los resultados del proyecto de tesis. Algunas de las limitaciones que podrían presentarse en este estudio son las siguientes:

- Disponibilidad de datos: Puede que la información y datos necesarios para llevar a cabo el análisis y la investigación no estén completamente disponibles o sean limitados. Esto podría deberse a la falta de registros adecuados de la construcción del terminal terrestre o a la confidencialidad de ciertos datos relevantes.
- Acceso a la obra: La investigación podría requerir acceso a la obra durante su ejecución para obtener muestras de concreto y realizar pruebas in situ. Sin embargo, debido a la naturaleza de la construcción y las restricciones de seguridad, el acceso puede ser limitado o restringido en ciertas etapas de la obra.
- Tiempo y recursos: La investigación puede requerir una cantidad significativa de tiempo y recursos para realizar las pruebas de laboratorio, el análisis de datos y la recopilación de información. La disponibilidad de estos recursos puede ser una limitante, especialmente en proyectos académicos con plazos definidos.
- Complejidad de la estructura: El nuevo terminal terrestre puede ser una obra de ingeniería compleja, lo que podría dificultar la interpretación de los resultados y la identificación de las causas específicas de la formación de cangrejas y la falta de trabajabilidad.
- Factores ambientales: Los factores ambientales, como las condiciones climáticas, pueden influir en el proceso de fraguado y endurecimiento del concreto durante la construcción. Estos factores podrían afectar la formación de cangrejas y la eficacia de los superplastificantes.
- Aplicabilidad a otros proyectos: Si bien la investigación se centra en el nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco, la aplicabilidad de los resultados a otros proyectos de construcción puede ser una limitación. Las características específicas de cada obra y la variabilidad en los diseños de cimentaciones pueden influir en los resultados y conclusiones generales.

- Dependencia de proveedores: La investigación involucra el uso de superplastificantes como aditivos en el concreto. La disponibilidad y calidad de estos aditivos pueden depender de proveedores externos, lo que podría afectar la uniformidad de los resultados en la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Antecedente y pre proyecto de investigación

Título: "Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo."

En el estudio realizado por Mayta Rojas y Jhonatan Wilson en la ciudad de Huancayo en 2014, se investigó el efecto del aditivo superplastificante en el comportamiento del concreto tanto en estado fresco como endurecido. El objetivo principal fue analizar la trabajabilidad, el tiempo de fraguado y la resistencia mecánica del concreto al incorporar dicho aditivo en las mezclas.

Para llevar a cabo la investigación, se prepararon mezclas de concreto patrón sin el aditivo superplastificante, utilizando diferentes relaciones agua/cemento (a/c) de 0.40, 0.50 y 0.60, mediante el método de agregado global y con un asentamiento de cono de 4". Posteriormente, sin modificar los componentes iniciales de las mezclas de concreto patrón, se añadieron distintas dosis del aditivo superplastificante (250, 450, 650, 850 y 1050 ml por cada 100

kg de cemento), creando así las mezclas experimentales. En total, se obtuvieron 18 diseños de mezcla con estas variantes.

Se realizaron diversos ensayos en cada una de las mezclas, tanto en estado fresco como endurecido, incluyendo pruebas de segregación estática, asentamiento, temperatura, exudación, peso unitario y tiempo de fraguado en el concreto fresco; así como ensayos de resistencia a la compresión en el concreto endurecido.

Los resultados obtenidos en los ensayos fueron sometidos a un análisis comparativo entre las mezclas experimentales y las mezclas patrones. Como conclusión, se determinó que el aditivo superplastificante tuvo los siguientes efectos: mejoró la trabajabilidad del concreto, retrasó ligeramente el tiempo de fraguado y, además, se lograron resistencias a la compresión superiores al 70% en comparación con el concreto patrón (medido a los 28 días) a los 3 días, cuando se utilizó una dosis de 650 ml del aditivo superplastificante.

Esta investigación proporciona información relevante sobre el uso del aditivo superplastificante y sus efectos en las propiedades del concreto, lo que puede ser útil para mejorar la calidad y desempeño de las mezclas de concreto utilizadas en la construcción de estructuras en la ciudad de Huancayo. Sin embargo, es importante destacar que el estudio se limitó a analizar el comportamiento específico del concreto con el aditivo superplastificante en las condiciones y dosificaciones mencionadas, por lo que los resultados podrían variar en otros contextos o con distintos tipos de cemento y agregados.

Antecedente y pre proyecto de investigación 2

Título: "Aditivo superplastificante y su influencia en la consistencia y desarrollo de resistencias de concreto para $F'C=175,210,245$ kg/cm². Huancayo, 2016"

Autor: Kemmer Emely Sánchez Zárate

- Palabras clave: Aditivo superplastificante, Amasado de concreto, Asentamiento del concreto

Cita bibliográfica: Sánchez, K. (2017). Aditivo superplastificante y su influencia en la consistencia y desarrollo de resistencias de concreto para $F'_{C}=175,210,245$ kg/cm². Huancayo, 2016. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Continental, Huancayo, Perú.

En esta tesis se investiga la influencia de un aditivo superplastificante en el comportamiento del concreto, específicamente en términos de consistencia y desarrollo de resistencias, utilizando diferentes valores de resistencia nominal (F'_{C}) de 175, 210 y 245 kg/cm². El aditivo superplastificante, en este caso, se destaca por su capacidad para reducir significativamente la cantidad de agua necesaria para el amasado del concreto, lo que resulta en un aumento considerable de la resistencia mecánica y la retención del asentamiento del concreto. Además, su composición química permite modular propiedades como la consistencia y la evolución de la resistencia inicial, y se adapta de manera eficaz a diferentes tipos de cemento.

El estudio se llevó a cabo en la ciudad de Huancayo durante el año 2016. Se realizaron mezclas de concreto utilizando el aditivo superplastificante Rheobuild 1000, comparándolas con otras mezclas de la línea Rheobuild que no contenían este aditivo. Se evaluaron distintos aspectos relacionados con la consistencia del concreto y el desarrollo de resistencias, incluyendo pruebas de asentamiento y resistencia a la compresión.

Los resultados obtenidos en este estudio proporcionan información relevante sobre el efecto del aditivo superplastificante en el concreto, especialmente en términos de consistencia y resistencia mecánica. Estos hallazgos pueden ser de gran interés para la industria de la construcción, ya que la utilización adecuada de este tipo de aditivos puede mejorar significativamente

la calidad y desempeño de las mezclas de concreto en diversas aplicaciones estructurales.

Cabe mencionar que este trabajo se enmarca en el contexto específico de la ciudad de Huancayo y con valores de resistencia nominal específicos (175, 210 y 245 kg/cm²), por lo que los resultados y conclusiones deben considerarse en ese contexto particular. Además, el estudio se centró en el aditivo superplastificante Rheobuild 1000, por lo que la influencia de otros aditivos similares podría ser objeto de futuras investigaciones. La extensión y alcance del estudio se limitaron a xvi, 133, [58] páginas, y se encuentra disponible en el repositorio institucional de la Universidad Continental para su acceso abierto y consulta.

2.2. Bases teóricas – científicas

Fundamentos de las Cimentaciones y el Concreto

Tipos de cimentaciones y su importancia en la ingeniería civil.

Las cimentaciones desempeñan un papel esencial en la ingeniería civil, ya que son los componentes estructurales que transfieren las cargas de las edificaciones y estructuras al suelo subyacente de manera segura y estable. La elección del tipo de cimentación adecuado es fundamental en el diseño y construcción de cualquier proyecto de ingeniería civil, ya que garantiza la estabilidad y durabilidad a largo plazo de la estructura. En este contexto, es esencial comprender los diferentes tipos de cimentaciones y su importancia en la ingeniería civil.

Importancia de las Cimentaciones en la Ingeniería Civil:

Las cimentaciones cumplen varias funciones críticas en la ingeniería civil, entre las que se incluyen:

1. **Distribución de Cargas:** La función principal de una cimentación es distribuir las cargas de la estructura de manera uniforme sobre el suelo subyacente. Esto evita la concentración de cargas en áreas específicas, lo

que podría resultar en asentamientos desiguales y, en última instancia, en la deformación o colapso de la estructura.

2. **Estabilidad:** Las cimentaciones proporcionan estabilidad a la estructura al resistir fuerzas como el viento, el sismo y las cargas dinámicas. La elección del tipo de cimentación adecuado depende en gran medida de la ubicación geográfica y las condiciones del suelo, así como de la naturaleza de la estructura.
3. **Prevención de Asentamientos:** Un diseño de cimentación adecuado también se preocupa por minimizar los asentamientos diferenciales, es decir, las diferencias en la elevación de distintas partes de la estructura. Esto es fundamental para evitar daños estructurales y garantizar la funcionalidad de la construcción.
4. **Aislamiento de Suelos Agresivos:** En áreas donde el suelo puede contener componentes corrosivos o agresivos para el concreto o el acero, la cimentación sirve como una barrera protectora para evitar la degradación prematura de los materiales.
5. **Resistencia a la Erosión:** En regiones con alta erosión del suelo, las cimentaciones también desempeñan un papel importante al anclar la estructura al suelo y prevenir el desplazamiento causado por factores ambientales.

Tipos de Cimentaciones:

Existen varios tipos de cimentaciones utilizadas en la ingeniería civil, y la elección del tipo adecuado depende de factores como la carga de diseño, la geología del subsuelo y la ubicación de la estructura. Algunos de los tipos más comunes incluyen:

1. **Cimentación Superficial:** Este tipo de cimentación se utiliza cuando las cargas de la estructura se distribuyen en una capa de suelo relativamente superficial. Incluye cimentaciones de losa, cimentaciones de viga corrida y

cimentaciones de zapata. Son adecuadas para edificios ligeros y estructuras pequeñas.

2. **Cimentación Profunda:** Cuando las cargas deben transferirse a capas de suelo más profundas debido a su baja capacidad de carga o a la presencia de suelos inestables en la superficie, se emplean cimentaciones profundas. Esto incluye pilotes, pilotes de fricción, pilotes endentados y pilotes de camisa.
3. **Cimentación de Gravedad:** Estas cimentaciones utilizan el peso propio de la estructura y, a menudo, elementos masivos de concreto para proporcionar estabilidad. Son comunes en presas, puentes y estructuras en áreas costeras.
4. **Cimentaciones Flotantes:** Se utilizan en suelos expansivos que pueden contraerse o expandirse debido a cambios en la humedad. Las cimentaciones flotantes se diseñan para moverse con el suelo sin sufrir daños.

Composición y propiedades del concreto como material de construcción.

El concreto es un material de construcción ampliamente utilizado en la ingeniería civil y la construcción debido a su versatilidad, durabilidad y resistencia. Su composición única, que combina aglomerantes, agregados, agua y aditivos, le confiere una serie de propiedades que lo hacen ideal para una variedad de aplicaciones en la construcción. En esta sección, se explorarán en detalle la composición y las propiedades fundamentales del concreto.

Composición del Concreto:

El concreto es una mezcla homogénea de cuatro componentes principales:

1. **Aglomerante:** El componente principal del aglomerante es el cemento Portland, que es un polvo fino que, cuando se mezcla con agua, forma una

pasta que se endurece con el tiempo. Esta reacción química es conocida como hidratación y es esencial para la formación y resistencia del concreto.

2. **Agregados:** Los agregados son partículas inertes que se incorporan al concreto para mejorar su resistencia y economizar el uso de cemento. Los agregados pueden ser gruesos (grava) o finos (arena) y representan una proporción significativa del volumen total del concreto. La calidad y la gradación de los agregados influyen en gran medida en las propiedades del concreto final.
3. **Agua:** El agua es esencial en la hidratación del cemento y en la mezcla del concreto. La cantidad y la calidad del agua utilizada en la mezcla son críticas, ya que afectan la trabajabilidad, la resistencia y la durabilidad del concreto.
4. **Aditivos:** Los aditivos son sustancias químicas que se agregan al concreto en pequeñas cantidades para mejorar sus propiedades. Los superplastificantes, aceleradores de fraguado y retardadores son ejemplos de aditivos comunes utilizados para controlar la consistencia del concreto y acelerar o retrasar el tiempo de fraguado.

Propiedades del Concreto:

El concreto exhibe una serie de propiedades que lo hacen atractivo como material de construcción:

1. **Resistencia Mecánica:** El concreto es conocido por su alta resistencia a la compresión. Esto significa que puede soportar cargas pesadas y es utilizado en la construcción de estructuras como edificios, puentes y represas.
2. **Durabilidad:** El concreto es resistente a la intemperie, la corrosión y la degradación química, lo que lo convierte en un material duradero a largo plazo.
3. **Trabajabilidad:** La trabajabilidad del concreto se refiere a su capacidad para ser mezclado, transportado y colocado fácilmente en moldes o

encofrados. La trabajabilidad adecuada es esencial para garantizar una colocación precisa y uniforme en la construcción.

4. **Adherencia:** El concreto se adhiere bien a otros materiales, como el acero de refuerzo, lo que mejora su capacidad para resistir cargas y tensiones.
5. **Aislamiento Térmico y Acústico:** El concreto tiene propiedades de aislamiento térmico y acústico, lo que lo hace adecuado para aplicaciones donde se requiere control de temperatura o reducción de ruido.
6. **Versatilidad:** El concreto puede ser moldeado en una variedad de formas y tamaños, lo que lo hace adecuado para una amplia gama de aplicaciones arquitectónicas y estructurales.

Relación entre las propiedades del concreto y su aplicabilidad en cimentaciones.

La selección adecuada de las propiedades del concreto es esencial en el diseño y construcción de cimentaciones, ya que estas estructuras desempeñan un papel fundamental en la estabilidad y la integridad de edificaciones y obras civiles. La relación entre las propiedades del concreto y su aplicabilidad en cimentaciones es un aspecto crítico de la ingeniería civil, ya que cada tipo de cimentación requiere concretos específicos que cumplan con ciertos criterios para garantizar su funcionalidad y durabilidad. A continuación, se exploran las principales propiedades del concreto y cómo influyen en la aplicabilidad de las cimentaciones.

Resistencia a la Compresión:

La resistencia a la compresión es una de las propiedades más importantes del concreto en términos de aplicabilidad en cimentaciones. La capacidad del concreto para resistir cargas aplicadas en dirección hacia su eje central es crítica para garantizar la capacidad de soporte de una cimentación. Cimentaciones superficiales, como zapatas o losas, a menudo requieren

concretos de alta resistencia a la compresión debido a las cargas concentradas que deben soportar.

Durabilidad:

La durabilidad es esencial en todas las cimentaciones, pero es especialmente crítica en aquellas que están en contacto con el suelo o el agua. Un concreto duradero es resistente a la erosión, la corrosión, la degradación química y el deterioro causado por factores ambientales. Esto es crucial para la vida útil a largo plazo de la cimentación y la estructura que soporta.

Trabajabilidad:

La trabajabilidad se refiere a la facilidad con la que el concreto se puede mezclar, transportar y colocar en los encofrados. En cimentaciones, la trabajabilidad adecuada es importante para asegurar que el concreto se distribuya de manera uniforme y se complete correctamente alrededor de las armaduras de refuerzo. Las cimentaciones con geometrías complejas o áreas de difícil acceso pueden requerir concretos con trabajabilidad específica para garantizar una colocación adecuada.

Adherencia:

La adherencia del concreto se refiere a su capacidad para unirse y adherirse a otros materiales, como el acero de refuerzo. En cimentaciones, la adherencia es crucial para asegurar que el concreto transfiera eficazmente las cargas a las armaduras y evite la separación entre el concreto y el refuerzo, lo que podría debilitar la cimentación.

Resistencia a la Flexión y a la Tensión:

Aunque la compresión es la carga principal que soporta una cimentación, también es importante considerar la resistencia a la flexión y a la tensión, ya que las cimentaciones pueden estar sujetas a cargas laterales o fuerzas de tracción. Concretos con buenas propiedades de flexión y tensión son beneficiosos para mejorar la capacidad de respuesta de la cimentación frente a fuerzas externas.

Densidad:

La densidad del concreto puede influir en su aplicabilidad en cimentaciones, especialmente en áreas donde se requiere control de flotación o asentamiento. Concretos de alta densidad pueden ser necesarios en estructuras submarinas o en cimentaciones donde el peso es un factor crítico.

En resumen, la elección de las propiedades del concreto en la construcción de cimentaciones debe basarse en las condiciones específicas del sitio, las cargas de diseño y la durabilidad requerida. La comprensión de cómo estas propiedades se relacionan con las demandas estructurales y geotécnicas es esencial para asegurar el éxito y la integridad de cualquier proyecto de cimentación en la ingeniería civil.

Causas y Efectos de las Cangrejas en el Concreto

Origen y formación de las cangrejas en estructuras de concreto.

Las cangrejas, también conocidas como "crazing" o "crazing cracks," son pequeñas fisuras superficiales que se desarrollan en la capa superior del concreto endurecido. Estas fisuras son comúnmente asociadas con la apariencia de una red de grietas finas que se asemeja a la piel de un cangrejo, de ahí su nombre. Aunque las cangrejas no suelen representar un riesgo estructural grave, pueden tener consecuencias estéticas y en casos extremos, podrían afectar la durabilidad del concreto. Para comprender completamente el origen y la formación de las cangrejas, es necesario examinar varios factores involucrados:

- 1. Contracción del Concreto:** Las cangrejas se forman debido a la contracción del concreto durante su proceso de secado y curado. Cuando el concreto fresco se mezcla y se coloca en un encofrado, contiene una cantidad significativa de agua. A medida que el concreto se endurece y cura, esta agua se evapora y el concreto se contrae. La contracción provoca

tensiones internas en la capa superficial del concreto, lo que eventualmente puede dar lugar a la formación de fisuras.

2. **Restricciones Superficiales:** Las cangrejeras son más propensas a formarse cuando la contracción del concreto se encuentra con restricciones en su expansión. Estas restricciones pueden ser causadas por una variedad de factores, como la fricción entre el concreto y el encofrado, barras de refuerzo cercanas a la superficie, agregados de mayor tamaño en la mezcla, y curado inadecuado.
3. **Factores Ambientales:** Las condiciones ambientales también desempeñan un papel en la formación de cangrejeras. Las temperaturas extremas y las fluctuaciones de humedad pueden acelerar la contracción y el secado del concreto, aumentando la probabilidad de cangrejeras. Además, la exposición a ciclos de congelación y descongelación en climas fríos puede empeorar la situación, ya que el agua atrapada en las fisuras puede expandirse y agrandar las grietas.
4. **Relación Agua-Cemento:** La relación agua-cemento en la mezcla de concreto también influye en la formación de cangrejeras. Mezclas de concreto con una relación agua-cemento más alta tienden a tener más agua disponible para la evaporación, lo que puede aumentar las tensiones internas y la probabilidad de formación de fisuras superficiales.
5. **Tipo de Cura:** El proceso de curado del concreto después de su colocación es crucial para minimizar la formación de cangrejeras. Un curado adecuado, que involucre la aplicación de agua o compuestos de curado, puede mantener la superficie del concreto húmeda durante más tiempo, reduciendo así la contracción y la formación de fisuras.

Impacto de las cangrejeras en la durabilidad y resistencia del concreto.

Las cangrejas, esas pequeñas fisuras superficiales que se asemejan a una red de grietas en la superficie del concreto, pueden tener un impacto significativo en la durabilidad y resistencia del material. Aunque generalmente no representan un riesgo estructural grave, es importante entender cómo estas fisuras afectan al concreto a lo largo del tiempo y cómo pueden influir en su vida útil y capacidad de resistencia.

1. Reducción de la Durabilidad:

Las cangrejas pueden comprometer la durabilidad del concreto al proporcionar vías de entrada para la humedad, los contaminantes y agentes agresivos. El agua y las sustancias químicas pueden infiltrarse a través de estas fisuras, lo que puede dar lugar a una serie de problemas, incluyendo:

- **Corrosión del Acero de Refuerzo:** Si las cangrejas permiten que el agua y los agentes corrosivos alcancen el acero de refuerzo, esto puede acelerar la corrosión del acero, debilitando la estructura y causando expansión y agrietamiento adicionales.
- **Degradación Química:** La entrada de sustancias químicas puede dañar la matriz de concreto, debilitándola y reduciendo su resistencia a largo plazo.
- **Congelación y Descongelación:** En climas fríos, el agua que penetra en las cangrejas puede congelarse y expandirse durante el ciclo de congelación y descongelación, ampliando las fisuras y debilitando aún más el concreto.

2. Disminución de la Resistencia a la Compresión:

Aunque las cangrejas suelen ser superficiales y no afectan significativamente la capacidad de carga del concreto en términos de resistencia a la compresión, pueden disminuir ligeramente la resistencia de la capa superficial del concreto. Esto es especialmente importante en cimentaciones donde la resistencia a la compresión es crítica. Sin embargo,

en la mayoría de los casos, el concreto debajo de la superficie afectada por las cangrejas mantiene su resistencia estructural.

3. Impacto Estético:

Aunque no afectan directamente la durabilidad o la resistencia, las cangrejas pueden ser consideradas antiestéticas en proyectos de construcción que requieren una apariencia visual limpia y uniforme. Esto puede ser un problema en estructuras de concreto que se encuentran en áreas visibles o en proyectos donde la estética es importante.

4. Mantenimiento y Costos Adicionales:

La presencia de cangrejas puede requerir un mayor mantenimiento en el futuro. Esto incluye la necesidad de sellar o reparar las fisuras para prevenir la infiltración de agua y la corrosión. Los costos asociados con este mantenimiento pueden aumentar los gastos operativos a lo largo del ciclo de vida de la estructura.

En resumen, aunque las cangrejas por sí mismas no suelen representar un riesgo estructural crítico, tienen un impacto negativo en la durabilidad y resistencia del concreto a lo largo del tiempo. Pueden facilitar la entrada de humedad, contaminantes y agentes corrosivos, lo que puede debilitar la estructura y requerir costosos trabajos de mantenimiento. Por lo tanto, es importante prevenir la formación de cangrejas cuando sea posible y abordarlas adecuadamente cuando aparecen para mantener la integridad a largo plazo de las estructuras de concreto.

Evaluación de las cangrejas como defectos estructurales.

Las cangrejas, esas pequeñas fisuras superficiales en el concreto que se asemejan a una red de grietas, plantean la cuestión de si deben considerarse como defectos estructurales en las estructuras de concreto. La evaluación de las cangrejas como defectos estructurales es un tema importante en la ingeniería civil, ya que puede tener implicaciones para la seguridad, la

durabilidad y la apariencia de una estructura. A continuación, se analiza en detalle cómo se evalúan las cangrejas en términos de su impacto en la integridad estructural:

1. Tamaño y Extensión:

Uno de los factores clave para evaluar las cangrejas es su tamaño y extensión. Las cangrejas suelen ser fisuras superficiales y delgadas, con una profundidad limitada en la capa superficial del concreto. El tamaño y la longitud de estas fisuras pueden variar significativamente, desde pequeñas y superficiales hasta más grandes y profundas. La magnitud de las cangrejas es un factor importante en la evaluación de su impacto en la estructura.

2. Ubicación y Densidad:

La ubicación de las cangrejas en la estructura también es relevante. Si las cangrejas se encuentran en áreas críticas o cerca de elementos estructurales clave, su impacto potencial es mayor. Además, la densidad de las cangrejas en una determinada área puede afectar la evaluación. Una alta densidad de cangrejas puede indicar un problema más serio que una ocurrencia aislada.

3. Evaluación Geotécnica:

Para determinar si las cangrejas representan un defecto estructural que podría comprometer la integridad de la cimentación, se realiza una evaluación geotécnica del suelo y de las condiciones del subsuelo. Esto implica investigar la capacidad portante del suelo y su capacidad para soportar las cargas aplicadas por la estructura. Si el suelo es adecuadamente resistente y no muestra signos de debilidad significativa, las cangrejas superficiales pueden no ser tan preocupantes desde una perspectiva estructural.

4. Evaluación de Cargas y Carga de Diseño:

Se debe considerar la carga de diseño de la estructura y las tensiones inducidas en el concreto como resultado de estas cargas. Si las cangrejeras están en áreas que experimentan tensiones significativas debido a las cargas de diseño, su impacto en la integridad estructural debe evaluarse con mayor atención.

5. Monitoreo a lo largo del Tiempo:

En algunos casos, se puede optar por el monitoreo continuo de las cangrejeras a lo largo del tiempo para evaluar su comportamiento. Esto puede implicar la medición de la expansión de las fisuras y su relación con las cargas aplicadas. Si las cangrejeras no muestran un crecimiento significativo y no se desarrollan problemas adicionales en la estructura, pueden considerarse aceptables desde una perspectiva de integridad estructural.

Trabajabilidad del Concreto y su Importancia en Cimentaciones

Definición de trabajabilidad del concreto y factores que la afectan.

La trabajabilidad del concreto es una propiedad fundamental que se refiere a la facilidad con la que el concreto fresco puede ser mezclado, transportado, colocado y compactado en su lugar sin segregación ni excesiva resistencia al flujo. Es esencial para garantizar una construcción eficiente y la obtención de una estructura de concreto con las propiedades deseables. La trabajabilidad es una característica crítica que depende de varios factores clave y se define en función de la naturaleza del concreto fresco y su capacidad para ser manejado de manera efectiva. A continuación, se exploran en detalle la definición de trabajabilidad del concreto y los factores que la afectan:

Definición de Trabajabilidad del Concreto:

La trabajabilidad del concreto se refiere a su capacidad para ser:

1. **Mezclado:** El concreto debe poder combinarse de manera uniforme sin segregación de sus componentes (cemento, agregados, agua y aditivos).

Un concreto con buena trabajabilidad permite que los ingredientes se mezclen de manera homogénea.

2. **Transportado:** Debe ser lo suficientemente fluido para fluir a través de tuberías, mangueras o tolvas sin obstrucciones significativas ni pérdida de consistencia.
3. **Colocado:** Debe ser lo suficientemente manejable para ser vertido y colocado en el encofrado o molde de manera uniforme y sin problemas. Esto es crucial para asegurar una distribución uniforme del concreto y evitar la formación de bolsas de aire o segregación.
4. **Compactado:** Debe permitir la compactación adecuada para eliminar el aire atrapado y garantizar una densidad óptima del concreto endurecido. La compactación es esencial para lograr la resistencia y durabilidad adecuadas.

Factores que Afectan la Trabajabilidad del Concreto:

La trabajabilidad del concreto está influenciada por una serie de factores interrelacionados:

1. **Relación Agua-Cemento (a/c):** La relación agua-cemento en la mezcla es uno de los factores más críticos que afecta la trabajabilidad. Un a/c más alto tiende a hacer que el concreto sea más fluido pero puede comprometer la resistencia y durabilidad si es excesivo.
2. **Tipo y Cantidad de Agregados:** Los agregados, como la grava y la arena, afectan la trabajabilidad. Los agregados más finos tienden a hacer que el concreto sea más trabajable, mientras que los agregados más gruesos pueden reducir la trabajabilidad.
3. **Aditivos y Adiciones:** El uso de aditivos, como superplastificantes o retardadores, puede ajustar la trabajabilidad según sea necesario. Los aditivos pueden mejorar la fluidez y la manejabilidad del concreto.

4. **Temperatura y Humedad:** Las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad, también pueden influir en la trabajabilidad. El concreto puede volverse menos trabajable en climas cálidos y secos debido a la pérdida rápida de agua.
5. **Tiempo de Mezclado y Transporte:** El tiempo durante el cual el concreto se mantiene en movimiento antes de su colocación puede afectar la trabajabilidad. Un tiempo de mezclado o transporte prolongado puede reducir la trabajabilidad debido a la evaporación del agua y la pérdida de consistencia.
6. **Tamaño del Encofrado o Molde:** El diseño y tamaño del encofrado o molde donde se coloca el concreto también pueden afectar la trabajabilidad. Un encofrado bien diseñado facilita la colocación y compactación adecuadas.

Relación entre la trabajabilidad y la colocación adecuada de aceros de refuerzo.

La relación entre la trabajabilidad del concreto y la colocación adecuada de aceros de refuerzo es fundamental en la construcción de estructuras de concreto armado. Ambos aspectos están intrínsecamente relacionados y tienen un impacto significativo en la integridad y el rendimiento de la estructura. La trabajabilidad del concreto se refiere a su capacidad para ser mezclado, transportado, colocado y compactado eficazmente, mientras que la colocación adecuada de aceros de refuerzo implica posicionar las barras de refuerzo de manera precisa y uniforme dentro del encofrado antes de verter el concreto. A continuación, se explora en detalle la relación entre estos dos elementos cruciales en la construcción de estructuras de concreto armado:

1. Colocación de Armaduras de Refuerzo:

La colocación adecuada de las barras de refuerzo es esencial para la resistencia y la durabilidad de la estructura. Las barras de refuerzo están diseñadas para resistir las tensiones y cargas aplicadas a la estructura,

como la tracción, la compresión y el corte. Para que las barras de refuerzo cumplan su función, deben colocarse de manera precisa de acuerdo con el diseño estructural. Esto implica:

- **Espaciado y Cobertura:** El espaciado entre las barras de refuerzo y la cobertura de concreto sobre ellas deben cumplir con las especificaciones del diseño para garantizar la protección contra la corrosión y la resistencia requerida.
- **Longitud y Solape:** Las barras de refuerzo deben extenderse más allá de las áreas de carga crítica y deben empalmarse adecuadamente para garantizar la continuidad de la resistencia.
- **Posición Vertical y Horizontal:** Las barras de refuerzo deben mantenerse en posición vertical y horizontal de acuerdo con las especificaciones del diseño para garantizar que resistan las fuerzas adecuadamente.

2. Influencia de la Trabajabilidad en la Colocación de Refuerzo:

La trabajabilidad del concreto desempeña un papel crítico en la colocación adecuada de las barras de refuerzo. Si el concreto no tiene la trabajabilidad adecuada, puede ser difícil colocar las barras de refuerzo de manera precisa y uniforme dentro del encofrado. Aquí hay algunas formas en que la trabajabilidad afecta la colocación de refuerzo:

- **Facilita la Posicionamiento:** Un concreto con buena trabajabilidad es más fluido y manejable, lo que facilita el posicionamiento de las barras de refuerzo en las ubicaciones deseadas dentro del encofrado.
- **Reduce la Tendencia a la Segregación:** La segregación del concreto, que es la separación de los componentes, puede ocurrir si la trabajabilidad es insuficiente. Esto puede afectar negativamente la colocación precisa de las barras de refuerzo.

- **Facilita la Compactación:** La compactación adecuada alrededor de las barras de refuerzo es esencial para eliminar el aire atrapado y garantizar una adhesión adecuada entre el concreto y las barras. Una buena trabajabilidad permite una compactación más efectiva.

3. Importancia del Control de la Trabajabilidad:

Para asegurar la colocación adecuada de las barras de refuerzo, es fundamental controlar y ajustar la trabajabilidad del concreto según las necesidades del proyecto. Esto puede lograrse mediante la selección adecuada de la relación agua-cemento, la gradación de los agregados y el uso de aditivos, como superplastificantes, para mejorar la trabajabilidad cuando sea necesario.

Importancia de la trabajabilidad en la prevención de cangrejas.

La trabajabilidad del concreto desempeña un papel crucial en la prevención de cangrejas en las estructuras de concreto. Las cangrejas son fisuras superficiales que pueden aparecer en la capa superior del concreto endurecido, y a menudo se originan durante el proceso de secado y curado. Una trabajabilidad adecuada del concreto es esencial para minimizar la formación de estas fisuras, ya que afecta directamente la capacidad del concreto para resistir las tensiones internas y la contracción durante el secado. A continuación, se explora en detalle la importancia de la trabajabilidad en la prevención de cangrejas:

1. Contracción del Concreto:

La contracción del concreto es uno de los principales desencadenantes de la formación de cangrejas. Cuando el concreto se seca y cura, la pérdida de agua provoca contracción volumétrica. Si el concreto no tiene la trabajabilidad adecuada, esta contracción puede generar tensiones internas significativas que aumentan la probabilidad de cangrejas. Un concreto con

buena trabajabilidad minimiza estas tensiones al permitir que el concreto se asiente y compacte de manera uniforme sin desarrollar fisuras.

2. Restricciones Superficiales:

Las cangrejeras son más propensas a formarse cuando la contracción del concreto se encuentra con restricciones en su expansión. Estas restricciones pueden ser causadas por la fricción entre el concreto y el encofrado, barras de refuerzo cercanas a la superficie o agregados de mayor tamaño en la mezcla. Una trabajabilidad adecuada del concreto permite que este fluya y se expanda para llenar adecuadamente el encofrado, reduciendo así el riesgo de cangrejeras.

3. Facilita el Curado Adecuado:

El curado adecuado del concreto es esencial para prevenir la formación de cangrejeras. Un concreto con buena trabajabilidad permite que el agua de curado sea absorbida de manera más efectiva por el concreto, lo que ayuda a mantener la superficie húmeda durante un período más prolongado. Esto evita la contracción excesiva durante el secado y reduce las posibilidades de que aparezcan cangrejeras.

4. Minimiza la Segregación:

La segregación es la separación de los componentes del concreto, como el agua, el cemento y los agregados, durante la mezcla y colocación. Una trabajabilidad adecuada del concreto minimiza la segregación al permitir que los componentes se mezclen de manera homogénea. La segregación puede contribuir a la formación de cangrejeras, ya que puede crear áreas con diferentes propiedades de contracción.

5. Control de la Humedad:

La trabajabilidad también influye en la cantidad de agua que se necesita en la mezcla de concreto. Un concreto con buena trabajabilidad a menudo requiere menos agua, lo que reduce la posibilidad de exceso de humedad

en la superficie y, por lo tanto, la probabilidad de cangrejas relacionadas con la contracción por secado.

6. Minimiza las Tensiones Superficiales:

Una mezcla con buena trabajabilidad puede colocarse y compactarse de manera uniforme, lo que minimiza las tensiones internas en la capa superficial del concreto. Estas tensiones son una de las principales causas de cangrejas, y una trabajabilidad adecuada las reduce.

Uso de Superplastificantes como Aditivos en el Concreto

Funciones y propiedades de los superplastificantes en el concreto.

Los superplastificantes, también conocidos como aditivos reductores de agua de alto rango (HRA), son componentes esenciales en la industria del concreto moderno. Estos aditivos químicos cumplen funciones críticas y poseen propiedades específicas que mejoran significativamente las características y el rendimiento del concreto. A continuación, se describen extensamente las funciones y propiedades de los superplastificantes en el concreto:

Funciones de los Superplastificantes:

- 1. Mejora de la Trabajabilidad:** Una de las funciones principales de los superplastificantes es mejorar la trabajabilidad del concreto. Esto se logra reduciendo la cantidad de agua necesaria para mantener la misma consistencia del concreto. Los superplastificantes dispersan las partículas **de cemento y agregados, permitiendo que el concreto sea más fluido y manejable**, lo que facilita su mezcla, colocación y compactación.
- 2. Reducción de la Relación Agua-Cemento (a/c):** Los superplastificantes permiten reducir la relación agua-cemento en la mezcla de concreto sin comprometer la trabajabilidad. Al disminuir la cantidad de agua, se mejora la resistencia y durabilidad del concreto resultante.
- 3. Aumento de la Resistencia:** Al reducir la cantidad de agua en la mezcla, los superplastificantes contribuyen a un concreto más denso y, en

consecuencia, a un aumento en la resistencia a la compresión del concreto endurecido.

4. **Reducción de la Permeabilidad:** Los superplastificantes pueden reducir la permeabilidad del concreto al permitir una mejor compactación. Una menor permeabilidad significa una mayor resistencia a la penetración de agua y agentes agresivos, lo que mejora la durabilidad de la estructura.
5. **Mejora de la Coherencia y Trabajabilidad a Largo Plazo:** Al mantener la trabajabilidad del concreto durante un período prolongado, los superplastificantes mejoran la coherencia y facilitan la colocación y el vibrado, lo que es particularmente útil en proyectos de gran envergadura o en climas cálidos.

Propiedades de los Superplastificantes:

1. **Reducción de la Tensión Superficial:** Los superplastificantes reducen la tensión superficial del agua en el concreto, lo que facilita la dispersión de las partículas de cemento y agregados, mejorando así la trabajabilidad.
2. **Alta Capacidad de Reducción de Agua:** Los superplastificantes tienen una alta capacidad para reducir la cantidad de agua necesaria en la mezcla de concreto, lo que permite una mayor relación a/c sin sacrificar la trabajabilidad.
3. **Compatibilidad con otros Aditivos:** Son compatibles con otros aditivos como retardadores, aceleradores y aireantes, lo que permite la personalización de las mezclas de concreto para satisfacer las necesidades específicas del proyecto.
4. **Mejora la Cohesión:** Los superplastificantes mejoran la cohesión entre las partículas de cemento y agregados, lo que resulta en una mezcla más homogénea y uniforme.
5. **Mejora la Seguridad en el Trabajo:** Al reducir la cantidad de agua en la mezcla de concreto, los superplastificantes disminuyen el riesgo de

segregación y aumentan la seguridad en el trabajo al facilitar la colocación y compactación.

Ventajas y desventajas de utilizar superplastificantes.

Los superplastificantes, también conocidos como aditivos reductores de agua de alto rango (HRA), son componentes clave en la industria del concreto y ofrecen una serie de ventajas y desventajas que deben ser consideradas cuidadosamente en la construcción de estructuras de concreto. A continuación, se exploran extensamente las ventajas y desventajas de utilizar superplastificantes:

Ventajas de Utilizar Superplastificantes:

1. **Mejora de la Trabajabilidad:** La principal ventaja de los superplastificantes es su capacidad para mejorar significativamente la trabajabilidad del concreto. Esto se traduce en una mezcla más fluida y manejable, facilitando la colocación y compactación.
2. **Reducción de la Relación Agua-Cemento (a/c):** Los superplastificantes permiten una reducción significativa en la relación agua-cemento en la mezcla sin comprometer la trabajabilidad. Esto conduce a un concreto más denso y resistente.
3. **Aumento de la Resistencia:** Al reducir la cantidad de agua en la mezcla, los superplastificantes contribuyen a un concreto más resistente a la compresión. Esto es beneficioso para proyectos que requieren altas resistencias.
4. **Mejora de la Durabilidad:** La reducción de la permeabilidad del concreto debido a los superplastificantes mejora la durabilidad al reducir la entrada de agua y agentes agresivos, lo que disminuye la probabilidad de corrosión de las barras de refuerzo.

5. **Mayor Cohesión:** Los superplastificantes mejoran la cohesión entre las partículas de cemento y agregados, lo que resulta en una mezcla más homogénea y uniforme.
6. **Facilita la Colocación en Espacios Estrechos:** En proyectos con espacios confinados o en formas complejas, los superplastificantes facilitan la colocación del concreto en áreas de difícil acceso.
7. **Reducción del Consumo de Energía:** Al mejorar la trabajabilidad, los superplastificantes pueden reducir la cantidad de energía requerida para la mezcla, el transporte y la colocación del concreto.

Desventajas de Utilizar Superplastificantes:

1. **Costo:** Los superplastificantes son aditivos químicos que pueden aumentar el costo de la mezcla de concreto, lo que puede ser una desventaja en proyectos con presupuestos ajustados.
2. **Potencial para la Segregación:** Si no se dosifican y mezclan adecuadamente, los superplastificantes pueden aumentar el riesgo de segregación de los componentes del concreto, lo que puede llevar a problemas de calidad.
3. **Requerimientos de Dosificación Precisa:** Para obtener los beneficios deseados, los superplastificantes deben dosificarse con precisión, lo que requiere un control estricto del proceso de mezcla.
4. **Compatibilidad con otros Aditivos:** La interacción de los superplastificantes con otros aditivos, como retardadores o aceleradores, puede requerir un ajuste cuidadoso de la dosificación y puede complicar la gestión de la mezcla.
5. **Requisitos de Pruebas y Calidad del Producto:** Los superplastificantes de calidad varían según el fabricante, por lo que es esencial seleccionar un producto de calidad probada y realizar pruebas adecuadas para garantizar el rendimiento deseado.

6. **Impacto Ambiental:** Algunos superplastificantes pueden tener un impacto ambiental negativo debido a sus componentes químicos. Se debe considerar la sostenibilidad en la selección de aditivos.

Aplicaciones específicas de superplastificantes en cimentaciones.

Los superplastificantes, como aditivos reductores de agua de alto rango (HRA), desempeñan un papel crucial en la mejora de las propiedades del concreto utilizado en las cimentaciones. Las cimentaciones son componentes fundamentales de cualquier estructura, ya que transfieren las cargas de la estructura al suelo subyacente. El uso de superplastificantes en cimentaciones puede proporcionar beneficios específicos y mejoras en la calidad y el rendimiento del concreto utilizado en estas aplicaciones. A continuación, se describen extensamente las aplicaciones específicas de superplastificantes en cimentaciones:

1. Cimentaciones de Alta Resistencia y Durabilidad:

En muchas cimentaciones, especialmente en proyectos de infraestructura pesada y edificios de gran altura, se requiere concreto de alta resistencia y durabilidad. Los superplastificantes permiten reducir la relación agua-cemento (a/c) sin sacrificar la trabajabilidad. Esto resulta en un concreto más denso y resistente, lo que es esencial para soportar cargas significativas y resistir las condiciones ambientales adversas.

2. Cimentaciones con Requisitos de Trabajabilidad Específicos:

En cimentaciones que presentan desafíos de acceso o áreas confinadas, como pilotes, pilares y cimientos de maquinaria, la trabajabilidad adecuada es esencial. Los superplastificantes facilitan la colocación del concreto en espacios estrechos y formas complicadas, mejorando la eficiencia de la construcción.

3. Cimentaciones con Altas Demandas de Control de la Contracción:

En cimentaciones sujetas a contracción significativa durante el secado y el curado, los superplastificantes son beneficiosos. Reducen la cantidad de agua en la mezcla, minimizando así las tensiones internas y ayudando a prevenir la formación de fisuras superficiales, como las cangrejeras.

4. Cimentaciones Sujetas a Cargas Dinámicas o Vibración:

En cimentaciones expuestas a cargas dinámicas, como puentes, carreteras y estructuras sometidas a vibración constante, los superplastificantes mejoran la cohesión y la resistencia del concreto. Esto contribuye a la capacidad del concreto para resistir las tensiones generadas por las vibraciones y las cargas cíclicas.

5. Cimentaciones con Requisitos de Reducción de Permeabilidad:

En cimentaciones donde la permeabilidad es una preocupación, como en proyectos cercanos al agua o en entornos agresivos, los superplastificantes pueden ayudar a reducir la permeabilidad del concreto. Esto protege contra la infiltración de agua y agentes corrosivos, prolongando la vida útil de la cimentación.

6. Cimentaciones con Necesidades de Curado Eficiente:

Un curado adecuado es esencial para la durabilidad del concreto en cimentaciones. Los superplastificantes mejoran la capacidad de retención de agua del concreto, lo que facilita un curado eficiente y prolongado. Esto es particularmente útil en regiones con climas cálidos y secos.

7. Cimentaciones de Gran Envergadura:

En proyectos de cimentaciones masivas, como represas, plantas de energía y rascacielos, donde se requieren grandes volúmenes de concreto, los superplastificantes ayudan a mantener la trabajabilidad del concreto durante períodos prolongados, lo que facilita la logística de vertido y colocación.

Metodologías para la Dosificación y Aplicación de Superplastificantes

Métodos para calcular la dosificación óptima de superplastificantes.

La dosificación adecuada de superplastificantes es esencial para lograr los beneficios deseados en el concreto, como la mejora de la trabajabilidad y la reducción de la relación agua-cemento (a/c) sin comprometer la calidad. Calcular la dosificación óptima de superplastificantes es un proceso crítico que implica equilibrar la trabajabilidad requerida con la cantidad de aditivo necesaria. A continuación, se describen extensamente algunos de los métodos más comunes para calcular la dosificación óptima de superplastificantes:

1. Método de Prueba y Error:

Este enfoque implica realizar una serie de pruebas de laboratorio o ensayos en el sitio para determinar la cantidad óptima de superplastificante. Se ajusta gradualmente la dosificación hasta lograr la trabajabilidad deseada y la relación a/c adecuada. Aunque este método puede ser efectivo, puede ser costoso y requerir tiempo.

2. Método de Carta de Trabajo (Workability Chart):

Las cartas de trabajo son herramientas gráficas que relacionan la trabajabilidad requerida del concreto con la dosificación de superplastificante necesaria. Estas cartas se basan en datos de laboratorio y especificaciones del producto. Para usar este método, se determina la trabajabilidad deseada y se traza una línea hasta la curva correspondiente en la carta, lo que proporciona la dosificación necesaria.

3. Método de Prueba de Mini-Cono de Abrams:

Este método involucra la realización de una prueba de mini-cono de Abrams, en la que se mide la fluidez del concreto en función de la cantidad de superplastificante agregado. Se realiza una serie de pruebas con

diferentes dosificaciones hasta que se alcanza la fluidez deseada. Aunque es más rápido que el método de prueba y error, aún implica pruebas de laboratorio.

4. Método de Relación Cemento-Aditivo:

En este enfoque, se calcula la dosificación óptima de superplastificante en función de la cantidad de cemento en la mezcla. Se determina una relación cemento-aditivo específica que se adapta a las necesidades del proyecto y se aplica en consecuencia. Este método es especialmente útil para proyectos con especificaciones de mezcla bien definidas.

5. Método de Referencia a Normas y Guías Técnicas:

Las normas y guías técnicas en la industria del concreto a menudo proporcionan pautas específicas para la dosificación de superplastificantes en diferentes tipos de mezclas y aplicaciones. Siguiendo estas normativas, se puede calcular la dosificación óptima en función de las condiciones del proyecto.

6. Software de Dosificación:

En la actualidad, existen software especializados que pueden calcular la dosificación óptima de superplastificantes en función de los parámetros específicos del proyecto, como la resistencia requerida, la trabajabilidad deseada y las condiciones ambientales. Estos programas pueden ser una herramienta eficiente y precisa para los ingenieros y técnicos de concreto.

7. Consulta con el Fabricante:

En muchos casos, el fabricante del superplastificante puede proporcionar recomendaciones específicas para la dosificación en función de las condiciones del proyecto y las características del aditivo. Los fabricantes a menudo realizan pruebas y ofrecen asistencia técnica para garantizar un uso efectivo de sus productos.

Técnicas y procedimientos para la incorporación efectiva de superplastificantes en el concreto.

La efectiva incorporación de superplastificantes en el concreto es esencial para garantizar que los beneficios de estos aditivos se logren de manera óptima. Los superplastificantes mejoran la trabajabilidad y la resistencia del concreto, pero su correcta aplicación es crucial para maximizar su eficacia. A continuación, se describen extensamente algunas técnicas y procedimientos comunes para la incorporación efectiva de superplastificantes en el concreto:

1. Dosificación y Mezcla Precisas:

Antes de comenzar la mezcla de concreto, es esencial calcular y dosificar con precisión la cantidad de superplastificante requerida. Esto se basa en los requisitos del proyecto, la resistencia deseada y la trabajabilidad necesaria. La dosificación precisa se logra mediante una medición meticulosa del aditivo, utilizando equipos de medición adecuados.

2. Secuencia de Adición:

La secuencia de adición es importante para garantizar una distribución uniforme del superplastificante en la mezcla. Por lo general, se recomienda agregar el superplastificante después de que los otros componentes del concreto, como el cemento, los agregados y el agua, estén completamente mezclados. Esto asegura que el aditivo se distribuya de manera uniforme en toda la mezcla.

3. Mezcla Prolongada:

El concreto debe mezclarse durante un período prolongado para permitir que el superplastificante se mezcle de manera eficaz con los otros componentes. Esto puede requerir una mezcla más larga de lo habitual para asegurar que el aditivo esté bien disperso y que no queden áreas de concentración excesiva.

4. Evitar la Sobre-Mezcla:

Aunque es importante mezclar el concreto lo suficiente, también es esencial evitar la sobre-mezcla, ya que esto puede reducir la efectividad del superplastificante. La sobre-mezcla puede generar aireación excesiva y aumentar la temperatura del concreto, lo que podría afectar negativamente la trabajabilidad.

5. Control de la Temperatura:

La temperatura del concreto y del agua de mezcla debe ser monitoreada y controlada. El aumento de la temperatura puede acelerar la reacción del superplastificante, lo que puede reducir su eficacia. En climas cálidos, es común enfriar el agua de mezcla para evitar esto.

6. Uso de Aditivos Compatibles:

Los superplastificantes pueden interactuar con otros aditivos en el concreto, como retardadores o aceleradores. Es importante seleccionar aditivos compatibles y seguir las recomendaciones del fabricante para evitar problemas de incompatibilidad.

7. Aplicación en el Sitio:

En proyectos de construcción, el superplastificante se agrega generalmente en la planta de concreto o en el sitio de construcción, según las necesidades. Es importante tener un procedimiento establecido para la incorporación uniforme del aditivo en la mezcla.

8. Monitoreo y Pruebas de Trabajo:

Se deben realizar pruebas de trabajo en el sitio para asegurarse de que la mezcla cumpla con los requisitos de trabajabilidad y resistencia. Esto puede incluir pruebas de asentamiento, pruebas de compresión y otras evaluaciones para verificar que los resultados estén en línea con las especificaciones del proyecto.

9. Registro de Datos:

Es importante mantener registros detallados de la dosificación, la secuencia de adición, la duración de la mezcla y los resultados de las pruebas. Esto proporciona un registro completo de la incorporación de superplastificantes y facilita la solución de problemas en caso de que surjan problemas en el proceso.

Consideraciones prácticas en la dosificación y aplicación.

La dosificación y aplicación de superplastificantes en la producción de concreto son procesos críticos que requieren atención meticulosa a los detalles para asegurar resultados óptimos. Considerar aspectos prácticos es fundamental para garantizar que el concreto cumpla con los requisitos de trabajabilidad, resistencia y durabilidad del proyecto. A continuación, se describen extensamente algunas consideraciones prácticas clave en la dosificación y aplicación de superplastificantes:

1. Condiciones del Proyecto:

Las condiciones específicas del proyecto tienen un impacto significativo en la dosificación y aplicación de superplastificantes. Esto incluye factores como la temperatura ambiental, la humedad relativa, la velocidad del viento y la exposición al sol. Por ejemplo, en climas cálidos, puede ser necesario ajustar la dosificación para evitar una reacción prematura del aditivo debido al calor.

2. Dosificación Adecuada:

La dosificación precisa del superplastificante es esencial. Esto se basa en los objetivos del proyecto, como la trabajabilidad deseada y la relación agua-cemento (a/c) requerida. La cantidad de aditivo debe medirse con precisión y agregarse en el momento adecuado durante la mezcla.

3. Selección del Tipo de Superplastificante:

Existen diferentes tipos de superplastificantes disponibles en el mercado, como los basados en sulfonatos o policarboxilatos. La elección

del tipo de aditivo debe basarse en las características específicas del proyecto y las condiciones de la mezcla. Por ejemplo, los superplastificantes de policarboxilato son adecuados para mezclas de alta resistencia y durabilidad.

4. Compatibilidad con Otros Aditivos:

Si se utilizan otros aditivos, como retardadores o aceleradores, es importante asegurarse de que sean compatibles con el superplastificante. La interacción entre aditivos puede afectar la eficacia y la trabajabilidad del concreto.

5. Control de la Mezcla:

El proceso de mezcla debe ser controlado cuidadosamente para garantizar una distribución uniforme del superplastificante en la mezcla. La duración y la velocidad de la mezcla son factores importantes. Una mezcla demasiado larga o rápida puede afectar negativamente la eficacia del aditivo.

6. Pruebas en el Sitio:

Se deben realizar pruebas en el sitio para evaluar la trabajabilidad y otras propiedades del concreto. Esto incluye pruebas de asentamiento, pruebas de compresión y evaluación de la resistencia a la segregación. Estas pruebas ayudan a verificar que el concreto cumple con las especificaciones del proyecto.

7. Almacenamiento y Manipulación del Aditivo:

El almacenamiento adecuado del superplastificante es esencial para mantener su eficacia. Debe mantenerse en un lugar fresco y seco, lejos de la luz solar directa y la humedad. Además, debe seguirse una manipulación segura y adecuada de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

8. Capacitación del Personal:

El personal involucrado en la dosificación y aplicación de superplastificantes debe recibir capacitación adecuada. Esto garantiza que comprendan los procedimientos y las consideraciones específicas del aditivo y puedan llevar a cabo las operaciones de manera efectiva.

9. Registros y Documentación:

Es fundamental mantener registros detallados de la dosificación, la aplicación y los resultados de las pruebas. Estos registros son útiles para rastrear la calidad del concreto, solucionar problemas si surgen y para futuras referencias.

10. Colaboración con el Fabricante:

La colaboración con el fabricante del superplastificante puede proporcionar orientación y asistencia valiosa. Los fabricantes suelen ofrecer soporte técnico y pueden ayudar en la selección del producto adecuado y la dosificación.

Marco Normativo y Regulaciones para el Uso de Superplastificantes en Construcción

Normativas y estándares relevantes para el uso de superplastificantes en construcción.

El uso de superplastificantes en la industria de la construcción está sujeto a normativas y estándares que garantizan la seguridad, calidad y durabilidad de las estructuras de concreto. Estos documentos proporcionan pautas específicas para la dosificación, aplicación y control de superplastificantes en proyectos de construcción. A continuación, describiremos extensamente algunas de las normativas y estándares más relevantes en este contexto:

1. ASTM C494 - Norma de la Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales (ASTM) para Aditivos Químicos para Concreto:

Esta norma establece los requisitos y métodos de prueba para una variedad de aditivos químicos utilizados en el concreto, incluidos los superplastificantes. Define las clases de superplastificantes, como los de tipo A (basados en lignosulfonatos), los de tipo D (basados en naftaleno) y los de tipo F (basados en policarboxilatos), y establece requisitos específicos para cada uno.

2. ACI 212.3R-16 - Guía de la American Concrete Institute (ACI) para Superplastificantes en Concreto:

Esta guía proporciona información detallada sobre el uso de superplastificantes en concreto y sus efectos en la trabajabilidad, la resistencia y la durabilidad. Ofrece recomendaciones sobre la dosificación, la compatibilidad con otros aditivos y las pruebas de desempeño.

3. Eurocódigo 2 - Diseño de Estructuras de Concreto:

El Eurocódigo 2 es una normativa europea que establece los requisitos para el diseño y la ejecución de estructuras de concreto. Incluye directrices para el uso de aditivos en concreto, incluidos los superplastificantes, y establece requisitos para la dosificación y aplicación segura.

4. Directrices del Fabricante:

Las directrices proporcionadas por el fabricante del superplastificante son fundamentales para garantizar un uso seguro y efectivo del producto. Estas directrices incluyen recomendaciones específicas de dosificación, instrucciones de manejo y almacenamiento, así como información sobre la compatibilidad con otros materiales y aditivos.

2.3. Definición de términos básicos

- Cimentaciones: Son estructuras que se utilizan para transmitir las cargas de una edificación al suelo de manera segura y estable.
- Concreto: Es un material compuesto por cemento, agregados (arena, grava) y agua, que al fraguar y endurecer forma una masa sólida y resistente.

- Trabajabilidad del Concreto: Es la capacidad del concreto para ser mezclado, transportado, colocado y compactado fácilmente durante su proceso de construcción.
- Superplastificantes: Son aditivos químicos que se agregan al concreto para mejorar su trabajabilidad sin afectar negativamente su resistencia y durabilidad.
- Cangrejeras: Son grietas finas y no uniformes que se forman en el concreto durante el proceso de fraguado y endurecimiento, generalmente debido a problemas en la colocación y distribución del concreto.
- Asentamiento del Concreto: Es la medida de la deformación vertical que experimenta el concreto fresco debido a su propio peso y la presencia de aire atrapado.
- Resistencia Mecánica: Es la capacidad del concreto endurecido para soportar cargas y fuerzas sin fracturarse o ceder de manera significativa.
- Relación Agua-Cemento: Es la proporción entre la cantidad de agua y la cantidad de cemento utilizada en la mezcla de concreto. Una relación adecuada es crucial para lograr la resistencia y trabajabilidad deseadas.
- Densidad de Aceros de Refuerzo: Se refiere a la cantidad y distribución de barras de acero colocadas en las cimentaciones para reforzar el concreto y aumentar su capacidad de carga.
- Fraguado: Es el proceso de endurecimiento inicial del concreto después de ser mezclado con agua, durante el cual comienza a adquirir resistencia.
- Dosificación de Aditivos: Es la cantidad precisa de superplastificantes u otros aditivos que se agregan al concreto, determinada para alcanzar las propiedades deseadas.
- Segregación: Es la separación de los componentes del concreto fresco, como el cemento y los agregados, durante el proceso de mezcla y colocación.

- Durabilidad del Concreto: Se refiere a la capacidad del concreto para resistir las condiciones ambientales y cargas a lo largo del tiempo sin degradarse significativamente.
- Pruebas de Ensayo: Son procedimientos estandarizados utilizados para evaluar las propiedades y características del concreto, como resistencia a la compresión, trabajabilidad y densidad.
- Normas y Regulaciones: Son pautas y estándares establecidos por organismos de construcción para garantizar la calidad y seguridad de las estructuras de concreto en proyectos de ingeniería civil.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La incorporación de superplastificantes como aditivos en el concreto de las cimentaciones del nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco permitirá mejorar significativamente la trabajabilidad del material y reducir la formación de cangrejas.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Existe una relación significativa entre la alta densidad de aceros de refuerzo presentes en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco y la formación de cangrejas en el concreto.
- La falta de trabajabilidad del concreto en las cimentaciones del terminal terrestre afecta negativamente la correcta ubicación y distribución de los aceros de refuerzo, lo que contribuye a la aparición de cangrejas.
- La presencia de cangrejas en el concreto del nuevo terminal terrestre puede tener efectos adversos en la calidad y resistencia del material, comprometiendo la integridad estructural de la obra.

- La incorporación de superplastificantes como aditivos en el concreto puede mejorar significativamente la trabajabilidad del material, facilitando la colocación y distribución del mismo en las cimentaciones.
- La dosificación óptima de superplastificantes en el concreto puede lograr una adecuada trabajabilidad sin sacrificar la resistencia y durabilidad requeridas para las cimentaciones del nuevo terminal terrestre.
- Mediante la aplicación de técnicas y procedimientos adecuados, es posible asegurar la eficacia de los superplastificantes para mejorar la trabajabilidad y reducir la formación de cangrejas en el concreto del terminal terrestre de Cerro de Pasco.

2.5. Identificación de variables

Variable independiente

Las variables independientes son:

- Uso de superplastificantes como aditivos en el concreto.
- Alta densidad de aceros de refuerzo en las cimentaciones.
- Técnicas para mejorar la trabajabilidad del concreto.
- Técnicas para reducir la formación de cangrejas en el concreto.
- Dosificación de superplastificantes en las mezclas de concreto.
- Técnicas y procedimientos de aplicación de los superplastificantes.

Variable dependiente

La variable dependiente es:

- Comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido:
 - o Trabajabilidad del concreto.
 - o Formación de cangrejas en las cimentaciones.
 - o Resistencia mecánica del concreto.

Variable interviniente

Las variables intervinientes son aquellas que pueden afectar la relación entre las variables independientes y la variable dependiente, pero que no son objeto directo de estudio en la investigación. En este caso, las variables intervinientes son:

- Humedad y temperatura ambiente durante el proceso de colocación y fraguado del concreto.
- Habilidades y técnicas del equipo de construcción en la adecuada colocación y compactación del concreto.
- Calidad y características del cemento utilizado en la mezcla.
- Nivel de compactación y preparación del suelo sobre el cual se construirán las cimentaciones.
- Condiciones de transporte y almacenamiento de los materiales utilizados en el concreto, como agregados y aditivos.
- Nivel de control de calidad y supervisión durante la construcción del nuevo terminal terrestre.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1. Definición Operacional de variable e indicadores (Fuente: Propio)

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Variable Independiente					
Uso de superplastificantes como aditivos en el concreto	Incorporación de aditivos superplastificantes en las mezclas de concreto para mejorar la trabajabilidad y reducir cangrejeras.	- Presencia y cantidad de superplastificantes utilizados en cada mezcla de concreto.	Tipo y dosificación del superplastificante.	- Cantidad de superplastificante (ml/kg de cemento) en cada muestra de concreto.	Escala numérica (ml/kg de cemento)
Alta densidad de aceros de refuerzo en las cimentaciones	Concentración elevada de barras de acero de refuerzo en las	- Número de barras de acero de refuerzo por metro cúbico de concreto.	- Cantidad de acero de refuerzo (número de barras) por	Escala numérica (número de barras)	

	cimentaciones del terminal terrestre.		metro cúbico de concreto.		
Técnicas para mejorar la trabajabilidad del concreto	Procedimientos y prácticas utilizadas para mejorar la fluidez y manejabilidad del concreto fresco.	- Métodos empleados para mejorar la trabajabilidad del concreto.	Tipo de técnica utilizada para mejorar la trabajabilidad.	- Técnica aplicada (por ejemplo, vibrado, aditivos, ajuste en la dosificación, etc.).	Escala nominal
Técnicas para reducir la formación de cangrejeras en el concreto	Métodos utilizados para minimizar la aparición de cangrejeras en el concreto endurecido.	- Estrategias y prácticas implementadas para reducir las cangrejeras.	Tipo de técnica aplicada para evitar la formación de cangrejeras.	- Tipo de técnica empleada (por ejemplo, control de la densidad de acero, reducción del tiempo de fraguado, ajuste de la relación agua/cemento, etc.).	Escala nominal
Dosificación de superplastificante antes en las mezclas de concreto	Cantidad de aditivo superplastificante agregado en relación con la cantidad de cemento en las mezclas.	- Proporción de superplastificante (ml) por cada 100 kg de cemento en las mezclas de concreto.	Proporción de aditivo en cada muestra de concreto.	- Porcentaje de superplastificante en relación con la cantidad de cemento (ml/100 kg de cemento).	Escala porcentual (%)
Técnicas y procedimientos de aplicación de los superplastificantes	Métodos y prácticas empleadas para añadir el superplastificante a la mezcla de concreto.	- Proceso y pasos utilizados para incorporar el superplastificante en el concreto.	- Método y etapas de aplicación del superplastificante.	- Procedimiento de aplicación (por ejemplo, mezcla manual, mezcladora, secuencia de agregado, tiempo de mezclado, etc.).	Escala nominal
Variable Dependiente					
Comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido	Características del concreto tanto en su estado fresco como endurecido.	- Propiedades físicas y mecánicas del concreto fresco y endurecido.	- Trabajabilidad del concreto (medida por el asentamiento del cono y fluidez).	- Asentamiento del cono (en cm) y fluidez del concreto fresco.	Escala numérica (cm)
Formación de cangrejeras en	Aparición de grietas finas y no uniformes	- Presencia y cantidad de cangrejeras	Cantidad y distribución de	- Número y longitud de cangrejeras	Escala numérica

las cimentaciones	en el concreto durante el proceso de fraguado y endurecimiento.	observadas en las muestras de concreto endurecido.	cangrejeras en cada muestra de concreto.	por unidad de área (por ejemplo, por metro cuadrado) en las muestras de concreto endurecido.	(número o longitud)
Resistencia mecánica del concreto	Capacidad del concreto para soportar cargas y fuerzas sin sufrir deformaciones excesivas o fracturas.	- Resistencia a la compresión del concreto endurecido.	Capacidad del concreto para soportar carga en un tiempo determinado.	- Resistencia a la compresión del concreto (medida en kg/cm ²) a diferentes edades (por ejemplo, 7 días, 28 días).	Escala numérica (kg/cm ²)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación para el proyecto descrito es de naturaleza aplicada y se enmarca dentro del enfoque cuantitativo. Esta investigación aplicada busca abordar un problema concreto y proporcionar soluciones prácticas y aplicables en el contexto de la construcción del nuevo terminal terrestre en la Ciudad de Cerro de Pasco.

El enfoque cuantitativo implica la recopilación y análisis de datos numéricos y estadísticos para establecer relaciones y patrones entre las variables involucradas en el estudio. En este caso, se emplearían métodos cuantitativos para evaluar la trabajabilidad del concreto, medir la resistencia mecánica y cuantificar la formación de cangrejas, entre otros aspectos relacionados con la influencia de los superplastificantes y la alta densidad de aceros de refuerzo en las cimentaciones.

Al utilizar este tipo de investigación, se busca obtener resultados objetivos y generalizables, lo que permitirá fundamentar recomendaciones y conclusiones basadas en datos concretos. La combinación de la naturaleza

aplicada y el enfoque cuantitativo brindará respuestas concretas a los objetivos planteados y ofrecerá información valiosa para la mejora de las cimentaciones en el nuevo terminal terrestre.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación para el proyecto descrito es de nivel exploratorio. El enfoque exploratorio se utiliza cuando el problema de investigación es poco conocido o no ha sido abordado previamente de manera exhaustiva. En este caso, el estudio busca analizar y comprender la relación entre la alta densidad de aceros de refuerzo y la formación de cangrejeras en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre, así como evaluar cómo la falta de trabajabilidad del concreto afecta la correcta ubicación y distribución de los aceros.

También se pretende estudiar la influencia del uso de superplastificantes como aditivos en el concreto para mejorar la trabajabilidad y reducir la formación de cangrejeras en las cimentaciones. Dado que estos aspectos pueden no estar completamente comprendidos o explorados en el contexto específico del nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco, se requerirá un enfoque exploratorio para obtener una comprensión más profunda de la problemática.

El nivel exploratorio implicará la recopilación de información relevante, la revisión de la literatura existente sobre el tema, la realización de pruebas y ensayos para evaluar diferentes técnicas y dosificaciones, y la obtención de datos que permitan formular conclusiones preliminares sobre la efectividad de las propuestas. Con los resultados obtenidos, se sentarán las bases para investigaciones futuras y para la formulación de hipótesis más precisas en investigaciones posteriores si fuera necesario.

3.3. Métodos de investigación

El método de investigación utilizado en este proyecto es el método experimental. El enfoque experimental es apropiado para investigaciones que

buscan establecer relaciones causales entre variables y permitir la evaluación de efectos específicos de ciertos tratamientos o intervenciones.

En este caso, el estudio busca evaluar y proponer técnicas para mejorar la trabajabilidad del concreto y reducir la formación de cangrejas en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco. Para lograr esto, se llevarán a cabo experimentos y ensayos con diferentes diseños de mezclas de concreto, donde se manipularán las variables independientes como el uso de superplastificantes, la alta densidad de aceros de refuerzo, las dosificaciones de aditivos y las técnicas de aplicación.

Los grupos de muestra se someterán a diferentes condiciones y tratamientos, y luego se medirán y registrarán los resultados en términos de trabajabilidad del concreto, formación de cangrejas y resistencia mecánica. De esta manera, se buscará establecer si existe una relación causal entre el uso de superplastificantes y la mejora en la trabajabilidad y resistencia del concreto, y si la alta densidad de aceros afecta la formación de cangrejas.

El método experimental permite obtener resultados cuantitativos y objetivos que pueden ser analizados estadísticamente, lo que brinda una mayor confiabilidad y rigurosidad a los hallazgos del estudio. Asimismo, a través de este método, se podrán realizar comparaciones entre diferentes condiciones y técnicas, lo que ayudará a identificar las mejores prácticas para mejorar la construcción de las cimentaciones del nuevo terminal terrestre.

3.4. Diseño de la investigación

El diseño de investigación para el proyecto descrito es un diseño experimental con grupos de muestra independientes. En este tipo de diseño, se formarían grupos diferentes de muestras para cada condición experimental y se compararían sus resultados.

Para este proyecto, se dividió el estudio en varios grupos de muestras, cada uno sometido a una de las siguientes condiciones:

- Grupo 1: Uso de superplastificantes como aditivos en el concreto.
- Grupo 2: Alta densidad de aceros de refuerzo en las cimentaciones.
- Grupo 3: Técnicas para mejorar la trabajabilidad del concreto (por ejemplo, cambios en la mezcla, vibrado, etc.).
- Grupo 4: Técnicas para reducir la formación de cangrejas en el concreto (por ejemplo, cambios en la colocación del acero, diseño de la cimentación, etc.).
- Grupo 5: Combinación de superplastificantes y técnicas de mejora de trabajabilidad.
- Grupo 6: Combinación de superplastificantes y técnicas para reducir cangrejas.

Cada grupo se sometería a las condiciones experimentales durante el vaciado y fraguado del concreto en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre. Después de un tiempo determinado de curado, se medirían y registrarían los resultados relacionados con la trabajabilidad del concreto, la formación de cangrejas y la resistencia mecánica.

3.5. Población y muestra

Población

La población en este proyecto de investigación sería el conjunto completo de todas las cimentaciones del nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco. Sin embargo, es probable que sea difícil o poco práctico incluir todas las cimentaciones en el estudio debido a limitaciones de tiempo, recursos y accesibilidad. Por lo tanto, se utilizará una muestra representativa de la población para llevar a cabo el estudio.

Muestra

La muestra sería un subconjunto seleccionado de cimentaciones del nuevo terminal terrestre que represente adecuadamente la población completa. La selección de la muestra debe realizarse de manera aleatoria y estratificada

para garantizar que los resultados sean generalizables y válidos para toda la población.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En el proyecto de investigación sobre la influencia del superplastificante en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre, se pueden utilizar diversas técnicas e instrumentos para recopilar datos relevantes. Algunas de las técnicas e instrumentos de recolección de datos son:

- Observación directa: Los investigadores pueden realizar observaciones directas en el lugar de la construcción del terminal terrestre para evaluar la trabajabilidad del concreto durante el proceso de vaciado y el desarrollo de cangrejeras en las cimentaciones. Se pueden utilizar registros fotográficos o en video para documentar los hallazgos.
- Pruebas de laboratorio: Se pueden realizar pruebas de laboratorio en muestras de concreto extraídas de las cimentaciones del terminal. Estas pruebas pueden incluir ensayos de resistencia a la compresión, análisis de la trabajabilidad mediante el ensayo de cono de Abrams y otros ensayos específicos para evaluar la formación de cangrejeras.
- Registro de datos de construcción: Recolectar datos de registros de construcción y bitácoras para obtener información sobre la dosificación de superplastificantes, los procedimientos de vaciado del concreto y las técnicas empleadas para evitar la formación de cangrejeras.
- Análisis documental: Revisar documentos técnicos, manuales de construcción y literatura científica relacionada para obtener información relevante sobre el uso de superplastificantes, trabajabilidad del concreto y la prevención de cangrejeras en cimentaciones.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

En el proyecto de investigación sobre la influencia del superplastificante en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre, se pueden utilizar diversas

técnicas de procesamiento y análisis de datos para interpretar la información recopilada. Algunas de las técnicas son:

- **Análisis estadístico:** Se puede aplicar análisis estadístico para examinar las relaciones entre variables, como la dosificación de superplastificantes y la resistencia mecánica del concreto, o la relación entre la densidad de aceros y la formación de cangrejas. Se pueden utilizar herramientas estadísticas como las pruebas de hipótesis para determinar la significancia de las relaciones.
- **Comparación de resultados:** Se pueden comparar los resultados de las pruebas de laboratorio de diferentes mezclas de concreto para evaluar la eficacia de los superplastificantes en mejorar la trabajabilidad y resistencia del concreto en comparación con las mezclas sin aditivos.

3.8. Tratamiento estadístico

Análisis estadístico: Se puede aplicar análisis estadístico para examinar las relaciones entre variables, como la dosificación de superplastificantes y la resistencia mecánica del concreto, o la relación entre la densidad de aceros y la formación de cangrejas. Se pueden utilizar herramientas estadísticas como las pruebas de hipótesis para determinar la significancia de las relaciones.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

En mi proyecto de investigación, la orientación ética, filosófica y epistémica juega un papel central. Para mí, es fundamental asegurarme de que mi investigación sea llevada a cabo de manera ética, sólida desde un punto de vista filosófico y respaldada por una epistemología coherente. Aquí, compartiré cómo abordo estas dimensiones en mi trabajo de investigación:

Ética en la Investigación:

Desde una perspectiva ética, me comprometo a garantizar la integridad de mi proyecto. Para lograrlo, obtengo el consentimiento informado de todos los participantes, asegurando que comprendan plenamente el propósito de mi

estudio, así como los posibles riesgos y beneficios de su participación. También me esfuerzo por proteger la confidencialidad de la información de los participantes y por minimizar cualquier impacto negativo en ellos. Siempre busco el beneficio de la sociedad a través de mi investigación y me aseguro de comunicar de manera transparente mis métodos y resultados.

Filosofía de la Investigación:

Mi filosofía de la investigación es un pilar importante en mi proyecto. Defino mi posición epistemológica, lo que significa que reflexiono sobre cómo se adquiere el conocimiento y qué métodos considero válidos. Por ejemplo, en mi proyecto actual, adopté una perspectiva constructivista, lo que me permite explorar la construcción social del conocimiento en mi área de estudio. Además, desarrollé un marco teórico sólido que fundamenta mi investigación y orienta mis preguntas y enfoques de estudio. Esto me permite mantener un enfoque coherente y fundamentado en principios filosóficos sólidos.

Epistemología y Conocimiento:

La epistemología y la cuestión del conocimiento son temas que considero profundamente. En mi proyecto, establezco criterios rigurosos para evaluar la validez y la confiabilidad de mis resultados. Siempre busco una evaluación crítica de las fuentes de datos y de la evidencia recopilada, prestando especial atención a cualquier sesgo potencial o limitaciones metodológicas. También valoro la incorporación de múltiples perspectivas en mi investigación, ya que creo que esto enriquece nuestra comprensión de los fenómenos estudiados y promueve una visión más completa y equilibrada.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

La descripción general del trabajo de campo para el proyecto de investigación “Mejora de la Trabajabilidad y Reducción de Cangrejeras en las Cimentaciones del Nuevo Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco mediante el Uso de Superplastificantes como Aditivos en el Concreto - 2023” podría incluir los siguientes aspectos:

Caracterización de los Aceros de Refuerzo en el Terminal Terrestre

La caracterización de los aceros de refuerzo en las cimentaciones del Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco busca obtener un entendimiento claro de los tipos, dimensiones y distribución de los aceros utilizados, así como identificar su posible relación con la formación de cangrejeras.. Esto debe hacerse de acuerdo con las regulaciones del RNE, que establecen los requisitos para el diseño y construcción de cimentaciones. El proceso se llevará a cabo de la siguiente manera:

Inspección de Cimentaciones y Aceros de Refuerzo

Realizar una inspección visual detallada de las cimentaciones del nuevo terminal terrestre en la ciudad de Cerro de Pasco. Utiliza el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) como guía para evaluar la calidad de la construcción y la adecuación de las cimentaciones.

Documentar la ubicación y densidad de los aceros de refuerzo en las cimentaciones, incluyendo el diámetro y la disposición de las barras de refuerzo.

- 1. Selección de Áreas de Estudio:** Antes de iniciar con la caracterización, es esencial seleccionar áreas representativas dentro de las cimentaciones del terminal. Estas áreas deberán ser elegidas basándose en las distintas etapas o zonas de construcción, y se considerarán tanto zonas donde se haya identificado una alta densidad de aceros de refuerzo como áreas de menor densidad.
- 2. Registro y Documentación:** Una vez identificadas las áreas de estudio, se procederá con el registro detallado de los aceros de refuerzo. Esto incluirá:
 - Fotografías de alta resolución que capturen claramente los detalles del acero y su disposición.
 - Anotaciones sobre el tipo de acero, diámetro, longitud y otras características relevantes.
 - Medición de la separación entre barras y la densidad en áreas **específicas utilizando herramientas adecuadas.**
- 3. Clasificación de los Aceros de Refuerzo:** Basándose en las anotaciones y registros, se clasificarán los aceros según sus características y dimensiones. Esta clasificación ayudará a identificar las áreas con alta densidad y determinar si existe alguna relación con la formación de cangrejas en esas zonas.
- 4. Entrevistas con el Personal de Construcción:** Para complementar la información obtenida directamente del análisis visual y medición, se realizarán entrevistas con el personal encargado de la colocación de los

aceros de refuerzo. Estas entrevistas buscarán entender la metodología utilizada, las especificaciones seguidas y cualquier otro detalle que pueda aportar al estudio.

- 5. Análisis Preliminar:** Una vez recolectada toda la información, se realizará un análisis preliminar para determinar patrones o tendencias en la disposición de los aceros. También se compararán estas observaciones con áreas donde se hayan identificado cangrejas para establecer posibles correlaciones.

La metodología empleada seguirá las directrices y recomendaciones establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y el American Concrete Institute (ACI) para asegurar que se mantengan estándares de calidad y precisión en todo el proceso de caracterización.

Identificación y Documentación de las Cangrejas en las Cimentaciones

Las cangrejas en las cimentaciones pueden representar un riesgo para la integridad estructural del Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco. Por lo tanto, es esencial llevar a cabo un trabajo de campo exhaustivo para identificar, documentar y evaluar estas formaciones en relación con la densidad de aceros de refuerzo.

- 1. Inspección Visual Inicial:** Se llevará a cabo una inspección visual sistemática de todas las cimentaciones del terminal. Esta etapa permitirá localizar visualmente las cangrejas y determinar su prevalencia en las distintas zonas.
- 2. Registro Fotográfico Detallado:** En las áreas donde se identifiquen cangrejas, se realizará un registro fotográfico detallado. Las imágenes capturadas permitirán:
 - Visualizar la morfología y dimensiones de las cangrejas.

- Documentar su localización en relación con la densidad y disposición de los aceros de refuerzo.
 - Facilitar posteriores análisis y comparaciones.
- 3. Medición y Anotaciones:** Con herramientas adecuadas, se medirán las dimensiones de las cangrejeras identificadas, incluyendo su profundidad, anchura y longitud. Estas mediciones se anotarán junto con detalles sobre su posición respecto a los aceros de refuerzo y cualquier otra observación relevante.
 - 4. Mapeo de las Cangrejeras:** Basándose en los registros y mediciones, se elaborará un mapa o plano detallado de las cimentaciones, marcando claramente la ubicación de todas las cangrejeras identificadas. Esto permitirá establecer patrones de formación y posiblemente correlacionarlos con la densidad y disposición de los aceros de refuerzo.
 - 5. Entrevistas con el Personal de Construcción y Supervisores:** Al igual que en el anterior subtítulo, se buscará obtener información adicional a través de entrevistas. El objetivo será comprender mejor las condiciones y prácticas de construcción que pudieron haber influido en la formación de las cangrejeras, como el método de vertido del concreto o las técnicas de compactación empleadas.
 - 6. Consolidación de Información y Análisis Preliminar:** Una vez finalizada la recopilación de datos, se consolidará toda la información para realizar un análisis preliminar. Este análisis buscará identificar tendencias o patrones en la formación de cangrejeras y su posible relación con la densidad de aceros de refuerzo.

El proceso descrito se llevará a cabo siguiendo las recomendaciones y directrices establecidas por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y el American Concrete Institute (ACI), garantizando así un enfoque riguroso y metódico en el trabajo de campo.

Análisis Comparativo entre Zonas con Distintas Densidades de Acero

La relación entre la densidad de aceros de refuerzo y la formación de cangrejas en las cimentaciones del Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco es fundamental para comprender y prevenir posibles defectos estructurales. A través de un análisis comparativo, se busca identificar patrones y correlaciones entre estas dos variables.

1. **Selección de Zonas para el Análisis:** Se elegirán áreas representativas de cimentaciones que presenten distintas densidades de aceros de refuerzo. Esto incluirá zonas con alta, media y baja densidad, asegurando un rango amplio para la comparación.
2. **Documentación Detallada de las Zonas Seleccionadas:** Antes de proceder con el análisis comparativo, es esencial contar con una documentación detallada de las zonas seleccionadas. Esto incluirá:
 - Registros fotográficos de las cimentaciones y aceros de refuerzo.
 - Datos sobre la presencia, tamaño y distribución de cangrejas.
 - Información sobre la densidad y disposición de los aceros de refuerzo.
3. **Evaluación de la Presencia de Cangrejas según Densidad de Acero:** Se llevará a cabo un análisis para determinar la frecuencia y tamaño de las cangrejas en función de la densidad de los aceros de refuerzo. Esta evaluación permitirá identificar si existe una correlación directa entre estas dos variables.
4. **Análisis Estadístico de los Datos:** Se realizarán análisis estadísticos para determinar la significancia de las correlaciones observadas. Estos análisis podrían incluir pruebas de hipótesis, coeficientes de correlación, entre otros, dependiendo de la naturaleza y distribución de los datos recolectados.
5. **Evaluación de Factores Externos:** Además de la densidad de los aceros de refuerzo, se considerarán otros factores que podrían influir en la

formación de cangrejeras. Estos pueden incluir la calidad del concreto, el método de vertido, las técnicas de compactación, entre otros. El objetivo es descartar o confirmar la influencia de estos factores en las áreas estudiadas.

6. **Elaboración de un Informe Comparativo:** Basándose en los hallazgos del análisis, se elaborará un informe detallado que presente los resultados de manera clara y concisa. El informe incluirá gráficos, tablas y otros recursos visuales que faciliten la comprensión de las correlaciones y tendencias identificadas.

Este análisis comparativo se llevará a cabo siguiendo las normativas y directrices del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y el American Concrete Institute (ACI), garantizando un enfoque riguroso y metódico en el trabajo de campo.

Evaluación de Factores Externos que Puedan Influir en la Formación de Cangrejeras

Para garantizar que el análisis sobre la formación de cangrejeras en las cimentaciones del Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco es integral, es crucial evaluar otros factores externos que no estén directamente relacionados con la densidad de los aceros de refuerzo pero que puedan tener un impacto en la aparición de estos defectos.

1. **Identificación de Factores Externos Potenciales:** Se establecerá una lista de factores que, según la literatura técnica y la experiencia en construcción, puedan influir en la formación de cangrejeras. Esto puede incluir, pero no limitarse a, la calidad del concreto, técnicas de vertido, temperatura ambiental durante el vertido, entre otros.
2. **Registro Detallado de las Condiciones de Construcción:** Se realizará una documentación de las condiciones en las que se llevó a cabo la construcción de las cimentaciones. Esto incluirá:
 - Condiciones climáticas durante los vertidos.

- Equipos y técnicas utilizados para mezclar, transportar y verter el concreto.
 - Tiempos de espera entre mezcla y vertido, y entre vertido y compactación.
3. **Entrevistas con Personal y Supervisores:** Se buscará obtener información de primera mano sobre las prácticas de construcción empleadas. Las entrevistas se centrarán en entender las decisiones tomadas durante el proceso y si se observaron anomalías o complicaciones.
 4. **Estudio de las Muestras de Concreto:** Si es posible, se recolectarán muestras de concreto de las cimentaciones para analizar en laboratorio. Estos análisis pueden revelar características del concreto que no son visibles a simple vista pero que pueden influir en la formación de cangrejeras.
 5. **Análisis de la Información Recopilada:** Se consolidarán y analizarán todos los datos obtenidos, buscando correlaciones entre los factores externos identificados y la formación de cangrejeras. Se utilizarán herramientas estadísticas para determinar la significancia de las correlaciones encontradas.
 6. **Generación de Hipótesis y Conclusiones:** Con base en los resultados del análisis, se generarán hipótesis sobre cómo y en qué medida los factores externos pueden influir en la formación de cangrejeras en relación con la densidad de aceros de refuerzo. Se elaborará un informe que incluya estas conclusiones y las evidencias que las respaldan.

El proceso de evaluación se llevará a cabo siguiendo las recomendaciones y directrices establecidas por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y el American Concrete Institute (ACI) para garantizar que el trabajo de campo se realice con rigurosidad y precisión.

Trabajabilidad del Concreto y Los Aceros

Se deberá realizar pruebas de trabajabilidad del concreto y evaluar cómo esta afecta la colocación de aceros. Se podrá utilizar ensayos de cono de Abrams y medidas de consistencia del ACI para determinar la trabajabilidad. Además de asegurar de que el diseño del concreto cumpla con las especificaciones del RNE y del ACI en términos de resistencia y trabajabilidad. El proceso se llevará a cabo de la siguiente manera:

Evaluación de las Propiedades de Trabajabilidad del Concreto

La trabajabilidad del concreto es un atributo fundamental que determina la facilidad con la que el material puede ser mezclado, transportado, vertido y compactado sin segregación. Para el Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco, es crucial que el concreto mantenga una trabajabilidad adecuada para asegurar la correcta ubicación y distribución de los aceros de refuerzo en las cimentaciones. A continuación, se detalla el trabajo de campo relacionado con la evaluación de las propiedades de trabajabilidad del concreto:

1. **Preparación de Muestras:** Se tomarán muestras de concreto fresco directamente de los camiones mezcladores en diferentes horarios y etapas del vertido. Estas muestras serán utilizadas para llevar a cabo pruebas de laboratorio que determinen las propiedades de trabajabilidad.
2. **Realización del Ensayo de Asentamiento del Cono de Abrams:** Este ensayo es una de las pruebas estándar para evaluar la trabajabilidad del concreto. Mediante el uso de un cono truncado, se mide el asentamiento del concreto una vez que el cono es retirado. Un mayor asentamiento indica mayor trabajabilidad.
3. **Prueba de la Mesa de Sacudidas:** Esta prueba evalúa la habilidad del concreto para fluir. Se coloca una cantidad específica de concreto en una mesa estandarizada que se sacude a un ritmo determinado. Posteriormente, se mide el diámetro del concreto extendido para evaluar su consistencia y trabajabilidad.

4. **Evaluación de la Cohesividad y Tendencia a la Segregación:** Se observará visualmente el concreto fresco para identificar signos de segregación, como la separación del agregado grueso del fino o la formación de charcos de agua en la superficie. También se evaluará la cohesividad del mixto para asegurar que los componentes se mantengan unidos.
5. **Documentación y Registro:** Todos los datos obtenidos, así como observaciones visuales, se documentarán de manera detallada. Las fotografías de las muestras, los resultados de las pruebas y las observaciones se registrarán para su posterior análisis.
6. **Comparación con Estándares:** Los resultados obtenidos serán comparados con las especificaciones recomendadas por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y el American Concrete Institute (ACI) para determinar si el concreto empleado cumple con las normas de trabajabilidad establecidas.

La evaluación de la trabajabilidad es esencial para entender cómo el concreto interactuará con los aceros de refuerzo y para prever posibles problemas durante el proceso de vertido y compactación. Esta fase del trabajo de campo proporcionará información valiosa para tomar decisiones y realizar ajustes en las siguientes etapas de la construcción.

Inspección de la Colocación del Concreto en las Cimentaciones

El proceso de colocación del concreto en las cimentaciones es crítico para asegurar la correcta ubicación y distribución de los aceros de refuerzo. Si el concreto no se vierte de manera adecuada, puede haber desplazamientos no deseados de los aceros o la formación de cangrejeras. Por lo tanto, una inspección minuciosa es esencial. A continuación, se detalla el trabajo de campo relacionado con esta inspección:

1. **Planificación y Programación:** Antes de iniciar las inspecciones, es fundamental establecer un calendario que se alinee con las fechas y horarios de vertido. Esto asegura que los inspectores estén presentes en los momentos clave.
2. **Verificación Pre-Vertido:** Antes de que se realice el vertido, se verificará la correcta disposición y fijación de los aceros de refuerzo, asegurando que estén en su lugar correcto y no se desplacen durante el proceso.
3. **Observación del Proceso de Vertido:** Se llevará a cabo una observación detallada de cómo se vierte el concreto, prestando especial atención a:
 - Velocidad de vertido: asegurando que sea constante y adecuada.
 - Uso de embudos o canaletas: para dirigir el concreto y evitar impactos directos que puedan desplazar los aceros.
 - Técnica de vertido: como el método de capas sucesivas, que permite una mejor compactación y minimiza la segregación.
4. **Inspección Post-Vertido Inmediato:** Tras el vertido, se verificará visualmente si hay signos evidentes de segregación, exudación o formación inicial de cangrejeras. También se verificará si los aceros de refuerzo se han mantenido en su lugar o si han sufrido algún desplazamiento.
5. **Revisión de las Técnicas de Compactación:** La compactación es esencial para eliminar bolsas de aire y asegurar una estructura monolítica. Se observarán las técnicas utilizadas, como la vibración, asegurando que se hagan de manera uniforme y adecuada.
6. **Documentación y Registro:** Al igual que en la etapa anterior, se documentarán todas las observaciones, fotografías y hallazgos durante el proceso. Se registrará cualquier anomalía o desviación del proceso estándar.
7. **Comparación con Estándares y Buenas Prácticas:** Los procedimientos observados se cotejarán con las recomendaciones y estándares del

Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y el American Concrete Institute (ACI) para determinar si se han seguido las mejores prácticas en el proceso.

Este trabajo de campo asegurará que el proceso de vertido del concreto en las cimentaciones se realice correctamente, manteniendo la integridad de los aceros de refuerzo y minimizando defectos como las cangrejas. La información recopilada servirá como base para recomendaciones y mejoras en futuros proyectos o etapas constructivas.

Análisis de la Disposición y Posicionamiento de los Aceros de Refuerzo Post-Vertido

Una vez vertido el concreto en las cimentaciones, es imperativo revisar si los aceros de refuerzo han mantenido su disposición y posicionamiento adecuados, ya que esto tiene un impacto directo en la integridad estructural de la cimentación. El análisis post-vertido garantiza que los aceros no hayan sufrido desplazamientos debido a problemas de trabajabilidad o a técnicas de vertido inadecuadas. A continuación, se describe el trabajo de campo relacionado con este análisis:

1. **Inspección Visual Inmediata:** Inmediatamente después del vertido y la compactación, se realizará una inspección visual para identificar posibles desplazamientos visibles de los aceros de refuerzo o si alguno de ellos ha quedado expuesto en la superficie.
2. **Evaluación de Zonas Críticas:** Específicamente, se prestará atención a las zonas donde se prevé mayor carga o donde la densidad del acero es más alta, ya que cualquier desplazamiento en estas áreas podría comprometer seriamente la integridad estructural.
3. **Comparación con Datos Pre-Vertido:** Se compararán los resultados del escaneo post-vertido con los planos y registros de disposición de aceros pre-vertido para identificar cualquier variación.

4. **Documentación Detallada:** Cualquier hallazgo, ya sea un desplazamiento o una correcta disposición, se documentará con precisión. Se tomarán fotografías, se registrarán coordenadas y se realizarán anotaciones detalladas sobre las condiciones y resultados observados.
5. **Recomendaciones y Acciones Correctivas:** Si se detectan desplazamientos o problemas con el posicionamiento de los aceros de refuerzo, se elaborarán recomendaciones para correcciones. Esto puede incluir reparaciones, refuerzos adicionales o, en casos extremos, la reconstrucción de partes de la cimentación.
6. **Verificación con Estándares:** Los resultados del análisis y las condiciones observadas se cotejarán con las normativas y recomendaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y el American Concrete Institute (ACI) para asegurar el cumplimiento y la integridad estructural.

Este trabajo de campo es crucial para garantizar que, una vez vertido el concreto, la cimentación mantenga las propiedades estructurales diseñadas. Un posicionamiento correcto de los aceros de refuerzo es vital para la durabilidad, resistencia y seguridad de la estructura, y este análisis garantiza que se cumplan esas condiciones.

Estudio de Casos de Cimentaciones con Diferentes Niveles de Trabajabilidad

El estudio de casos específicos permite una comprensión más profunda de cómo diferentes niveles de trabajabilidad del concreto pueden influir en la correcta ubicación y distribución de los aceros de refuerzo en las cimentaciones. Este enfoque comparativo ofrece valiosas lecciones y recomendaciones para el análisis del proyecto. A continuación, se describe el trabajo de campo relacionado con este estudio de casos:

1. **Selección de Casos:** Se identificarán diversas cimentaciones dentro del Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco que hayan utilizado

concretos con diferentes niveles de trabajabilidad, ya sea por diseño o por condiciones externas durante la construcción.

2. **Revisión de Registros y Datos Históricos:** Para cada caso seleccionado, se revisarán los registros de construcción, especificaciones del concreto, condiciones climáticas durante el vertido, entre otros, para entender las circunstancias de cada cimentación.
3. **Inspecciones Visuales:** Se llevarán a cabo inspecciones detalladas de cada cimentación, buscando signos visibles que indiquen problemas con la trabajabilidad, como cangrejas, segregación o exposición de aceros de refuerzo.
4. **Entrevistas con Personal de Construcción:** Se entrevistará a ingenieros, supervisores y trabajadores que hayan estado involucrados en el proceso de construcción de cada caso. Sus percepciones y experiencias pueden ofrecer valiosas perspectivas sobre los desafíos y soluciones relacionados con la trabajabilidad del concreto.
5. **Comparación y Análisis de Datos:** Se compararán los resultados y observaciones de cada caso para identificar patrones, similitudes y diferencias. Se buscará determinar cómo diferentes niveles de trabajabilidad pueden haber influido en la disposición de los aceros y en la calidad general de la cimentación.
6. **Documentación y Presentación de Hallazgos:** Todos los datos, observaciones y conclusiones se consolidarán en un informe detallado. Se destacarán las lecciones aprendidas, las mejores prácticas y las recomendaciones para futuros proyectos.
7. **Comparación con Estándares:** Al igual que en etapas anteriores, se cotejarán los hallazgos con las normativas y recomendaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y el American Concrete Institute (ACI) para determinar si se cumplieron los estándares y cómo los

diferentes niveles de trabajabilidad se alinearon con las expectativas de estas normativas.

A través de este estudio de casos, se podrá obtener una visión holística de los desafíos y soluciones relacionados con la trabajabilidad del concreto en el contexto de las cimentaciones. Esta información será invaluable para guiar decisiones y mejorar prácticas en futuras construcciones.

Recomendaciones para Mejorar la Trabajabilidad y Asegurar la Correcta Ubicación de los Aceros

Tras haber analizado y evaluado la trabajabilidad del concreto y su influencia en la disposición de los aceros de refuerzo, es fundamental elaborar recomendaciones prácticas que puedan ser implementadas en etapas posteriores del mismo proyecto. El objetivo es mejorar la calidad del concreto, optimizar su trabajabilidad y garantizar la integridad estructural de las cimentaciones. A continuación, se detalla el trabajo de campo relacionado con estas recomendaciones:

1. **Revisión de Hallazgos y Datos:** Antes de formular recomendaciones, se llevará a cabo una revisión exhaustiva de todos los datos, observaciones y conclusiones derivadas de las etapas anteriores del trabajo de campo.
2. **Identificación de Áreas Problemáticas:** Se identificarán las áreas o aspectos específicos donde la trabajabilidad del concreto presentó mayores desafíos o donde la ubicación de los aceros de refuerzo se vio comprometida.
3. **Consultas con Expertos:** Se realizarán consultas y talleres con expertos en concreto, ingenieros estructurales y personal de construcción para discutir los hallazgos y elaborar recomendaciones basadas en la experiencia y el conocimiento técnico.
4. **Propuestas de Modificación de Mezclas:** A partir de los resultados obtenidos, se podrían proponer modificaciones en la mezcla del concreto,

como la incorporación de aditivos, cambios en la relación agua/cemento o la introducción de agregados específicos.

5. **Recomendaciones de Técnicas de Vertido y Compactación:** Se podrían sugerir técnicas de vertido más adecuadas para evitar la segregación, mejorar la cohesividad y garantizar la correcta ubicación de los aceros. Además, se podrían proponer técnicas de compactación optimizadas, como vibradores específicos o tiempos de vibración determinados.
6. **Capacitación y Formación:** Basándose en las recomendaciones, se podrían organizar sesiones de capacitación para el personal de construcción. Estas sesiones estarían orientadas a mejorar la comprensión de la importancia de la trabajabilidad y a entrenar en las mejores prácticas recomendadas.
7. **Elaboración de Protocolos de Control de Calidad:** Se podrían establecer nuevos protocolos o mejorar los existentes para controlar la calidad del concreto en situ, realizando pruebas regulares de trabajabilidad y verificando la disposición de los aceros de refuerzo.
8. **Documentación de Recomendaciones:** Todas las recomendaciones se consolidarán en un documento detallado, que servirá como guía para las etapas subsiguientes del proyecto o para futuras construcciones. Este documento también incluirá referencias a normativas, como el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y el American Concrete Institute (ACI).
9. **Retroalimentación y Ajustes:** Una vez implementadas las recomendaciones, se realizará un seguimiento para evaluar su eficacia. A partir de esta evaluación, se podrían hacer ajustes adicionales según sea necesario.

Al final de esta etapa, se espera que las cimentaciones del Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco se beneficien de un concreto con

mejor trabajabilidad, aceros de refuerzo correctamente posicionados y, en última instancia, una mayor integridad y durabilidad estructural.

Las Cangrejeras En La Calidad Y Resistencia Del Concreto

Para este objetivo, se debe llevar a cabo pruebas de laboratorio en especímenes de concreto con cangrejeras y sin ellas. Luego, compara las propiedades mecánicas y de durabilidad de ambos tipos de concreto, siguiendo las directrices del ACI para realizar ensayos de resistencia y durabilidad. El proceso se llevará a cabo de la siguiente manera:

Identificación y Clasificación de Cangrejeras en las Cimentaciones

Para comprender la gravedad y el impacto de las cangrejeras en las cimentaciones del Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco, es esencial llevar a cabo una identificación y clasificación meticulosa. Estos defectos, que son cavidades o vacíos en el concreto, pueden comprometer seriamente la resistencia y durabilidad de la estructura. A continuación, se detallan las actividades y procesos involucrados en este trabajo de campo:

- 1. Inspección Visual Inicial:** Se comenzará con una inspección visual de todas las áreas de las cimentaciones para identificar áreas con cangrejeras visibles. Esta inspección permitirá tener una idea general de la prevalencia y distribución de estos defectos en la estructura.
- 2. Registro Fotográfico:** Cada cangrejera identificada se documentará con fotografías, asegurando que se capturen desde múltiples ángulos y con escalas de referencia para dimensionar su tamaño.
- 3. Medición y Clasificación:**
 - Se medirá el tamaño, forma y profundidad de cada cangrejera.
 - Posteriormente, se clasificarán según su tamaño: pequeña (menos de 5 cm), mediana (5 cm - 15 cm) y grande (más de 15 cm).

- También se tomarán en cuenta otros criterios, como su ubicación respecto a los aceros de refuerzo y la distribución en la cimentación.
4. **Mapeo y Documentación:** Se creará un mapa detallado de la cimentación, señalando la ubicación exacta de cada cangrejera identificada y clasificada. Esto permitirá un análisis posterior para identificar patrones o áreas de mayor preocupación.
 5. **Toma de Muestras:** En casos donde se considere necesario, se tomarán muestras de las áreas con cangrejas para análisis más detallados en laboratorio. Estas muestras ayudarán a determinar la composición del concreto, la posible presencia de agentes contaminantes y otras características que puedan haber contribuido a la formación de cangrejas.
 6. **Comparación con Normativas:** Los resultados se cotejarán con los estándares establecidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y el American Concrete Institute (ACI) para evaluar la gravedad de las cangrejas en relación con las normativas.

Este meticuloso trabajo de identificación y clasificación proporcionará una base sólida para las etapas subsecuentes del proyecto, permitiendo tomar decisiones informadas sobre reparaciones, refuerzos o modificaciones necesarias en la estructura.

Análisis de la Resistencia Mecánica del Concreto Afectado por Cangrejas

La presencia de cangrejas puede tener un impacto significativo en la resistencia mecánica del concreto. Estas cavidades o vacíos interrumpen la matriz del concreto y pueden actuar como puntos de inicio para la propagación de fisuras bajo cargas o condiciones adversas. Para entender completamente este impacto, es esencial llevar a cabo un análisis detallado. Aquí se describe el trabajo de campo asociado con este análisis:

1. **Selección de Zonas de Estudio:** Basándose en la identificación y clasificación previa de las cangrejeras, se seleccionarán áreas representativas de diferentes tamaños y distribuciones de cangrejeras para un análisis detallado de resistencia.
2. **Extracción de Testigos:** Se extraerán testigos cilíndricos del concreto en las áreas seleccionadas, asegurándose de que contengan cangrejeras de interés. Estos testigos serán etiquetados, registrados y transportados adecuadamente al laboratorio para pruebas de resistencia a la compresión.
3. **Pruebas de Resistencia a la Compresión:** Los testigos se someterán a pruebas de resistencia a la compresión en un laboratorio especializado. Estas pruebas determinarán la capacidad del concreto para resistir cargas sin fracturarse, en particular en las áreas con cangrejeras.
4. **Registro de Datos y Observaciones:** Durante las pruebas, se registrarán datos relevantes como la carga máxima soportada, el tipo de fractura y la relación con la cangrejera presente en el testigo. Se tomarán fotografías de los testigos antes y después de las pruebas para documentar visualmente los resultados.
5. **Comparación con Muestras de Control:** Se tomarán testigos de áreas sin cangrejeras (o con una incidencia mínima) para actuar como muestras de control. Estas muestras se someterán a las mismas pruebas de resistencia a la compresión para establecer una comparación y entender el impacto real de las cangrejeras en la resistencia del concreto.
6. **Análisis Estadístico:** Se realizará un análisis estadístico de los resultados para determinar la significación de las diferencias en resistencia entre las muestras afectadas por cangrejeras y las muestras de control.
7. **Revisión de Normativas:** Los resultados obtenidos se compararán con las especificaciones y recomendaciones de resistencia establecidas por el

Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y el American Concrete Institute (ACI).

El resultado de este análisis proporcionará una comprensión clara de cómo las cangrejas afectan la resistencia mecánica del concreto en las cimentaciones del Terminal Terrestre. Esta información será crucial para tomar decisiones informadas sobre intervenciones, reparaciones o refuerzos necesarios.

Estudio Correlativo entre la Presencia de Cangrejas y otros Factores Constructivos

Las cangrejas, aunque influenciadas en gran medida por la trabajabilidad del concreto y el posicionamiento de los aceros de refuerzo, también pueden estar relacionadas con otros factores constructivos. Estos factores pueden variar desde la elección de materiales hasta las técnicas de vertido y curado. La identificación de estas correlaciones es vital para abordar el problema de manera integral. A continuación, se presenta una descripción detallada del trabajo de campo relacionado con este análisis:

- 1. Recolección de Datos Históricos:** Se recopilarán registros de la construcción del Terminal Terrestre, incluyendo detalles sobre los proveedores de materiales, técnicas de mezclado, vertido, compactación y curado empleados, entre otros.
- 2. Inspección Visual de las Cimentaciones:** Una revisión exhaustiva de las cimentaciones se llevará a cabo, prestando especial atención a las áreas con cangrejas prominentes para identificar posibles irregularidades o prácticas constructivas que pudieran haber contribuido a su formación.
- 3. Entrevistas a Personal de Construcción:** Se realizarán entrevistas a los trabajadores y supervisores involucrados en la construcción para obtener información sobre las prácticas y técnicas empleadas, así como cualquier desafío o anomalía que se haya presentado durante la construcción.

4. **Mapeo y Documentación:** Se creará un mapa detallado que muestre las áreas con cangrejas y las asociará con los factores constructivos identificados. Por ejemplo, áreas donde se utilizó un lote específico de concreto, o zonas donde se aplicaron técnicas de curado diferentes.
5. **Análisis Estadístico:** Se llevará a cabo un análisis estadístico para identificar correlaciones entre la presencia de cangrejas y los factores constructivos identificados. Por ejemplo, si un área particular muestra una alta incidencia de cangrejas y se utilizó una técnica de compactación específica, esto podría indicar una posible relación.
6. **Comparación con Otros Proyectos:** Si es posible, se compararán los hallazgos con otros proyectos de construcción similares para identificar si los patrones observados son consistentes o específicos del Terminal Terrestre de Cerro de Pasco.
7. **Consulta de Normativas y Estándares:** Los hallazgos se cotejarán con las directrices y recomendaciones de las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y el American Concrete Institute (ACI) para evaluar cómo las prácticas constructivas observadas se alinean con las mejores prácticas recomendadas.

Este análisis correlativo proporcionará una perspectiva holística sobre las posibles causas subyacentes de la formación de cangrejas. Identificar estos factores constructivos y comprender su relación con las cangrejas permitirá a los ingenieros y constructores tomar decisiones informadas en futuros proyectos y aplicar soluciones más efectivas para remediar y prevenir estos defectos.

Superplastificantes Como Aditivos En El Concreto

Para este objetivo, se debe evaluar la influencia de los superplastificantes como aditivos en el concreto para mejorar la trabajabilidad y

reducir la formación de cangrejeras en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre. El proceso se llevará a cabo de la siguiente manera:

Selección y Caracterización de los Superplastificantes a Utilizar

En esta descripción, se busca tener una visión detallada y estructurada del proceso de selección y caracterización de los superplastificantes, garantizando una elección adecuada que cumpla con las expectativas y requerimientos del proyecto.

1. Identificación de Proveedores y Marcas de Superplastificantes:

Investigación de proveedores locales y/o internacionales que suministren superplastificantes compatibles con las normas RNE y ACI. Obtención de fichas técnicas y hojas de seguridad de los productos ofrecidos por cada proveedor.

2. Selección Preliminar de Superplastificantes:

Revisión de las fichas técnicas de cada superplastificante identificado, enfocándose en propiedades relevantes como rango de dosificación, tiempos de fraguado, compatibilidad con otros aditivos, entre otros. Comparación y clasificación de los superplastificantes basándose en su potencial efectividad y adaptabilidad para el proyecto específico.

3. Adquisición de Muestras:

Contacto con los proveedores seleccionados para solicitar muestras de los superplastificantes. Recepción y almacenamiento adecuado de las muestras para garantizar su integridad hasta su uso.

4. Realización de Análisis Fisicoquímico:

Preparación de las muestras según las normas RNE y ACI para su análisis. Utilización de equipos y técnicas adecuadas, como espectroscopía, cromatografía, entre otros, para determinar la composición y propiedades de los superplastificantes. Registro detallado de los resultados obtenidos en cada análisis.

- 5. Comparación y Selección Final de Superplastificantes:** Interpretación de los resultados de los análisis fisicoquímicos, tomando en cuenta las características deseadas para la mejora de la trabajabilidad del concreto y la reducción de cangrejeras. Selección de los superplastificantes más prometedores para continuar con las siguientes etapas del trabajo de campo. Documentación y justificación de la selección realizada para futuras referencias y validaciones del proyecto.

Preparación de Mezclas de Concreto con Diferentes Dosis de Superplastificante

Con esta descripción, se busca detallar el proceso de preparación de las mezclas de concreto con diferentes dosis de superplastificante, estableciendo una metodología estructurada que permita obtener resultados comparables y confiables para el análisis posterior.

- 1. Determinación de la Mezcla Base de Concreto:** Establecimiento de las proporciones estándar de la mezcla de concreto (cemento, agregados, agua) que se utilizará como referencia, sin la adición de superplastificantes, basándose en las normas RNE y ACI. Preparación de una serie de probetas de esta mezcla para tener un control de comparación con las futuras mezclas con superplastificantes.
- 2. Definición de Dosis Incrementales de Superplastificante:** Basándose en las fichas técnicas y resultados de caracterización, establecimiento de un rango de dosis de superplastificante para realizar las pruebas. Esto podría ir desde la dosis mínima recomendada hasta la máxima permitida.
- 3. Preparación de las Mezclas con Superplastificante:** Añadir el superplastificante a las mezclas de concreto de manera incremental, preparando una serie de probetas para cada dosis. Registro detallado de las proporciones utilizadas en cada mezcla, asegurando una documentación adecuada para futuras referencias y análisis.

4. **Observación Inicial de la Trabajabilidad:** Al momento de mezclar, tomar nota de las características iniciales de trabajabilidad, tales como consistencia, facilidad de mezclado, tiempo de fraguado inicial, entre otros. Comparación de estas observaciones con la mezcla base para notar las diferencias introducidas por el superplastificante.
5. **Registro de Tiempos y Condiciones de Curado:** Una vez preparadas las mezclas, asegurar un correcto curado según las especificaciones de las normas RNE y ACI. Documentar las condiciones de curado (temperatura, humedad) y los tiempos, garantizando que todas las probetas se curen bajo las mismas condiciones para mantener la consistencia en los resultados.
6. **Almacenamiento Adecuado de las Probetas:** Una vez finalizado el curado, almacenar las probetas de manera organizada, etiquetando cada una con la dosis de superplastificante utilizada y la fecha de preparación. Asegurarse de que las probetas estén en un lugar seguro, alejado de factores que puedan alterar sus propiedades (sol directo, agua, cargas excesivas).

Evaluación de la Trabajabilidad de las Mezclas de Concreto

La trabajabilidad del concreto se refiere a la facilidad con la que puede ser mezclado, transportado, colocado y compactado sin segregación ni sangrado. Es una propiedad crucial, ya que una mala trabajabilidad puede resultar en la formación de cangrejeras y otros defectos en el concreto. La introducción de superplastificantes busca mejorar esta característica, permitiendo una fácil manipulación y colocación del concreto, sin comprometer su resistencia y durabilidad. Para evaluar objetivamente esta mejora, es fundamental llevar a cabo pruebas estandarizadas que midan y comparen la trabajabilidad de las diferentes mezclas. A continuación, se presenta una descripción detallada del trabajo de campo relacionado con este análisis:

1. **Preparación del Entorno de Prueba:** Acondicionamiento de un espacio adecuado y seguro para realizar los ensayos, garantizando que se disponga de todo el equipo necesario y que este cumpla con las normas RNE y ACI.
2. **Realización del Ensayo de Asentamiento (Slump Test):** Utilización de un cono de Abrams y una base lisa y nivelada para realizar el ensayo. Llenado del cono con la mezcla de concreto, compactación en tres capas y retirada del cono, midiendo el asentamiento del concreto. Registro de los resultados para cada mezcla, comparando el asentamiento de las mezclas con superplastificante con el de la mezcla base.
3. **Evaluación de la Consistencia y Cohesión de las Mezclas:** Observación visual de la mezcla al ser vertida, identificando la presencia de segregación (separación de los componentes) o sangrado (exceso de agua en la superficie). Realización, si es necesario y aplicable, del ensayo de mesa de flujo para determinar la fluidez del concreto.
4. **Medición del Tiempo de Fraguado:** Utilización de un penetrómetro de aguja para determinar el inicio y final del fraguado en las diferentes mezclas. Comparación de los tiempos de fraguado entre las mezclas con superplastificante y la mezcla base para determinar si el aditivo influye en el tiempo de fraguado.
5. **Observación de la Facilidad de Compactación:** Evaluación de la facilidad con la que las diferentes mezclas pueden ser compactadas, identificando si requieren menos esfuerzo o energía para eliminar los vacíos de aire. Registro de las observaciones y conclusiones.
6. **Documentación y Análisis Final:** Compilación de todos los resultados obtenidos en los ensayos anteriores. Interpretación y análisis de los datos para determinar cómo los superplastificantes afectan la trabajabilidad del concreto en comparación con la mezcla base. Elaboración de gráficos o tablas comparativas para una visualización clara de los resultados.

Monitorización de la Formación de Cangrejas en Cimentaciones

Piloto

Las cangrejas, o huecos en el concreto, pueden ser causadas por una variedad de factores, incluyendo la mala trabajabilidad del concreto, la incorrecta vibración o compactación, y la obstrucción del paso del concreto fresco por la densa armadura de acero. Estos defectos no solo afectan la estética del concreto, sino que también pueden comprometer gravemente su integridad estructural. Monitorizar la formación de estas cangrejas en cimentaciones piloto permite una evaluación directa del desempeño de las mezclas de concreto con superplastificantes, identificando su eficacia en prevenir tales defectos. A continuación, se presenta una descripción detallada del trabajo de campo relacionado con este análisis:

- 1. Preparación y Diseño de las Cimentaciones Piloto:** Selección de un área adecuada para construir las cimentaciones piloto, garantizando condiciones similares para cada una. Diseño de las cimentaciones teniendo en cuenta **la densidad de aceros de refuerzo y otros parámetros del proyecto real.**
- 2. Construcción de las Cimentaciones Piloto:** Preparación y armado de la estructura de acero de refuerzo para cada cimentación. Vertido del concreto, asegurando que cada cimentación reciba una mezcla específica (mezcla base, y diferentes dosis de superplastificante). Uso de técnicas estandarizadas de compactación y curado para todas las cimentaciones.
- 3. Monitorización Inicial Post-Construcción:** Una vez que el concreto ha fraguado, realizar una inspección visual inicial para identificar la presencia de cangrejas o cualquier otro defecto superficial. Documentación fotográfica de las cimentaciones para futuras comparaciones.
- 4. Técnicas No Destructivas (TND) para la Detección de Cangrejas:** Aplicación de técnicas como el radar de penetración terrestre (GPR) o el ultrasonido para identificar cangrejas o vacíos internos en las

cimentaciones. Registro y documentación detallada de los resultados obtenidos con estas técnicas.

5. **Análisis Comparativo entre las Cimentaciones:** Comparación de los resultados de las cimentaciones construidas con las diferentes mezclas para identificar la que presentó menor formación de cangrejas. Evaluación del desempeño de los superplastificantes en función de la dosificación.
6. **Documentación y Reporte Final:** Compilación de toda la información recabada durante la monitorización. Interpretación de los datos y elaboración de conclusiones sobre la eficacia de los superplastificantes en prevenir la formación de cangrejas. Preparación de un reporte detallado con gráficos, fotografías y análisis para presentar los hallazgos.

Dosificación Óptima De Superplastificantes Requerida Para Lograr Una Adecuada Trabajabilidad Del Concreto

Para abordar el desafío de establecer la dosificación óptima de superplastificantes en el concreto. Se inicia identificando los rangos posibles, luego se evalúa la trabajabilidad, posteriormente se evalúa la resistencia y durabilidad, y finalmente, se realiza un análisis integral para establecer la dosificación óptima. El proceso se llevará a cabo de la siguiente manera:

Identificación de Parámetros y Variables a Evaluar

Antes de proceder con cualquier experimentación y aplicación de superplastificantes, es fundamental identificar y comprender las variables y parámetros que pueden afectar o estar afectados por su uso. Estos parámetros servirán como base para diseñar los experimentos, establecer criterios de evaluación y entender los resultados. La identificación precisa y detallada asegurará que los ensayos sean relevantes y las conclusiones sean aplicables al contexto real del proyecto.

1. **Revisión de Documentación y Estudios Previos:** Consulta de literatura técnica y científica relacionada con superplastificantes y su interacción con

diferentes variables del concreto. Identificación de parámetros comúnmente estudiados y sus posibles efectos en la trabajabilidad y resistencia del concreto.

2. **Reuniones con Expertos y Consultores:** Organización de sesiones de trabajo con expertos en concreto y aditivos para discutir y definir las variables clave a evaluar. Recopilación de opiniones y recomendaciones basadas en experiencias previas y conocimientos técnicos.
3. **Definición de Parámetros del Concreto:** Identificación de las características específicas del concreto a usar, como tipo de cemento, granulometría de los áridos, y contenido de agua. Evaluación de cómo estos factores pueden interactuar con los superplastificantes.
4. **Establecimiento de Condiciones Ambientales y de Proceso:** Registro de condiciones ambientales como temperatura, humedad y presión atmosférica, que podrían influir en la eficacia del superplastificante. Definición de variables relacionadas con el proceso de mezclado y vertido del concreto, como tiempo de mezclado, método de vertido y tiempo de curado.
5. **Identificación de Parámetros Relacionados con el Superplastificante:** Características del superplastificante como densidad, pH, viscosidad, y dosificación recomendada. Interacción potencial con otros aditivos o componentes del concreto.
6. **Documentación y Registro:** Creación de una base de datos o sistema de registro que contenga todos los parámetros y variables identificados. Establecimiento de una metodología clara para el seguimiento y actualización de estos datos a medida que avanza el proyecto y se recopilan nuevos hallazgos.

Preparación de Muestras con Diferentes Dosificaciones de Superplastificante

La preparación adecuada de muestras es un paso crítico en cualquier investigación relacionada con materiales de construcción, como el concreto. Dado que uno de los objetivos es determinar la dosificación óptima de superplastificante, es fundamental preparar múltiples muestras con diferentes concentraciones del aditivo. Esta preparación debe llevarse a cabo de manera sistemática y controlada para garantizar que cualquier variación en los resultados se deba a la dosificación del superplastificante y no a otros factores externos. El proceso se llevará a cabo de la siguiente manera:

- 1. Diseño de la Matriz Experimental:** Establecimiento de las diferentes dosificaciones de superplastificante que se evaluarán, considerando las recomendaciones del fabricante y las dosis potencialmente útiles para el proyecto.
- 2. Selección y Caracterización de los Materiales Base:** Elección de los componentes del concreto (cemento, áridos, agua) que serán constantes en todas las mezclas. Realización de pruebas para caracterizar estas materias primas, garantizando su consistencia y calidad.
- 3. Preparación de las Mezclas:** Mezcla de los componentes del concreto en proporciones definidas, añadiendo el superplastificante en las dosificaciones establecidas en la matriz experimental. Registro detallado del proceso de mezcla, incluyendo tiempos y condiciones ambientales.
- 4. Control de Variables Externas:** Aseguramiento de que todas las muestras se preparen y curen bajo las mismas condiciones, como temperatura y humedad, para que los resultados reflejen únicamente las variaciones en la dosificación del superplastificante.
- 5. Evaluación Inmediata de la Trabajabilidad:** Realización de pruebas rápidas de trabajabilidad, como el asentamiento del cono, en cada muestra inmediatamente después de su preparación.

6. **Almacenamiento y Curado:** Colocación de las muestras en un espacio de curado controlado para su endurecimiento. La metodología y duración del curado deben ser consistentes para todas las muestras.
7. **Documentación y Etiquetado:** Etiquetado claro de cada muestra con detalles sobre su dosificación y fecha de preparación. Registro detallado de todos los datos y observaciones relacionadas con la preparación y el comportamiento inicial de las muestras.

Con esta metodología estructurada, se asegura que las muestras de concreto con diferentes dosificaciones de superplastificante estén preparadas de manera uniforme y controlada, lo que permitirá una comparación precisa y relevante de los resultados en las siguientes etapas de la investigación.

Evaluación Inmediata de la Trabajabilidad y Consistencia del Concreto

La trabajabilidad es una propiedad crítica del concreto fresco que indica la facilidad con la que puede ser mezclado, transportado, vertido y compactado sin segregación. Una buena trabajabilidad es esencial para garantizar que el concreto pueda ser colocado adecuadamente en las formas y alrededor del refuerzo. Los superplastificantes, al modificar la reología del concreto, pueden influir significativamente en esta propiedad. Por ello, es vital evaluar de inmediato la trabajabilidad y consistencia del concreto después de mezclarlo con diferentes dosificaciones del aditivo. El proceso se llevará a cabo de la siguiente manera:

1. **Preparación del Entorno de Prueba:** Acondicionamiento del espacio de laboratorio o campo donde se realizarán las pruebas de trabajabilidad, garantizando que todos los equipos estén calibrados y listos para su uso.
2. **Prueba de Asentamiento del Cono (Slump Test):** Realización de esta prueba estándar que mide la consistencia del concreto, vertiendo una

muestra en un cono estandarizado, levantando el cono y midiendo el asentamiento del concreto.

3. **Prueba de Mesa de Flujo (Flow Table Test):** Evaluación de la fluidez del concreto al determinar su expansión cuando se somete a golpes en una mesa estandarizada.
4. **Prueba de V-Funnel:** Medición del tiempo que el concreto tarda en pasar por un embudo, ofreciendo una indicación sobre su viscosidad y trabajabilidad.
5. **Observación de la Homogeneidad del Concreto:** Inspección visual del concreto para detectar signos de segregación o sangrado después de su mezclado, lo que puede indicar problemas con la trabajabilidad.
6. **Registro Detallado de Resultados:** Documentación de los resultados de cada prueba, incluyendo mediciones, tiempos y observaciones. Es fundamental mantener un registro detallado para cada dosificación de superplastificante evaluada.
7. **Comparación con Estándares y Especificaciones:** Comparación de los resultados obtenidos con las especificaciones de trabajabilidad requeridas para el proyecto del Terminal Terrestre y con las normas establecidas por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y el American Concrete Institute (ACI).

Con esta metodología de evaluación inmediata, se puede obtener una comprensión clara de cómo diferentes dosificaciones de superplastificante afectan la trabajabilidad del concreto. Estos resultados son esenciales para ajustar las dosificaciones en función de las necesidades específicas del proyecto y para garantizar un concreto de alta calidad que cumpla con las especificaciones técnicas.

Monitoreo de la Resistencia y Durabilidad a Mediano y Largo Plazo

Si bien las propiedades iniciales del concreto, como la trabajabilidad, son cruciales para la correcta colocación y consolidación del material, las propiedades a mediano y largo plazo, como la resistencia y durabilidad, determinan en gran medida la vida útil y el rendimiento de la estructura. Los superplastificantes, al modificar la microestructura del concreto, pueden tener un impacto en estas propiedades. Por ello, es esencial monitorear el comportamiento del concreto con diferentes dosificaciones de superplastificante a lo largo del tiempo para garantizar la integridad y longevidad de la estructura. El proceso se llevará a cabo de la siguiente manera:

- 1. Preparación de Especímenes para Pruebas de Resistencia:** Fabricación de cilindros o cubos de concreto, utilizando las diferentes dosificaciones de superplastificante, que se someterán a pruebas de resistencia a la compresión en diferentes edades (por ejemplo, 7 días, 28 días, 90 días, etc.).
- 2. Pruebas de Resistencia a la Compresión:** Sometimiento de las muestras a pruebas de resistencia a la compresión en una prensa hidráulica estandarizada en las edades predefinidas. Registro detallado de la resistencia obtenida en cada prueba.
- 3. Preparación de Especímenes para Pruebas de Durabilidad:** Fabricación de muestras adicionales que se someterán a diferentes pruebas de durabilidad, como absorción de agua, resistencia a la congelación y deshielo, y penetración de cloruros.
- 4. Pruebas de Durabilidad:** Exposición de las muestras a condiciones que simulen los ambientes agresivos a los que podría estar expuesto el concreto en el Terminal Terrestre (por ejemplo, ciclos de congelación y deshielo, inmersión en soluciones salinas). Evaluación periódica del estado de las muestras y registro de cualquier deterioro observado.

5. **Análisis de la Microestructura del Concreto:** Utilización de técnicas avanzadas, como microscopía electrónica de barrido, para analizar la microestructura del concreto y entender cómo el superplastificante puede estar afectando la formación de la matriz de cemento hidratado.
6. **Registro y Análisis de Datos:** Consolidación de todos los resultados en una base de datos. Análisis estadístico para identificar tendencias y correlaciones entre la dosificación del superplastificante y las propiedades a mediano y largo plazo del concreto.
7. **Comparación con Estándares y Especificaciones:** Cotejo de los resultados obtenidos con las especificaciones de resistencia y durabilidad requeridas para el proyecto del Terminal Terrestre y con las normas establecidas por el RNE y el ACI.

Técnicas Y Procedimientos Adecuados Para Aplicar Los Superplastificantes Y Asegurar Su Eficacia En La Mejora De La Trabajabilidad Del Concreto

Para abordar el desafío de establecer el procedimiento óptimo de aplicación superplastificantes en el concreto en la búsqueda de la trabajabilidad del concreto y la reducción de cangrejeras. El proceso se llevará a cabo de la siguiente manera:

Procedimientos de Incorporación de Superplastificantes en Mezclas

El uso eficiente de superplastificantes en concreto va más allá de simplemente seleccionar el aditivo adecuado o determinar la dosificación correcta. La forma en que estos aditivos se incorporan en la mezcla, el momento de su adición y las técnicas utilizadas pueden tener un impacto significativo en la eficacia del superplastificante. Por lo tanto, es esencial explorar y optimizar los procedimientos de incorporación para garantizar que el superplastificante

funcione de manera óptima y brinde los beneficios deseados. El proceso se llevará a cabo de la siguiente manera:

1. **Estudio de las Recomendaciones del Fabricante:** Revisión detallada de las especificaciones y recomendaciones del fabricante con respecto al momento y método de incorporación del superplastificante en el concreto.
2. **Selección de Diferentes Métodos de Adición:** Identificación de diferentes procedimientos para incorporar el superplastificante, como la adición directa, la premezcla con agua o la adición en etapas durante el proceso de mezclado.
3. **Preparación de Mezclas de Prueba:** Producción de mezclas de concreto utilizando los diferentes procedimientos seleccionados. Se deben mantener constantes todas las otras variables para garantizar que cualquier diferencia observada se deba únicamente al método de incorporación.
4. **Evaluación de la Homogeneidad de la Mezcla:** Inspección visual y pruebas rápidas de trabajabilidad para evaluar la homogeneidad de la mezcla y asegurar que el superplastificante esté distribuido uniformemente.
5. **Pruebas de Desempeño Iniciales:** Realización de pruebas estándar, como el asentamiento del cono, para evaluar cómo cada método de adición afecta las propiedades iniciales del concreto.
6. **Evaluación de Propiedades a Largo Plazo:** Monitoreo de las propiedades a mediano y largo plazo, como resistencia y durabilidad, de las mezclas preparadas utilizando diferentes métodos de adición.
7. **Análisis Comparativo:** Comparación de los resultados obtenidos para cada método de incorporación, identificando ventajas y desventajas de cada procedimiento.
8. **Elaboración de Protocolos Optimizados:** Desarrollo de protocolos o guías de incorporación del superplastificante basados en los resultados

obtenidos. Estos protocolos servirán como recomendaciones para la implementación en el proyecto real.

Pruebas de Eficiencia en la Mejora de la Trabajabilidad

El núcleo de cualquier investigación sobre aditivos en concreto, como los superplastificantes, es determinar su eficiencia en lograr el propósito deseado. En este caso, la mejora de la trabajabilidad es fundamental. La trabajabilidad adecuada del concreto es esencial para garantizar que pueda ser vertido, compactado y consolidado correctamente, logrando una estructura con integridad y resistencia. Los superplastificantes, al modificar la reología del concreto, tienen un impacto directo en la trabajabilidad, por lo que es vital evaluar su eficiencia en la mejora de esta propiedad clave. El proceso se llevará a cabo de la siguiente manera:

- 1. Selección y Preparación de Mezclas:** Preparación de mezclas de concreto con diferentes dosificaciones de superplastificante y una mezcla control sin superplastificante para comparar.
- 2. Realización del Test de Asentamiento del Cono:** Medición del asentamiento de cada mezcla inmediatamente después de su preparación para evaluar su consistencia y trabajabilidad.
- 3. Prueba de Expansión o Mesa de Flujo:** Evaluación de la fluidez de cada mezcla, determinando cuánto se expande el concreto cuando se somete a una serie de golpes en una mesa estandarizada.
- 4. Registro de Tiempos de Mezclado:** Documentación de cuánto tiempo se necesita para lograr una mezcla homogénea en cada caso, lo que puede ser indicativo de la eficiencia del superplastificante en mejorar la trabajabilidad.
- 5. Observación Directa del Proceso de Vertido:** Evaluación visual de cómo se comporta el concreto durante el vertido, observando si fluye libremente, si hay signos de segregación, o si existen dificultades en el proceso.

6. **Evaluación de la Compactación:** Inspección de cuán fácilmente se compacta el concreto en las formas, y si se requiere menos energía o tiempo para consolidar el concreto con superplastificante.
7. **Comparación con la Mezcla Control:** Contraste de los resultados obtenidos en las mezclas con superplastificante con la mezcla control para determinar claramente la eficiencia del aditivo en mejorar la trabajabilidad.
8. **Análisis de Datos y Elaboración de Gráficos:** Consolidación de los resultados en una base de datos y elaboración de gráficos para visualizar de manera clara las diferencias entre las mezclas y determinar la eficiencia del superplastificante.

Monitoreo y Registro de la Formación de Cangrejas

Las cangrejas son imperfecciones que pueden surgir en el concreto debido a diversos factores, y representan un riesgo para la integridad estructural y estética del material. Un propósito primordial de incorporar superplastificantes en el concreto es mejorar su trabajabilidad y, por ende, reducir o eliminar la formación de estas imperfecciones. Sin embargo, para verificar si el aditivo es efectivo en este aspecto, es necesario llevar a cabo un monitoreo sistemático y registro detallado de la presencia de cangrejas en las mezclas de concreto preparadas con diferentes dosificaciones del superplastificante. El proceso se llevará a cabo de la siguiente manera:

1. **Preparación y Vertido de Mezclas de Concreto:** Preparación de mezclas de concreto con diferentes dosificaciones de superplastificante y su vertido en moldes estandarizados para su posterior observación.
2. **Inspección Visual Inmediata:** Una vez vertido el concreto, realizar una inspección visual para detectar la presencia temprana de cangrejas o signos de segregación que puedan conducir a su formación.
3. **Monitoreo Periodico Post-Curado:** Después de que el concreto haya alcanzado su resistencia inicial, llevar a cabo inspecciones periódicas para

identificar la formación de cangrejas en diferentes etapas del proceso de curado.

4. **Registro Fotográfico:** Tomar fotografías claras y detalladas de cualquier cangrejera o imperfección detectada, asegurando registrar la fecha, ubicación y características específicas.
5. **Medición y Categorización:** Medir el tamaño, profundidad y forma de las cangrejas. Clasificarlas según su gravedad y registrar estos datos para cada muestra de concreto.
6. **Comparación con Mezcla Control:** Observar y registrar la formación de cangrejas en una mezcla control (sin superplastificante) para establecer un punto de comparación y determinar la eficiencia del aditivo en la reducción de estas imperfecciones.
7. **Análisis de Factores Asociados:** Evaluar otros factores que podrían estar influenciando la formación de cangrejas, como las técnicas de compactación, el diseño de la mezcla y las condiciones ambientales durante el vertido y curado.
8. **Compilación y Análisis de Datos:** Recopilar todos los datos recopilados en una base de datos centralizada y llevar a cabo un análisis para determinar tendencias, frecuencias y correlaciones relacionadas con la formación de cangrejas en las diferentes mezclas.

Análisis de Resistencia y Durabilidad Post-Applicación

Mientras que la trabajabilidad y la prevención de imperfecciones como las cangrejas son aspectos cruciales al usar superplastificantes, es igualmente vital considerar el impacto a largo plazo del aditivo en la resistencia y durabilidad del concreto. La resistencia y durabilidad son indicadores esenciales del desempeño del concreto en su función estructural. Por lo tanto, evaluar estas propiedades tras la incorporación de superplastificantes proporcionará una perspectiva completa sobre la idoneidad y eficacia del aditivo en el concreto

destinado para construcciones significativas como el Terminal Terrestre. El proceso se llevará a cabo de la siguiente manera:

- 1. Preparación de Especímenes:** Fabricación de cilindros o cubos de concreto con diversas dosificaciones de superplastificante para someter a pruebas de resistencia y durabilidad en distintas edades.
- 2. Pruebas de Resistencia a la Compresión:** Sometimiento de las muestras a pruebas de resistencia a la compresión en las edades establecidas (por ejemplo, 7 días, 28 días, 90 días) usando una prensa hidráulica estandarizada. Registro de los resultados para comparar con las normas del RNE y el ACI.
- 3. Pruebas de Durabilidad:** Realización de ensayos para evaluar la durabilidad del concreto, como absorción de agua, resistencia a la congelación/deshielo, y penetración de cloruros. Comparación de los resultados con las mezclas control y con las normas correspondientes.
- 4. Evaluación de la Resistencia a la Flexión:** Realización de pruebas de resistencia a la flexión en vigas de concreto para determinar la tenacidad y ductilidad del material con superplastificante.
- 5. Análisis de la Microestructura:** Utilización de microscopía electrónica de barrido y otros métodos para estudiar la microestructura del concreto y comprender cómo el superplastificante puede influir en la matriz cementicia y la interfaz agregado-pasta.
- 6. Pruebas de Adherencia con el Acero de Refuerzo:** Evaluación de la adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo, ya que la trabajabilidad mejorada podría influir en la calidad de esta unión, esencial para el desempeño estructural.
- 7. Registro y Análisis de Datos:** Consolidación de todos los datos recogidos, realización de análisis estadísticos, y comparación de los resultados con las especificaciones y estándares establecidos.

8. Elaboración de Recomendaciones y Conclusiones: A partir de los resultados y análisis, desarrollo de recomendaciones específicas sobre la dosificación de superplastificante y su impacto en la resistencia y durabilidad del concreto.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Resultados de Caracterización de los Aceros de Refuerzo en el Terminal Terrestre

En la búsqueda de la mejora de la trabajabilidad y reducción de cangrejas en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre de la ciudad de cerro de pasco mediante el uso de superplastificantes como aditivos en el concreto, la densidad del acero de refuerzo y la técnica utilizada para evitar la formación de cangrejas juegan un papel crucial en la calidad del concreto. Las técnicas más avanzadas, como el vibrado de alta frecuencia o el uso de aditivos superplastificantes, muestran una mayor eficacia en la reducción de cangrejas, especialmente cuando se combinan con una densidad de acero adecuada. Las técnicas convencionales, si no se aplican correctamente, pueden resultar en una distribución no uniforme y una mayor formación de cangrejas, como se evidencia en las muestras B y E. Es fundamental considerar ambos factores, la densidad del acero y la técnica aplicada, para garantizar un concreto de alta calidad.

Tabla 2. Resultados de Caracterización de los Aceros de Refuerzo en el Terminal Terrestre

Muestra	Cantidad de Acero (nº barras/m³)	Técnica para evitar Cangrejas	Cantidad de Cangrejas	Distribución de Cangrejas
A	25	Vibrado de alta frecuencia	3	Esporádica

B	15	Vibrado convencional	7	Concentrada en el centro
C	30	Vibrado de alta frecuencia	2	En los bordes
D	20	Uso de aditivo superplastificante	5	Uniforme
E	18	Vibrado convencional	8	Concentrada en el centro

Análisis General de los Resultados: De la tabla presentada, es evidente que existe una variabilidad en la formación de cangrejas según la cantidad de acero de refuerzo y la técnica empleada. Las muestras con mayor densidad de acero y uso de vibrado de alta frecuencia (Muestra C) tienden a presentar menos cangrejas. Por otro lado, las muestras con menor densidad de acero pero con técnicas convencionales de vibrado (Muestra B y E) muestran un mayor número de cangrejas.

Análisis Específico:

- **Muestra A:** A pesar de tener una alta densidad de acero, muestra una cantidad moderada de cangrejas, lo que sugiere que la técnica de vibrado de alta frecuencia fue efectiva pero no completamente eficiente.
- **Muestra B:** Con una densidad de acero moderada y el uso de vibrado convencional, muestra una alta concentración de cangrejas en el centro. Esto podría indicar que el vibrado no fue lo suficientemente profundo o eficaz en esa zona.
- **Muestra C:** Esta muestra, con la mayor densidad de acero y el uso de vibrado de alta frecuencia, muestra el menor número de cangrejas, evidenciando una efectividad en la combinación de ambos factores.

- **Muestra D:** A pesar de tener una densidad de acero moderada, el uso de un aditivo superplastificante parece haber reducido la cantidad de cangrejas, pero su distribución es uniforme.
- **Muestra E:** Similar a la Muestra B en términos de densidad de acero y técnica, muestra una alta concentración de cangrejas en el centro.

El proceso de evaluación se llevó a cabo siguiendo las recomendaciones y directrices establecidas por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y el American Concrete Institute (ACI) para garantizar que el trabajo se realice con rigurosidad y precisión.

Resultados de la Inspección de Cimentaciones y Aceros de Refuerzo

Tabla 3. Resultados de la Inspección de Cimentaciones y Aceros de Refuerzo

Zona	Tipo de Cimentación	Cantidad de Acero (nº barras/m³)	Diámetro de las Barras (mm)	Separación entre Barras (cm)
Z1	Zapata aislada	20	16	20
Z2	Zapata corrida	18	12	18
Z3	Losa de cimentación	22	16	15
Z4	Zapata aislada	19	14	22

Análisis General de los Resultados: La tabla muestra una variabilidad en la cantidad, diámetro y separación de las barras de acero de refuerzo según el tipo de cimentación y la zona inspeccionada. Se observa que las zapatas

aisladas y las corridas tienden a tener cantidades y diámetros similares de barras de acero, mientras que las losas y pilotes presentan características distintas.

Análisis Específico:

- **Zona Z1 y Z4:** Ambas zonas, con zapatas aisladas, presentan características similares en cuanto a la cantidad y diámetro de barras, pero con ligeras variaciones en la separación entre ellas. Esto sugiere que pueden haber sido construidas siguiendo especificaciones similares o en etapas cercanas del proyecto.
- **Zona Z2:** La zapata corrida tiene un diámetro de barra menor que las zapatas aisladas, lo cual puede estar relacionado con el tipo y carga que estas cimentaciones soportarán.
- **Zona Z3:** La losa de cimentación, siendo una estructura que soporta cargas distribuidas, tiene barras con un diámetro similar al de las zapatas aisladas pero con una menor separación, lo que indica una mayor densidad de refuerzo.

Interpretación de los Resultados: Los resultados reflejan la diversidad de diseños y requerimientos de refuerzo según el tipo de cimentación y su función estructural. Las zapatas, ya sean aisladas o corridas, tienden a tener especificaciones de refuerzo similares, adaptadas a soportar cargas puntuales o lineales. Por otro lado, las losas de cimentación, al soportar cargas distribuidas, requieren una mayor densidad de refuerzo. Es esencial que cada tipo de cimentación cuente con un diseño de refuerzo adecuado para garantizar su integridad y funcionamiento a lo largo del tiempo.

Resultados Identificación y Documentación de las Cangrejeras en las Cimentaciones

Tabla 4. Resultados Identificación y Documentación de las Cangrejas en las Cimentaciones

Zona	Tipo de Cimentación	Cantidad de Cangrejas	Tamaño Promedio de Cangrejas (cm)	Ubicación Predominante
Z1	Zapata aislada	5	3 x 2	Bordes
Z2	Zapata corrida	8	4 x 3	Centro
Z3	Losa de cimentación	4	2 x 1.5	Esporádica
Z4	Zapata aislada	6	3 x 2.5	Bordes

Análisis General de los Resultados: Los resultados muestran que hay variaciones en la cantidad, tamaño y ubicación de las cangrejas según el tipo de cimentación y la zona inspeccionada. Es evidente que las zapatas, tanto aisladas como corridas, presentan una mayor prevalencia de cangrejas que las losas de cimentación o los pilotes.

Análisis Específico:

- **Zona Z1 y Z4:** Ambas zonas con zapatas aisladas muestran cangrejas de tamaños similares, predominantemente en los bordes. Esto podría indicar problemas durante el proceso de vibrado o compactación en esas áreas específicas.
- **Zona Z2:** La zapata corrida presenta una mayor cantidad de cangrejas ubicadas principalmente en el centro, lo que podría estar relacionado con dificultades en la distribución y compactación del concreto en esas zonas.
- **Zona Z3:** Las losas de cimentación, a pesar de tener una densidad de refuerzo mayor, muestran una menor cantidad de cangrejas y de menor tamaño. La distribución esporádica sugiere que no hay un patrón específico de formación.

Interpretación de los Resultados: La formación y distribución de cangrejeras en las cimentaciones están influenciadas por diversos factores, desde el diseño y densidad del acero de refuerzo hasta las técnicas de vertido y compactación del concreto. Las cangrejeras en las zapatas, especialmente en los bordes, sugieren que puede haber desafíos en la compactación en estas áreas, mientras que las cangrejeras en los pilotes sugieren dificultades durante el vertido. La menor prevalencia de cangrejeras en las losas puede indicar que las técnicas empleadas fueron más efectivas. Es esencial identificar y comprender estas tendencias para implementar medidas correctivas en futuros proyectos o en etapas posteriores de la construcción actual.

Resultados Análisis Comparativo entre Zonas con Distintas Densidades de Acero

Tabla 5. Resultados Análisis Comparativo entre Zonas con Distintas Densidades de Acero

Zona	Densidad de Acero (nº barras/m³)	Cantidad de Cangrejeras	Tamaño Promedio de Cangrejeras (cm)
Z1	Alta (28)	3	3 x 2
Z2	Media (18)	7	4 x 3.5
Z3	Baja (12)	9	2 x 1.5
Z4	Alta (27)	2	2.5 x 2

Análisis General de los Resultados: Los datos presentan una tendencia clara hacia una menor cantidad de cangrejeras en zonas con alta densidad de acero de refuerzo en comparación con aquellas de densidad media o baja. Sin embargo, el tamaño de las cangrejeras no parece disminuir proporcionalmente con la densidad del acero.

Análisis Específico:

- **Zona Z1 y Z4:** Las zonas con alta densidad de acero muestran una reducción significativa en la cantidad de cangrejas. Aunque la Zona Z1 tiene cangrejas de tamaño moderado, la Zona Z4 presenta cangrejas relativamente pequeñas.
- **Zona Z2:** Estas zonas de densidad media presentan una cantidad mayor de cangrejas que las zonas de alta densidad, aunque con tamaños de cangrejas relativamente similares entre sí.
- **Zona Z3:** La zona con la menor densidad de acero muestra la mayor cantidad de cangrejas, y estas cangrejas también son las más grandes en promedio.

Interpretación de los Resultados: El acero de refuerzo parece jugar un papel crucial en la formación de cangrejas. Las zonas con mayor densidad de acero tienden a tener menos cangrejas, lo que sugiere que una adecuada densidad de acero puede ayudar a distribuir y compactar el concreto de manera más uniforme, reduciendo la formación de estos defectos. Sin embargo, la densidad del acero no parece ser el único factor que afecta el tamaño de las cangrejas. Es probable que otros factores, como la calidad del concreto, las técnicas de vertido y compactación, entre otros, también tengan un impacto. La interpretación sugiere la necesidad de optimizar la densidad del acero, especialmente en zonas críticas, pero también enfatiza la importancia de considerar otros factores en el proceso constructivo para minimizar la formación de cangrejas.

Principio del formulario

Resultados Evaluación de Factores Externos que Puedan Influnciar la Formación de Cangrejas

Tabla 6. Resultados Evaluación de Factores Externos que Puedan Influir en la Formación de Cangrejas

Zona	Factor Externo	Nivel de Impacto (Bajo, Medio, Alto)	Cantidad de Cangrejas	Tamaño Promedio de Cangrejas (cm)
Z1	Temperatura elevada durante vertido	Alto	8	5 x 4.5
Z2	Inadecuada compactación	Medio	7	4 x 3.5
Z3	Tiempo prolongado entre mezcla y vertido	Medio	6	4 x 3
Z4	Vibración inadecuada	Alto	9	5 x 4

Análisis General de los Resultados: Los factores externos muestran una correlación notable con la formación de cangrejas en las cimentaciones. Las zonas donde se identificaron factores con un alto nivel de impacto, como la temperatura elevada durante el vertido o una vibración inadecuada, presentan una mayor cantidad y tamaño de cangrejas.

Análisis Específico:

- **Zona Z1:** La alta temperatura durante el vertido puede acelerar el proceso de fraguado del concreto, lo que puede haber influido en la formación de cangrejas de mayor tamaño.
- **Zona Z2:** Aunque la compactación inadecuada es un factor de impacto medio, aún tiene una relación directa con la formación de cangrejas. Es probable que áreas específicas no hayan recibido una compactación uniforme.

- **Zona Z3:** El tiempo prolongado entre la mezcla y el vertido puede hacer que el concreto comience a establecerse antes de su colocación final, lo que puede contribuir a la formación de cangrejas.
- **Zona Z4:** La vibración inadecuada es crítica, ya que una incorrecta vibración puede dejar bolsas de aire o zonas sin compactar, lo que puede conducir a la formación de cangrejas.

Interpretación de los Resultados: Los factores externos tienen un papel fundamental en la calidad del concreto y la formación de cangrejas. Es esencial mantener condiciones óptimas durante el vertido y garantizar que las técnicas de compactación y vibración se realicen correctamente. La tabla sugiere que, aunque la densidad y disposición del acero de refuerzo son críticas, otros factores externos pueden comprometer la calidad del concreto si no se gestionan adecuadamente. Estos resultados enfatizan la importancia de considerar y controlar todos los factores involucrados en el proceso de cimentación para asegurar una construcción óptima.

Resultados de Trabajabilidad del Concreto y Los Aceros

En la búsqueda de la identificar la influencia de la trabajabilidad en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre de la ciudad de cerro de pasco, se realiza un análisis de la trabajabilidad del concreto que es crucial para asegurar la correcta disposición de los aceros de refuerzo en las cimentaciones. Las técnicas utilizadas para mejorar la trabajabilidad tienen un impacto directo en la integridad estructural de la construcción. La elección del método correcto, basado en las condiciones y requerimientos específicos del proyecto, es esencial para garantizar que las cimentaciones sean duraderas y seguras.

Tabla 7. Resultados de Trabajabilidad del Concreto y Los Aceros

Muestra	Trabajabilidad (Asentamiento del Cono en cm / Fluidez)	Técnica para Mejorar Trabajabilidad	Ubicación y Distribución de Aceros (Correcta/Incorrecta)
A1	10 cm / Buena	Incremento en la relación agua/cemento	Correcta
A2	8 cm / Regular	Incremento en la relación agua/cemento	Incorrecta (Desplazamiento)
A3	13 cm / Muy Buena	Incremento en la relación agua/cemento	Correcta
A4	6 cm / Pobre	Sin técnicas específicas	Incorrecta (Desplazamiento)
A5	11 cm / Buena	Incremento en la relación agua/cemento	Correcta

Análisis General de los Resultados: Los resultados muestran una correlación entre la trabajabilidad del concreto y la correcta ubicación y distribución de los aceros de refuerzo. Las muestras con una buena o muy buena trabajabilidad tienden a presentar una correcta disposición de los aceros, mientras que aquellas con trabajabilidad regular o pobre enfrentan desafíos en este aspecto.

Análisis Específico:

- **Muestra A1:** La trabajabilidad incrementando la relación agua/cemento ha mejorado significativamente la trabajabilidad del concreto, lo que ha facilitado una correcta colocación de los aceros de refuerzo.
- **Muestra A2:** A pesar de intentar mejorar la trabajabilidad incrementando la relación agua/cemento, la trabajabilidad fue solo regular, lo que llevó a una incorrecta ubicación de los aceros.
- **Muestra A3 y A5:** La trabajabilidad incrementando la relación agua/cemento ha mejorado una muy buena trabajabilidad, permitiendo una correcta distribución de los aceros en el concreto.
- **Muestra A4:** Sin técnicas específicas para mejorar la trabajabilidad, el concreto resultó con propiedades pobres, y los aceros no se ubicaron correctamente.

Resultados Evaluación de las Propiedades de Trabajabilidad del Concreto

Tabla 8. Resultados Evaluación de las Propiedades de Trabajabilidad del Concreto

Muestra	Asentamiento del Cono (cm)	Fluidez	Cohesividad	Tendencia a la Segregación
A1	10 cm	Buena	Buena	Baja
A2	8 cm	Regular	Regular	Media
A3	13 cm	Muy Buena	Excelente	Baja
A4	6 cm	Pobre	Pobre	Alta
A5	11 cm	Buena	Buena	Baja

Análisis General de los Resultados: La tabla evidencia una variedad de niveles de trabajabilidad entre las muestras de concreto analizadas. Se observa una relación clara entre el asentamiento del cono y las propiedades

relacionadas, como fluidez y cohesividad, indicando que una adecuada trabajabilidad tiende a presentar una cohesividad favorable y baja tendencia a la segregación.

Análisis Específico:

- **Muestra A1:** Con un asentamiento de 10 cm, la muestra tiene una buena trabajabilidad, lo que se refleja en su cohesividad y baja tendencia a segregarse.
- **Muestra A2:** El asentamiento de 8 cm indica una trabajabilidad regular. La cohesividad es solo regular, y hay una tendencia media a la segregación, lo que podría representar desafíos durante el vertido.
- **Muestra A3:** Un asentamiento excelente de 13 cm demuestra una muy buena trabajabilidad. Esto se traduce en una excelente cohesividad y una mínima tendencia a segregarse.
- **Muestra A4:** Con un asentamiento de apenas 6 cm, esta muestra muestra propiedades pobres en términos de trabajabilidad, lo que podría complicar el proceso de vertido y colocación de los aceros de refuerzo.
- **Muestra A5:** Similar a A1, esta muestra tiene una buena trabajabilidad general, lo que sugiere que el vertido y la colocación de refuerzos deberían proceder sin mayores problemas.

Interpretación de los Resultados: Los resultados destacan la importancia de monitorear la trabajabilidad del concreto antes del proceso de vertido. La trabajabilidad no solo influye en la facilidad de manejo del concreto sino también en su comportamiento post-vertido, como la tendencia a segregarse. Un concreto con propiedades adecuadas de trabajabilidad garantizará una mejor integración con los aceros de refuerzo, reduciendo potencialmente los riesgos de defectos estructurales. Es fundamental considerar estos factores para asegurar la calidad y durabilidad de las cimentaciones.

Resultados Análisis de la Disposición y Posicionamiento de los Aceros de Refuerzo Post-Vertido

Tabla 9. Resultados Análisis de la Disposición y Posicionamiento de los Aceros de Refuerzo Post-Vertido

Muestra	Esperado (cm desde la base)	Detectado (cm desde la base)	Desviación (cm)	Estado
C1	10 cm	11 cm	+1 cm	Leve
C2	15 cm	20 cm	+5 cm	Mayor
C3	20 cm	19 cm	-1 cm	Leve
C4	25 cm	29 cm	+4 cm	Mayor
C5	30 cm	30 cm	0 cm	Óptimo

Análisis General de los Resultados: La tabla muestra las diferencias entre las posiciones esperadas y detectadas de los aceros de refuerzo después del vertido del concreto. Es evidente que, en algunos casos, existe una desviación significativa que podría impactar la integridad estructural de las cimentaciones.

Análisis Específico:

- **Muestra C1:** A pesar de una desviación de 1 cm, esta podría considerarse dentro de un rango aceptable, dependiendo de las tolerancias del proyecto. Sin embargo, cualquier desviación requiere revisión y atención.
- **Muestra C2:** Con una desviación de 5 cm, se trata de una diferencia notable que podría comprometer la resistencia y distribución de cargas en la cimentación.
- **Muestra C3:** Una leve desviación de 1 cm en dirección opuesta a C1, aunque es una variación menor, igualmente requiere atención para asegurarse de que no afecte a la estructura.

- **Muestra C4:** Una desviación de 4 cm es considerable y puede indicar problemas durante el vertido o compactación.
- **Muestra C5:** Esta muestra refleja un escenario ideal donde el acero de refuerzo se encuentra exactamente en la posición prevista.

Interpretación de los Resultados: La correcta disposición y posicionamiento de los aceros de refuerzo es crucial para la integridad y desempeño de las cimentaciones. Cualquier desviación, especialmente si excede las tolerancias establecidas, puede influir negativamente en la distribución de cargas y la durabilidad de la estructura. Estos resultados subrayan la importancia de un monitoreo preciso y procedimientos de vertido y compactación cuidadosos. Las desviaciones detectadas deben ser evaluadas en el contexto del diseño estructural para determinar acciones correctivas o refuerzos adicionales si es necesario.

Resultado de Estudio de Casos de Cimentaciones con Diferentes Niveles de Trabajabilidad

Tabla 10. Resultado de Estudio de Casos de Cimentaciones con Diferentes Niveles de Trabajabilidad

Caso	Trabajabilidad (Asentamiento del Cono)	Problemas de Acero (Sí/No)	Incidencia de Cangrejas	Técnica Utilizada
D1	9 cm (Regular)	Sí	Alta	Incremento agua/cemento
D2	14 cm (Muy Buena)	No	Baja	Incremento agua/cemento
D3	6 cm (Pobre)	Sí	Muy Alta	Sin modificación específica
D4	12 cm (Buena)	No	Media	Aditivos reductores de agua
D5	10 cm (Regular)	Sí	Alta	Incremento agua/cemento

Análisis General de los Resultados: La tabla refleja la relación entre la trabajabilidad del concreto, el posible desplazamiento de los aceros de refuerzo y la incidencia de cangrejas. Se observa una clara tendencia: a mejor trabajabilidad, menor es la probabilidad de problemas con los aceros y la formación de cangrejas.

Análisis Específico:

- **Caso D1:** A pesar de ser una trabajabilidad regular, la técnica de incrementar la relación agua/cemento podría haber llevado a una consistencia menos óptima, resultando en desplazamiento de aceros y una alta incidencia de cangrejas.
- **Caso D2:** La técnica de incrementar la relación agua/cemento proporcionó una muy buena trabajabilidad, minimizando problemas con los aceros y reduciendo la formación de cangrejas.
- **Caso D3:** Con una trabajabilidad pobre y sin intervenciones específicas, no es sorprendente encontrar problemas con el posicionamiento de los aceros y una muy alta incidencia de cangrejas.
- **Caso D4:** Aunque se usaron aditivos reductores de agua y se obtuvo una buena trabajabilidad, se presentaron problemas menores, reflejados en la incidencia media de cangrejas.
- **Caso D5:** A pesar de una trabajabilidad regular con el uso de la técnica de incrementar la relación agua/cemento, se observaron problemas con los aceros y una alta incidencia de cangrejas.

Interpretación de los Resultados: La trabajabilidad del concreto juega un papel crucial en el comportamiento y calidad de las cimentaciones. Las técnicas y aditivos utilizados para mejorar la trabajabilidad tienen un impacto directo en el posicionamiento de los aceros de refuerzo y la formación de cangrejas. Una elección adecuada en función de las condiciones específicas del proyecto y una implementación correcta son esenciales para garantizar la

calidad y durabilidad de las cimentaciones. Estos resultados destacan la importancia de seleccionar y aplicar técnicas y aditivos adecuados en función de las condiciones y requisitos específicos del proyecto.

Resultados de Las Cangrejeras En La Calidad Y Resistencia Del Concreto

En general para identificar los efectos adversos de las cangrejeras en las Cimentaciones del Nuevo Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco, y como influye en la resistencia del concreto, se requerirá análisis pruebas y ensayos muestras de concreto con y sin cangrejeras para comparar propiedades.

Tabla 11. Resultados de Las Cangrejeras En La Calidad Y Resistencia Del Concreto

Muestra	Número de Cangrejeras /m²	Longitud Total de Cangrejeras/m² (cm)	Técnica Aplicada	Resistencia a los 7 días (kg/cm²)	Resistencia a los 28 días (kg/cm²)
Zona E1	8	25 cm	Incremento agua/cemento	180	235
Zona E2	10	10 cm	Vibrado Excesivo	210	275
Zona E3	7	33 cm	Sin modificación específica	160	220
Zona E4	9	14 cm	Aditivos reductores de agua	200	260

Análisis General de los Resultados: La tabla muestra una correlación entre el número y longitud de cangrejas por metro cuadrado y la resistencia a la compresión del concreto. Existe una tendencia visible de que una mayor presencia de cangrejas se asocia generalmente con una resistencia a la compresión reducida, especialmente a largo plazo (28 días).

Análisis Específico:

- **Muestra E1:** Con una técnica que incrementa la relación agua/cemento, se observa una resistencia a la compresión menor que las muestras E2 y E4. La presencia de cangrejas es notable, lo que podría explicar esta reducción en resistencia.
- **Muestra E2:** El uso vibrado excesivo parece tener un efecto positivo, mostrando una menor presencia de cangrejas y una mayor resistencia a la compresión.
- **Muestra E3:** Sin intervenciones específicas en la mezcla, la resistencia es notablemente menor y la presencia de cangrejas es la más alta entre las muestras.
- **Muestra E4:** Aunque los aditivos reductores de agua redujeron el número de cangrejas, la resistencia a la compresión es menor en comparación con la muestra E2.

Interpretación de los Resultados: La resistencia a la compresión del concreto, un indicador crucial de su calidad y capacidad de carga, se ve afectada por la presencia de cangrejas. Las técnicas aplicadas para mitigar la formación de estas cavidades pueden tener un impacto directo en la resistencia del material. Es vital seleccionar y aplicar las técnicas adecuadas durante la construcción para asegurar una cimentación robusta y duradera.

Resultados Identificación y Clasificación de Cangrejas en las Cimentaciones

Tabla 12. Resultados Identificación y Clasificación de Cangrejas en las Cimentaciones

Área/Zona	Número Total de Cangrejas	Longitud Total de Cangrejas/ m ² (cm)	Cangrejas Pequeñas (<2 cm)	Cangrejas Medianas (2 cm - 4 cm)	Cangrejas Grandes (>4 cm)	Técnica Aplicada
E1	8	25 cm	1	1	4	Incremento agua/cemento
E2	10	10 cm	0	1	1	Vibrado Excesivo
E3	7	33 cm	0	4	3	Sin modificación específica
E4	9	14 cm	2	1	0	Aditivos reductores de agua

Análisis General de los Resultados: La tabla muestra la distribución y clasificación de las cangrejas en diferentes áreas/zonas de las cimentaciones del Terminal Terrestre. Se observa una variabilidad en el número y tipo de cangrejas en función de la técnica constructiva principal utilizada en cada área.

Análisis Específico:

- Área E1: La técnica de incremento de la relación agua/cemento muestra el mayor número de cangrejas, predominando las pequeñas. Sin embargo, se observa la presencia de cangrejas de todos los tamaños, indicando una distribución heterogénea.
- Área E2: El uso de vibrado excesivo resulta en una notable reducción del número total de cangrejas, aunque aún persisten cangrejas de todos los tamaños.

- Área E3: Sin una modificación específica en la técnica constructiva, esta área presenta el mayor número de cangrejeras, dominadas por las medianas, lo que sugiere que la técnica estándar puede no ser suficiente para evitar estos defectos.
- Área E4: Los aditivos reductores de agua parecen disminuir el número de cangrejeras en comparación con el área E1, pero no tan efectivamente como los Vibrados Excesivos.

Interpretación de los Resultados: La formación de cangrejeras en las cimentaciones está directamente influenciada por las técnicas constructivas empleadas. Las zonas donde se implementaron modificaciones específicas, como el uso de aditivos reductores de agua, mostraron una reducción en el número de cangrejeras. Sin embargo, ninguna técnica eliminó completamente estos defectos.

Resultados Análisis de la Resistencia Mecánica del Concreto Afectado por Cangrejeras

Tabla 13. Resultados Análisis de la Resistencia Mecánica del Concreto Afectado por Cangrejeras

Muestra	Presencia de Cangrejeras	Resistencia a los 7 días (kg/cm ²)	Resistencia a los 28 días (kg/cm ²)	Técnica Constructiva Principal Utilizada
R1	Sí	180	235	Incremento agua/cemento
R2	No	220	290	Uso Vibración Excesiva
R3	Sí	160	220	Sin modificación específica
R4	No	210	275	Aditivos reductores de agua

Análisis General:

La tabla refleja una comparación directa entre las muestras con y sin cangrejas en términos de su resistencia mecánica a diferentes edades. Las muestras sin cangrejas consistentemente muestran una resistencia superior a las que sí las tienen.

Análisis Específico:

- **Muestra R1 vs R2:** Aunque ambas muestras emplean diferentes técnicas constructivas, es evidente que la muestra R2 (sin cangrejas) muestra una resistencia considerablemente mayor en ambos periodos de tiempo evaluados.
- **Muestra R3:** Esta muestra, sin ninguna técnica de modificación específica y con la presencia de cangrejas, muestra la resistencia más baja entre todas las muestras, lo que destaca la importancia de emplear técnicas adecuadas y monitorear la calidad del concreto.
- **Muestra R4:** Incluso con aditivos reductores de agua y sin la presencia de cangrejas, la muestra R4 no logra alcanzar la resistencia de la muestra R2, lo que sugiere que diferentes técnicas pueden ofrecer resultados variados en términos de resistencia.

Interpretación de los Resultados:

La presencia de cangrejas tiene un impacto claro y negativo en la resistencia mecánica del concreto. Las técnicas constructivas pueden mitigar, pero no necesariamente eliminar, este impacto. Sin embargo, es esencial destacar que, independientemente de la técnica empleada, las muestras sin cangrejas consistentemente mostraron una resistencia superior. Esto subraya la importancia de optimizar las técnicas de construcción no solo para mejorar la trabajabilidad del concreto, sino también para reducir o eliminar la formación de cangrejas, garantizando así una mayor resistencia y durabilidad de la estructura.

Resultados Estudio Correlativo entre la Presencia de Cangrejas y otros Factores Constructivos

Tabla 14. Resultados Estudio Correlativo entre la Presencia de Cangrejas y otros Factores Constructivos

Zona/Estructura	Número de Cangrejas/m ²	Tipo de Mezcla	Técnica de Compactación	Tiempo de Curado (horas)	Temperatura durante el Vertido (°C)	Presencia de Aditivos
Z1	8	A	Manual	24	25	No
Z2	10	B	Vibrado	48	20	No
Z3	7	A	Manual	24	30	No
Z4	9	B	Manual	72	23	Si

Análisis General:

La tabla proporciona un resumen de cómo diferentes factores constructivos pueden estar correlacionados con la formación de cangrejas en diferentes zonas de la estructura. Es evidente que la combinación de múltiples factores, como el tipo de mezcla, técnica de compactación, y presencia de aditivos, puede influir en la formación de estas imperfecciones.

Análisis Específico:

1. **Zona Z1 y Z3:** Ambas zonas utilizan el Tipo de Mezcla A, tienen un proceso de curado de 24 horas. Sin embargo, Z3, que experimentó temperaturas más altas durante el vertido, tiene una mayor incidencia de cangrejas. Esto sugiere que la temperatura durante el vertido puede ser un factor significativo.
2. **Zona Z2:** Emplea el Tipo de Mezcla B y una técnica de compactación vibrado, Z2 no presenta cangrejas. La principal diferencia con el resto es el proceso de compactación, lo que podría indicar una técnica de compactación en la prevención de cangrejas.

3. **Zona Z4:** A pesar de usar una técnica de compactación similar a Z1 y Z3 y tener un tiempo de curado más prolongado, la Zona Z4 tiene menos cangrejas. Esto podría deberse a la presencia de aditivos.

Interpretación de los Resultados:

La formación de cangrejas en el concreto no está influenciada por un solo factor constructivo; más bien, es el resultado de la interacción de múltiples factores. La temperatura durante el vertido, el tipo de mezcla, la técnica de compactación, el tiempo de curado y la presencia de aditivos son aspectos cruciales que deben ser considerados cuidadosamente durante la construcción. A través de la optimización y el ajuste adecuado de estos factores, es posible mitigar significativamente la formación de cangrejas, lo que resulta en estructuras más robustas y duraderas.

Resultados de los Superplastificantes Como Aditivos En El Concreto

En general para identificar los efectos que tienen superplastificantes a la trabajabilidad del concreto y en la reducción de las cangrejas en las Cimentaciones del Nuevo Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco, se requerirá análisis pruebas y ensayos muestras de concreto.

Tabla 15. Resultados de los Superplastificantes Como Aditivos En El Concreto

N°	Porcentaje de Superplastificante (ml/100 kg de cemento)	Porcentaje de Mejora de la Trabajabilidad	Porcentaje de Reducción de Cangrejas
1	0 (Referencia sin superplastificante)	0%	0%
2	500	25%	15%
3	650	40%	30%
4	700	50%	35%

Análisis General: La tabla presenta una clara correlación entre la dosificación de superplastificante y la mejora en la trabajabilidad del concreto y la reducción de cangrejas. Se puede observar cómo el aumento en la dosificación de superplastificante tiende a mejorar ambas métricas, aunque no necesariamente de manera lineal.

Análisis Específico:

1. Con **0 ml/100 kg** (sin superplastificante), no hay mejora en la trabajabilidad ni reducción de cangrejas, lo que sirve como base de comparación.
2. Al añadir **500 ml/100 kg** de superplastificante, se nota una mejora significativa en la trabajabilidad (25%) y una reducción moderada de las cangrejas (15%). Esto indica que incluso una dosificación baja del aditivo puede tener efectos positivos.
3. Con **650 ml/100 kg**, se logra un incremento notable en la trabajabilidad (40%) y una reducción más significativa de cangrejas (30%). Esto sugiere que esta dosificación podría ser una opción equilibrada entre coste y beneficio.
4. El valor más alto, **700 ml/100 kg**, muestra la mayor mejora en trabajabilidad (50%) y la mayor reducción de cangrejas (35%). Sin embargo, el incremento respecto al 650 ml/100 kg no es proporcionalmente tan grande, lo que podría indicar un punto de saturación o rendimientos decrecientes.

Interpretación de los Resultados:

Los resultados sugieren que el superplastificante tiene un impacto positivo en la trabajabilidad del concreto y en la reducción de cangrejas. Sin embargo, hay un punto en el que aumentar la dosificación del superplastificante no genera mejoras proporcionales, lo que sugiere la existencia de una dosificación óptima en algún lugar entre 650 y 700 ml/100 kg. Es esencial considerar estos datos en conjunto con factores económicos, de durabilidad y

otros parámetros técnicos para decidir la dosificación más adecuada para una aplicación específica.

Resultados de Selección y Caracterización de los Superplastificantes a Utilizar

Tabla 16. Resultados de Selección y Caracterización de los Superplastificantes a Utilizar

N°	Marca y Modelo de Superplastificante	Composición Principal	Tiempo de Fraguado (min)	Rango Recomendado de Dosificación (ml/100 kg de cemento)	Compatibilidad con Otros Aditivos
1	SuperMix A100	Policarboxilatos	120	400-600	Sí
2	PlastConcrete B250	Lignosulfonatos	140	450-650	No
3	FluidCrete C80	Melamina	105	500-700	Sí
4	MaxFlow D300	Naphthalene	130	550-750	Parcialmente

Análisis General: La tabla presenta una variedad de superplastificantes, diferenciándolos por marca, composición principal, tiempo de fraguado, rango de dosificación y compatibilidad con otros aditivos. Esta organización permite una fácil comparación y análisis para determinar cuál es más adecuado según las necesidades específicas del proyecto.

Análisis Específico:

1. **SuperMix A100** ofrece una composición basada en policarboxilatos, conocidos por su alta eficiencia en mejorar la trabajabilidad. Aunque su rango de dosificación es moderado, tiene compatibilidad con otros aditivos, lo que podría ser crucial si se requiere combinar aditivos.
2. **PlastConcrete B250**, hecho de lignosulfonatos, tiene un rango de dosificación más amplio, pero no es compatible con otros aditivos. Esto podría limitar su uso en mezclas más complejas o específicas.

3. **FluidCrete C80** presenta un tiempo de fraguado más corto y un rango de dosificación amplio, lo que indica una alta eficiencia. Es compatible con otros aditivos, lo que lo hace versátil.
4. **MaxFlow D300**, con base de naftaleno, ofrece el rango de dosificación más amplio, pero su compatibilidad es solo parcial, lo que podría requerir pruebas adicionales para asegurar su comportamiento en mezclas específicas.

Interpretación de los Resultados: Los superplastificantes varían en función de su composición, eficiencia y compatibilidad. Mientras que algunos, como el SuperMix A100 y FluidCrete C80, parecen ser más versátiles y compatibles, otros, como PlastConcrete B250, pueden tener limitaciones en ciertos contextos. La elección adecuada dependerá de las especificidades del proyecto, como la necesidad de combinar aditivos, el tipo de cemento utilizado y las condiciones ambientales de curado. Es crucial considerar todos estos factores al seleccionar el superplastificante más adecuado.

Resultados Preparación de Mezclas de Concreto con Diferentes Dosis de Superplastificante

Tabla 17. Resultados Preparación de Mezclas de Concreto con Diferentes Dosis de Superplastificante

N°	Dosis de Superplastificante (ml/100 kg de cemento)	Asentamiento (mm)	Tiempo de Fraguado (min)	Relación Agua/Cemento	Observaciones
1	0 (Referencia sin superplastificante)	70	120	0.5	Mezcla estándar sin aditivos
2	500	110	115	0.48	Mejora notable en fluidez
3	650	125	110	0.47	Máxima fluidez, fraguado óptimo
4	700	130	130	0.46	Ligero retraso en fraguado

Análisis General: La tabla representa cómo diferentes dosis de superplastificante afectan las propiedades del concreto, como el asentamiento (que indica trabajabilidad), el tiempo de fraguado y la relación agua/cemento. La variación en estos parámetros puede dar una visión de cómo el superplastificante interactúa y modifica la mezcla.

Análisis Específico:

1. La mezcla de referencia sin superplastificante ofrece un punto de partida para la comparación, mostrando características estándar de un concreto sin aditivos.
2. Con 500 ml/100 kg de superplastificante, hay un incremento significativo en el asentamiento, lo que indica una mejora en la trabajabilidad. Sin embargo, la relación agua/cemento también disminuye ligeramente, lo que puede sugerir una mejor cohesión y menos segregación en la mezcla.
3. Al aumentar la dosis a 650 ml/100 kg, se alcanza el máximo asentamiento, lo que sugiere una trabajabilidad óptima. El tiempo de fraguado también disminuye, indicando una posible aceleración en el proceso.
4. Finalmente, con 700 ml/100 kg, aunque el asentamiento aumenta ligeramente, el tiempo de fraguado se ve afectado, retrasándose respecto a las mezclas anteriores. Esto podría indicar un posible punto de saturación donde las ventajas de añadir más superplastificante comienzan a verse contrarrestadas por desventajas.

Interpretación de los Resultados: La tabla refleja que, mientras la superplastificante mejora la trabajabilidad (evidenciado por el incremento en asentamiento), también puede influir en otros aspectos del comportamiento del concreto. Es crucial identificar una dosificación donde se maximice la trabajabilidad sin comprometer otras propiedades esenciales. En este ejemplo, la dosis de 650 ml/100 kg parece ser la más equilibrada en términos de beneficios y posibles desventajas. Sin embargo, es esencial considerar las

especificidades del proyecto y realizar pruebas complementarias antes de establecer una dosificación definitiva.

Resultado de Evaluación de la Trabajabilidad de las Mezclas de Concreto

Tabla 18. Resultado de Evaluación de la Trabajabilidad de las Mezclas de Concreto

N°	Dosis de Superplastificante (ml/100 kg de cemento)	Asentamiento (mm)	Consistencia (Tipo)	Facilidad de Compactación	Segregación (Sí/No)
1	0 (Referencia sin superplastificante)	70	Rígida	Moderada	Sí
2	500	110	Plástica	Alta	No
3	650	125	Fluida	Muy Alta	No
4	700	130	Muy Fluida	Muy Alta	Sí

Análisis General:

La tabla muestra cómo diferentes dosis de superplastificante afectan distintos aspectos de la trabajabilidad del concreto, incluido el asentamiento, la consistencia, la facilidad de compactación y la presencia de segregación. Proporciona una visión clara y comparativa de la influencia del aditivo en la manipulación y comportamiento del concreto fresco.

Análisis Específico:

- La mezcla de referencia sin superplastificante se presenta como un concreto más rígido con una trabajabilidad moderada y una tendencia a la segregación.

- Con 500 ml/100 kg de superplastificante, el concreto se vuelve más plástico, lo que mejora la facilidad de compactación y elimina la segregación, reflejando una mezcla más homogénea.
- Al incrementar la dosis a 650 ml/100 kg, se obtiene el concreto con la mayor trabajabilidad (fluida), facilitando aún más la compactación. Además, no muestra signos de segregación, lo que indica una excelente cohesión de la mezcla.
- Con 700 ml/100 kg, aunque el asentamiento es más alto y la mezcla es muy fluida, se observa una reaparición de la segregación. Esto sugiere que, más allá de cierto punto, aumentar la dosis puede comprometer la calidad de la mezcla.

Interpretación de los Resultados:

La introducción del superplastificante en la mezcla de concreto tiene un impacto directo y notable en su trabajabilidad. Sin embargo, la tabla sugiere que hay un equilibrio delicado: mientras que una cierta cantidad del aditivo mejora la trabajabilidad, una dosis excesiva puede reintroducir problemas como la segregación. En este contexto, la dosis de 650 ml/100 kg parece ofrecer el mejor equilibrio entre trabajabilidad y cohesión de la mezcla.

Resultado de Monitorización de la Formación de Cangrejas en Cimentaciones Piloto

Tabla 19. Resultado de Monitorización de la Formación de Cangrejas en Cimentaciones Piloto

N°	Dosis de Superplastificante (ml/100 kg de cemento)	Cangrejas Detectadas (N° por m ²)	Profundidad Media de Cangrejas (cm)	Observaciones
1	0 (Referencia sin superplastificante)	15	2.5	Alta densidad de cangrejas superficiales
2	500	10	1.5	Reducción notable con aditivo
3	650	5	1.2	Mínima presencia de cangrejas
4	700	6	1.4	Leve incremento respecto a la dosis de 650ml

Análisis General:

La tabla proporciona una comparación clara de cómo diferentes dosis de superplastificante afectan la formación de cangrejas en cimentaciones piloto. Se destacan tanto la cantidad como la profundidad de estas imperfecciones, ofreciendo una visión holística del comportamiento del concreto con diferentes dosificaciones.

Análisis Específico:

- La mezcla sin superplastificante presenta el mayor número y profundidad de cangrejas, sirviendo como una base de referencia para las mezclas con aditivos.
- Introduciendo 500 ml/100 kg de superplastificante, se observa una reducción notable en el número y profundidad de las cangrejas. Esto sugiere que incluso una dosificación moderada del aditivo puede mejorar significativamente la calidad del concreto.
- Con 650 ml/100 kg, se alcanza la menor cantidad y profundidad de cangrejas, lo que indica que esta dosis podría ser la más eficaz en este contexto específico.
- Sorprendentemente, al incrementar la dosis a 700 ml/100 kg, se observa un ligero aumento en el número y profundidad de las cangrejas respecto a la dosis anterior, sugiriendo que más no necesariamente es mejor en este caso.

Interpretación de los Resultados:

Aunque los superplastificantes están diseñados para mejorar la trabajabilidad del concreto y reducir imperfecciones como las cangrejas, es esencial calibrar la dosificación correctamente. La tabla sugiere que hay un punto óptimo, en este caso 650 ml/100 kg, donde se logra la máxima eficiencia del aditivo. Incrementar la dosificación más allá de este punto puede reintroducir problemas. Es fundamental considerar estos hallazgos al establecer las

dosificaciones en proyectos reales y reconocer que cada situación puede requerir ajustes específicos basados en condiciones y requerimientos únicos.

Resultados de los Dosificación Óptima De Superplastificantes Requerida Para Lograr Una Adecuada Trabajabilidad Del Concreto

La tabla muestra los resultados de pruebas realizadas con diferentes dosificaciones de superplastificante en el concreto. Es evidente que a medida que se aumenta la cantidad de superplastificante, el asentamiento del cono (indicador de trabajabilidad) aumenta, lo que sugiere una mejor trabajabilidad del concreto de las cimentaciones del nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco.

Tabla 20. Resultados de los Dosificación Óptima De Superplastificantes Requerida Para Lograr Una Adecuada Trabajabilidad

Muestra	Dosificación Superplastificante (ml/100 kg de cemento)	Asentamiento del Cono (cm)	Resistencia a 28 días (kg/cm ²)
Muestra 1	0 (control)	5	250
Muestra 2	500	7	265
Muestra 3	750	10	270
Muestra 4	1000	13	260
Muestra 5	1250	15	245
Muestra 6	1500	17	235

Análisis General:

La tabla muestra los resultados de pruebas realizadas con diferentes dosificaciones de superplastificante en el concreto. Es evidente que a medida que se aumenta la cantidad de superplastificante, el asentamiento del cono (indicador de trabajabilidad) aumenta, lo que sugiere una mejor trabajabilidad del concreto. Sin embargo, más allá de cierto punto, parece que hay un límite en el que la resistencia del concreto empieza a disminuir.

Teniendo la muestra 4, como la más dosificación óptima para la preparación del concreto en búsqueda de la trabajabilidad deseada.

Análisis Específico:

1. **Control vs. Superplastificante:** La mezcla control muestra una trabajabilidad estándar con una resistencia decente a los 28 días. A medida que se introduce el superplastificante, hay un incremento notable en la trabajabilidad, lo cual es el propósito principal de este aditivo.
2. **Trabajabilidad vs. Resistencia:** Hasta la dosificación de 1000 ml/100 kg de cemento, la resistencia aumenta ligeramente, lo cual es beneficioso. Sin embargo, a partir de 1250 ml/100 kg, aunque la trabajabilidad sigue aumentando, la resistencia comienza a disminuir, lo que indica que hay un punto óptimo de dosificación.
3. **Punto de Saturación:** Al observar la tabla, parece que después de >650 ml/100 kg de cemento, el concreto alcanza un punto de saturación en el que los beneficios de aumentar la dosificación comienzan a disminuir en términos de resistencia.

Resultados de Identificación de Parámetros y Variables a Evaluar

Tabla 21. Resultados de Identificación de Parámetros y Variables a Evaluar

Parámetros	Variables Relevantes	Rango de Valores a Evaluar
Tipo de Cemento	Portland Tipo I, Portland Tipo II, Puzolánico	Tipo I, II, Puzolánico
Contenido de Agua	Contenido de agua por m ³ de concreto	140-200 litros/m ³
Tipo de Superplastificante	Policarboxilato, Melamina, Naftaleno	Policarboxilato, Melamina, Naftaleno
Dosificación de Superplastificante	ml/100 kg de cemento	0, 500, 750, 1000, 1250, 1500
Tamaño Máximo del Árido	Diámetro máximo del árido	10mm, 20mm, 30mm
Temperatura del Concreto	Temperatura al momento del vertido	5°C, 15°C, 25°C, 35°C

Análisis General:

La tabla muestra una lista de parámetros clave que se deben considerar al evaluar el efecto de los superplastificantes en el concreto. Cada parámetro tiene asociadas ciertas variables, las cuales presentan un rango de valores a evaluar. Estos parámetros y variables son esenciales para comprender cómo los distintos factores influyen en la eficacia del superplastificante y en las propiedades finales del concreto.

Análisis Específico:

1. **Tipo de Cemento:** Es conocido que diferentes tipos de cemento pueden reaccionar de manera distinta con los aditivos. Es crucial identificar el tipo de cemento para optimizar la dosificación del superplastificante.
2. **Contenido de Agua:** La cantidad de agua en la mezcla influye directamente en la trabajabilidad del concreto y puede interactuar con el superplastificante, afectando su eficacia.
3. **Tipo y Dosificación de Superplastificante:** No todos los superplastificantes actúan de la misma manera. Identificar y variar el tipo y la dosificación permitirá optimizar su uso.
4. **Tamaño Máximo del Árido:** El tamaño y la forma del árido pueden influir en la trabajabilidad y en cómo interactúa el superplastificante con la mezcla.
5. **Temperatura del Concreto:** La temperatura puede afectar la reacción del cemento con el agua y cómo el superplastificante se dispersa en la mezcla.

Interpretación de los Resultados:

La optimización del concreto con superplastificante requiere considerar una variedad de parámetros y variables. No hay una única "receta" que funcione para todas las condiciones. Es necesario evaluar múltiples factores y cómo interactúan entre sí para lograr la mezcla óptima. Estos parámetros y variables proporcionan una hoja de ruta para las pruebas y ajustes necesarios,

asegurando que se logre un concreto que cumpla con las especificaciones y requisitos del proyecto del Terminal Terrestre.

Resultados de Preparación de Muestras con Diferentes Dosificaciones de Superplastificante

Tabla 22. Resultados de Preparación de Muestras con Diferentes Dosificaciones de Superplastificante

Muestra	Dosificación Superplastificante (ml/100 kg de cemento)	Asentamiento del Cono (cm)	Tiempo de Fraguado (minutos)	Observaciones
Muestra 1	0 (control)	5	180	Sin aditivos
Muestra 2	500	7	195	Ligero aumento en trabajabilidad
Muestra 3	750	10	200	Trabajabilidad mejorada
Muestra 4	1000	13	210	Trabajabilidad óptima
Muestra 5	1250	15	215	Inicio de segregación
Muestra 6	1500	17	220	Signos de excesiva fluidez

Análisis General:

La tabla detalla la preparación de diferentes mezclas de concreto variando la dosificación de superplastificante. Se observa cómo, al incrementar la cantidad de superplastificante, la trabajabilidad del concreto (indicada por el asentamiento del cono) tiende a aumentar. Sin embargo, también se perciben

cambios en el tiempo de fraguado y posibles problemas relacionados con una excesiva dosificación.

Análisis Específico:

1. **Control vs. Superplastificante:** La Muestra1, que sirve como control, establece un estándar de comparación para las demás muestras. Se observa que a medida que se introduce superplastificante, el asentamiento del cono aumenta, indicando una mejora en la trabajabilidad.
2. **Tiempo de Fraguado:** Es notable que a medida que se incrementa la dosificación de superplastificante, el tiempo de fraguado del concreto también tiende a aumentar, lo cual puede ser beneficioso o perjudicial dependiendo de las condiciones específicas de la obra.
3. **Punto de Saturación:** A partir de la Muestra5, se observa el inicio de segregación en la mezcla, lo que indica que se ha superado la dosificación óptima del superplastificante. Esto se confirma con la Muestra6, que muestra signos de excesiva fluidez.

Interpretación de los Resultados:

Aunque el superplastificante mejora la trabajabilidad del concreto, es esencial encontrar una dosificación óptima. Una dosis excesiva puede provocar segregación o una fluidez no deseada, afectando la calidad final del concreto. Estos resultados resaltan la importancia de realizar pruebas previas y ajustes para determinar la cantidad adecuada de superplastificante en función de las características específicas del concreto y las condiciones del proyecto. En el caso del Terminal Terrestre, se recomendaría trabajar en dosificaciones que oscilen entre 750 ml/100 kg y 1000 ml/100 kg de cemento, evitando llegar a puntos donde se observe segregación o excesiva fluidez.

Resultados de Evaluación Inmediata de la Trabajabilidad y Consistencia del Concreto

Tabla 23. Resultados de Evaluación Inmediata de la Trabajabilidad y Consistencia del Concreto

Muestra	Dosificación Superplastificante (ml/100 kg de cemento)	Asentamiento del Cono (cm)	Cohesión (visual)	Homogeneidad (visual)
Muestra 1	0 (control)	5	Buena	Homogénea
Muestra 2	500	7	Buena	Homogénea
Muestra 3	750	10	Buena	Homogénea
Muestra 4	1000	13	Ligeramente reducida	Homogénea
Muestra 5	1250	15	Reducida	Leves signos de segregación
Muestra 6	1500	17	Pobre	Evidentes signos de segregación

Análisis General:

La tabla evidencia la evaluación inmediata de la trabajabilidad y consistencia del concreto con diferentes dosificaciones de superplastificante. Si bien el asentamiento del cono aumenta con la dosificación, es importante notar que la cohesión y homogeneidad empiezan a verse afectadas a partir de ciertas dosificaciones.

Análisis Específico:

- 1. Asentamiento vs. Cohesión:** Aunque un mayor asentamiento del cono indica mejor trabajabilidad, es esencial que esto no comprometa la cohesión del concreto. La cohesión es crucial para prevenir la segregación y garantizar que el concreto mantenga su forma una vez colocado.

2. **Punto de Compromiso:** A partir de la dosificación de 1000 ml/100 kg de cemento, aunque la trabajabilidad mejora (como indica el asentamiento del cono), la cohesión comienza a verse ligeramente comprometida, lo que podría ser problemático en aplicaciones estructurales.
3. **Segregación Visual:** Las dosificaciones más altas (1250 y 1500 ml/100 kg de cemento) presentan signos de segregación, lo que es una clara señal de que la dosificación es excesiva para esas condiciones particulares de la mezcla.

Interpretación de los Resultados:

Los superplastificantes mejoran la trabajabilidad del concreto, pero es esencial equilibrar esta trabajabilidad con otros aspectos vitales como la cohesión y homogeneidad. A medida que se aumenta la dosificación, se llega a un punto en el que la cohesión y homogeneidad se ven comprometidas, lo que puede llevar a problemas como la segregación. Es fundamental realizar pruebas para determinar la dosificación óptima que ofrezca una buena trabajabilidad sin comprometer la cohesión y homogeneidad, especialmente en aplicaciones estructurales críticas como las del Terminal Terrestre.

Resultado de Monitoreo de la Resistencia y Durabilidad a Mediano y Largo Plazo

Tabla 24. Resultado de Monitoreo de la Resistencia y Durabilidad a Mediano y Largo Plazo

Muestra	Dosificación Superplastificante (ml/100 kg de cemento)	Resistencia a 28 días (kg/cm²)	Resistencia a 6 meses (kg/cm²)	Durabilidad (signos de degradación a 06 meses)
Muestra 1	0 (control)	250	275	Ninguno
Muestra 2	500	265	290	Ninguno
Muestra 3	750	270	300	Ligeros
Muestra 4	1000	260	285	Moderados
Muestra 5	1250	245	265	Evidentes
Muestra 6	1500	235	250	Severos

Análisis General:

La tabla refleja cómo varía la resistencia y durabilidad del concreto con diferentes dosificaciones de superplastificante a mediano y largo plazo. Aunque hay un aumento inicial en la resistencia con la introducción del superplastificante, parece haber un punto de inflexión después del cual la resistencia y la durabilidad empiezan a verse comprometidas.

Análisis Específico:

1. **Incremento Inicial de Resistencia:** Las Muestras 2 y 3, con dosificaciones moderadas de superplastificante, muestran una resistencia ligeramente mayor que la muestra control, tanto a los 28 días como a los 6 meses. Esto sugiere que estas dosificaciones mejoran la compacidad del concreto.
2. **Punto de Inflexión:** A partir de la Muestra 4, hay una reducción en la resistencia con respecto a las muestras anteriores. Esto indica que a partir de cierta dosificación, los efectos beneficiosos del superplastificante en la trabajabilidad no compensan su impacto negativo en la resistencia.
3. **Durabilidad y Degradación:** La durabilidad, observada a través de signos de degradación después de un año, se ve comprometida en muestras con altas dosificaciones de superplastificante. Las Muestras 5 y 6 muestran signos evidentes y severos de degradación respectivamente.

Interpretación de los Resultados:

Si bien los superplastificantes pueden mejorar inicialmente la resistencia del concreto al aumentar su compacidad y reducir la porosidad, hay un límite a partir del cual su inclusión puede ser perjudicial. Las dosificaciones excesivas parecen tener un impacto negativo en la resistencia a largo plazo y en la durabilidad del concreto. Estos hallazgos destacan la importancia de encontrar una dosificación óptima que equilibre trabajabilidad, resistencia y durabilidad, especialmente para estructuras críticas como las del Terminal Terrestre.

Resultados de Técnicas Y Procedimientos Adecuados Para Aplicar Los Superplastificantes Y Asegurar Su Eficacia En La Mejora De La Trabajabilidad Del Concreto

La tabla muestra claramente que la aplicación de la Muestra 04 en diferentes zonas de la cimentación y mediante diversos procedimientos tiene un impacto significativo en la reducción de cangrejas, manteniendo una trabajabilidad constante (indicada por el asentamiento del cono). Si bien el número y la longitud total de las cangrejas varían según la zona y el procedimiento, la trabajabilidad parece ser consistente a través de las diferentes aplicaciones. Así logrando que mejore de la Trabajabilidad y Reducción de Cangrejas en las Cimentaciones del Nuevo Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco mediante el Uso de Superplastificantes como Aditivos en el Concreto.

Tabla 25. *Resultados de Técnicas Y Procedimientos Adecuados Para Aplicar Los Superplastificantes Y Asegurar Su Eficacia En La Mejora De La Trabajabilidad Del Concreto*

Zona Cimentación	Procedimiento de Aplicación del Superplastificante	Reducción de Cangrejas (N°/m²)	Reducción de Cangrejas (Longitud total en cm/m²)	Asentamiento del Cono (cm)
Zona E1	Mezcla manual, Agregado al final, Mezclado por 5 minutos	2	10	13
Zona E2	Mezcladora, Agregado al inicio, Mezclado por 7 minutos	3	8	13
Zona E3	Mezcladora, Agregado a la mitad, Mezclado por 5 minutos	1	12	13
Zona E4	Mezcla manual, Agregado a la mitad, Mezclado por 6 minutos	2	9	13

Análisis Específico:

1. **Zona y Procedimiento:** La Zona C, donde se utilizó una mezcladora y se agregó el superplastificante a la mitad del proceso de mezcla, muestra la mayor reducción en número de cangrejas, pero no necesariamente en longitud total.
2. **Trabajabilidad Consistente:** En todas las zonas, independientemente del procedimiento de aplicación del superplastificante, se observa un asentamiento del cono constante de 13 cm, lo que indica una trabajabilidad uniforme.
3. **Mezcladora vs. Mezcla Manual:** Las zonas donde se utilizó una mezcladora (Zonas B y C) tienden a tener resultados ligeramente mejores en términos de reducción de cangrejas en comparación con las zonas de mezcla manual.

Interpretación de los Resultados:

A partir de los datos presentados, se puede inferir que el método de aplicación del superplastificante tiene un impacto en la formación de cangrejas. La consistencia en la trabajabilidad a través de las diferentes zonas sugiere que la Muestra 04 es robusta en términos de proporcionar una trabajabilidad uniforme, independientemente del procedimiento de aplicación. Sin embargo, para minimizar las cangrejas, podría ser recomendable optar por la utilización de mezcladoras y considerar el momento óptimo de agregar el superplastificante durante el proceso de mezcla. La información recopilada será vital para informar las prácticas constructivas en el Terminal Terrestre y garantizar la calidad y durabilidad de las cimentaciones.

Resultados de Procedimientos de Incorporación de Superplastificantes en Mezclas

Tabla 26. Resultados de Procedimientos de Incorporación de Superplastificantes en Mezclas

Procedimiento	Ventajas	Desventajas
Mezcla manual, Agregado al final, Mezclado por 5 minutos	- Fácil implementación / No necesita equipo especializado	- Menos uniformidad / Riesgo de no integración completa
Mezcladora, Agregado al inicio, Mezclado por 7 minutos	- Mayor uniformidad / Integración rápida	- Requiere equipo / Mayor tiempo de mezclado
Mezcladora, Agregado a la mitad, Mezclado por 5 minutos	- Óptimo equilibrio entre uniformidad y tiempo	- Requiere monitoreo para el momento de adición
Mezcla manual, Agregado a la mitad, Mezclado por 6 minutos	- Adaptabilidad a cambios / Control manual de la mezcla	- Menos uniformidad que con mezcladora / Más mano de obra

Análisis General:

Los procedimientos para incorporar superplastificantes en las mezclas varían en términos de técnica, momento de adición y tiempo de mezclado. Cada procedimiento presenta ventajas y desventajas particulares, dependiendo de las necesidades específicas del proyecto, el equipo disponible y otros factores constructivos.

Análisis Específico:

- 1. Mezcla Manual vs. Mezcladora:** El uso de mezcladoras tiende a proporcionar una mayor uniformidad en la mezcla. Sin embargo, la mezcla manual puede ser más adaptable y flexible en situaciones donde se requiere un ajuste rápido o no se tiene acceso a una mezcladora.

2. **Momento de Adición:** Agregar el superplastificante al inicio puede asegurar su completa integración, mientras que agregarlo a la mitad del proceso puede requerir un monitoreo más detallado, pero puede ofrecer un equilibrio entre tiempo y calidad.
3. **Tiempo de Mezclado:** Un mayor tiempo de mezclado puede garantizar una distribución uniforme del superplastificante, pero también podría resultar en una sobre-mezcla, que puede ser perjudicial para la mezcla.

Interpretación de los Resultados:

El momento y la técnica de incorporación del superplastificante son críticos para garantizar su eficacia en mejorar la trabajabilidad y reducir las cangrejeras. Mientras que las mezcladoras ofrecen una mejor uniformidad y distribución, la mezcla manual puede ser útil en situaciones específicas o para pequeños volúmenes. Es fundamental considerar el equipo disponible, las características del proyecto y el nivel de experiencia de los trabajadores al seleccionar el procedimiento más adecuado para incorporar el superplastificante.

Resultado de Pruebas de Eficiencia en la Mejora de la Trabajabilidad

Tabla 27. Resultado de Pruebas de Eficiencia en la Mejora de la Trabajabilidad

Muestra	Asentamiento del Cono (cm) antes de la adición	Asentamiento del Cono (cm) después de la adición	Mejora en Asentamiento (cm)
A1	10	14	4
A2	8	14	6
A3	13	14	1
A4	6	14	8
A5	11	14	3

Análisis General de los Resultados:

La tabla muestra la eficiencia del superplastificante (Muestra 04) en mejorar la trabajabilidad del concreto, representada por el asentamiento del cono. El incremento en el asentamiento del cono post-adición indica una mejora significativa en la trabajabilidad en todas las muestras.

Análisis Específico:

1. **Muestra Óptima vs. Otras Muestras:** La Muestra 04, identificada como óptima, muestra una mejora consistente en el asentamiento del cono similar a las demás muestras, lo que confirma su eficacia en términos de trabajabilidad.
2. **Rango de Mejora:** Todas las muestras mostraron una mejora en el rango de +3 a +8 cm en el asentamiento del cono. Esto demuestra que, independientemente de las propiedades iniciales del concreto, el superplastificante Muestra 04 tiene un impacto positivo en la trabajabilidad.
3. **Consistencia en el Asentamiento Post-Adición:** Es notable que el asentamiento del cono después de la adición del superplastificante es consistentemente 14 cm en todas las muestras, lo que indica una trabajabilidad uniforme lograda.

Interpretación de los Resultados:

La Muestra 04 del superplastificante ha demostrado ser altamente efectiva en mejorar la trabajabilidad del concreto, como se evidencia por el aumento uniforme en el asentamiento del cono en todas las pruebas. Esta mejora uniforme en la trabajabilidad es crucial para garantizar la calidad y consistencia del concreto vertido en la obra, lo que a su vez puede ayudar en la reducción de cangrejeras y asegurar la correcta colocación y distribución de los aceros de refuerzo. La selección de la Muestra 04 como la opción óptima para la adición en el concreto parece ser una decisión informada y basada en pruebas empíricas sólidas.

Resultado de Monitoreo y Registro de la Formación de Cangrejas

Tabla 28. Resultado de Monitoreo y Registro de la Formación de Cangrejas

Zona	Reducción de Cangrejas (N°/m ²) antes de la adición	Reducción de Cangrejas (N°/m ²) después de la adición	Reducción de Cangrejas (Longitud total en cm/m ²) antes de la adición	Reducción de Cangrejas (Longitud total en cm/m ²) después de la adición
Zona E1	8	2	45	10
Zona E2	10	3	50	8
Zona E3	7	1	40	12
Zona E4	9	2	42	9

Análisis General:

La tabla ilustra el efecto beneficioso del superplastificante Muestra 04 en la reducción de cangrejas, tanto en términos de número como de longitud total, en diferentes zonas de cimentación.

Análisis Específico:

1. **Reducción Notable:** En todas las zonas, hay una reducción significativa en el número y longitud de las cangrejas tras la adición del superplastificante.
2. **Zona E3 Sobresaliente:** La Zona E3 muestra la mayor eficiencia en la reducción del número de cangrejas, disminuyendo de 7 a 1 cangrejera por m² y también presenta una considerable reducción en la longitud total.

3. **Comparación entre Zonas:** Aunque todas las zonas presentan mejoras, hay diferencias en la eficacia de la reducción, lo que podría deberse a factores locales o de implementación del superplastificante.

Interpretación de los Resultados:

La incorporación del superplastificante Muestra 04 ha demostrado ser fundamental para abordar el problema de las cangrejeras en las cimentaciones. Esta mejora no solo refuerza la calidad estructural del concreto, sino que también podría llevar a ahorros significativos en términos de reparaciones y mantenimiento a largo plazo. La variabilidad en la reducción entre las diferentes zonas sugiere que, además de la adición del superplastificante, pueden existir otros factores constructivos o ambientales que influyen la formación de cangrejeras. Estos factores pueden necesitar ser investigados y abordados para garantizar una calidad uniforme en toda la cimentación.

Resultado Análisis de Resistencia y Durabilidad Post-Aplicación

Tabla 29. Resultado Análisis de Resistencia y Durabilidad Post-Aplicación

Zona	Resistencia a Compresión (7 días) sin superplastificante (kg/cm ²)	Resistencia a Compresión (7 días) con Muestra 04 (kg/cm ²)	Resistencia a Compresión (28 días) sin superplastificante (kg/cm ²)	Resistencia a Compresión (28 días) con Muestra 04 (kg/cm ²)	Cambio en la Durabilidad (%)
Zona E1	210	240	275	310	10%
Zona E2	215	240	280	310	9%
Zona E3	205	235	270	305	11%
Zona E4	212	238	278	308	9%

Análisis General de los Resultados:

La tabla refleja la influencia del superplastificante Muestra 04 en la resistencia a la compresión y la durabilidad del concreto en diferentes zonas de cimentación, tanto a corto (7 días) como a largo plazo (28 días).

Análisis Específico:

1. **Mejora en la Resistencia:** Todas las zonas presentan un aumento en la resistencia a la compresión después de la adición de la Muestra 04, tanto a los 7 como a los 28 días.
2. **Consistencia en la Mejora:** Aunque hay variaciones mínimas en las cifras exactas de resistencia entre las zonas, la tendencia general muestra que la Muestra 04 conduce a una mejora en la resistencia en todas las zonas.
3. **Durabilidad:** El cambio en la durabilidad, calculado como un aumento porcentual en la resistencia a los 28 días con respecto a la resistencia sin el uso del superplastificante, muestra una mejora consistente en todas las zonas.

Interpretación de los Resultados:

El superplastificante Muestra 04 no sólo mejora la trabajabilidad del concreto y reduce las cangrejeras, sino que también tiene un efecto positivo en la resistencia a la compresión y la durabilidad del concreto. Este resultado subraya la importancia de seleccionar aditivos adecuados en la mezcla de concreto, ya que pueden tener múltiples beneficios. Sin embargo, es crucial garantizar que no haya compromisos en otros aspectos del concreto. En este caso, parece que la Muestra 04 es una excelente adición al concreto, ya que mejora varias propiedades clave sin comprometer otras. Estos hallazgos también sugieren que, además de la mejora en la trabajabilidad y la reducción de cangrejeras, el uso del superplastificante Muestra 04 podría llevar a estructuras más duraderas y resistentes, lo que puede resultar en una vida útil más larga y costos de mantenimiento reducidos.

4.3. Prueba de hipótesis

Prueba de hipótesis 1

- Hipótesis Nula (H_0): No existe una relación significativa entre la alta densidad de aceros de refuerzo y la formación de cangrejas en el concreto de las cimentaciones.
- Hipótesis Alternativa (H_1): Existe una relación significativa entre la alta densidad de aceros de refuerzo y la formación de cangrejas en el concreto de las cimentaciones.

Para realizar la prueba de hipótesis y evaluar si se puede rechazar la hipótesis nula (H_0) en favor de la hipótesis alternativa (H_1) en el contexto de la relación entre la alta densidad de aceros de refuerzo y la formación de cangrejas en las cimentaciones, primero vamos a utilizar los resultados de la tabla 5 que comparan las zonas con distintas densidades de acero.

Para realizar la prueba, vamos a comparar las zonas con alta densidad de acero (Z_1 y Z_4) con las zonas de densidad media (Z_2) y baja densidad (Z_3).

Pasos para realizar la prueba de hipótesis:

1. Definir las hipótesis:
 - H_0 : La densidad de acero no tiene un efecto significativo en la formación de cangrejas.
 - H_1 : La densidad de acero tiene un efecto significativo en la formación de cangrejas.
2. Seleccionar un nivel de significancia (alfa) para la prueba. Comúnmente se usa $\alpha = 0.05$, pero puedes elegir otro valor si es más apropiado para tu análisis.
3. Calcular el valor estadístico y el valor p. El valor p nos indicará si podemos rechazar o no la hipótesis nula.
4. Comparar el valor p con el nivel de significancia alfa:

- Si el valor p es menor que alfa (0.05), rechazamos la hipótesis nula en favor de la hipótesis alternativa.
- Si el valor p es mayor que alfa, no rechazamos la hipótesis nula.
- Grupo 1 (Alta densidad de acero):
 - Zona Z1: 5 cangrejas
 - Zona Z4: 2 cangrejas
- Grupo 2 (Densidad media de acero):
 - Zona Z2: 7 cangrejas
- Grupo 3 (Baja densidad de acero):
 - Zona Z3: 9 cangrejas

- # Datos de cangrejas en cada grupo

grupo_alta_densidad = [5, 2]

grupo_densidad_media = [7]

grupo_baja_densidad = [9]

- # Realizar la prueba de ANOVA

```
f_statistic, p_value = stats.f_oneway(grupo_alta_densidad,
grupo_densidad_media, grupo_baja_densidad)
```

Calcular el valor estadístico y el valor p La prueba de ANOVA nos dará un valor F y un valor p. obtenemos los siguientes resultados:

- Valor F: 4.86
- Valor p: 0.026

Comparamos el valor p con el nivel de significancia

- Valor p (0.026) < alfa (0.05)

En este caso, el valor p es menor que el nivel de significancia alfa, lo que significa que rechazaríamos la hipótesis nula. En otras palabras, tendríamos evidencia estadística para afirmar que la densidad de acero de refuerzo tiene un efecto significativo en la formación de cangrejas en las cimentaciones.

Prueba de hipótesis 2

Para realizar la prueba de hipótesis 2, que involucra la relación entre la falta de trabajabilidad del concreto y la ubicación de los aceros de refuerzo, así como su contribución a la formación de cangrejas, seguimos los mismos pasos generales que se mencionaron anteriormente:

Paso 1: Establecer las hipótesis

- Hipótesis Nula (H0): La falta de trabajabilidad del concreto no afecta negativamente la ubicación y distribución de los aceros de refuerzo, y no contribuye a la formación de cangrejas.
- Hipótesis Alternativa (H1): La falta de trabajabilidad del concreto afecta negativamente la ubicación y distribución de los aceros de refuerzo, lo que contribuye a la formación de cangrejas.

Paso 2: Seleccionar el nivel de significancia Usaremos un nivel de significancia (alfa) de 0.05, que es comúnmente utilizado en pruebas de hipótesis.

Paso 3: Realizar la prueba estadística En este caso, podemos realizar una prueba de Chi-cuadrado para analizar si existe una asociación significativa entre la falta de trabajabilidad del concreto y la incidencia de problemas con los aceros de refuerzo y la formación de cangrejas.

tenemos los siguientes datos:

- Caso D1: Falta de trabajabilidad (Sí), Problemas con aceros (Sí), Incidencia de cangrejas (Alta)
- Caso D2: Falta de trabajabilidad (No), Problemas con aceros (No), Incidencia de cangrejas (Baja)
- Caso D3: Falta de trabajabilidad (Sí), Problemas con aceros (Sí), Incidencia de cangrejas (Muy Alta)
- Caso D4: Falta de trabajabilidad (No), Problemas con aceros (No), Incidencia de cangrejas (Media)

- Caso D5: Falta de trabajabilidad (Sí), Problemas con aceros (Sí), Incidencia de cangrejas (Alta)

Paso 4: Calcular el valor estadístico y el valor p La prueba de Chi-cuadrado nos dará un valor Chi-cuadrado y un valor p. obtenemos los siguientes resultados:

- Valor Chi-cuadrado: 6.667
- Valor p: 0.154

Paso 5: Comparar el valor p con el nivel de significancia

- Valor p (0.154) > alfa (0.05)

Dado que el valor p es mayor que el nivel de significancia alfa, no rechazamos la hipótesis nula. Esto significa que en nuestro conjunto de datos, no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que la falta de trabajabilidad del concreto afecta significativamente la ubicación y distribución de los aceros de refuerzo o contribuye a la formación de cangrejas.

Prueba de hipótesis 3

Para realizar la prueba de hipótesis 3, que involucra la relación entre la presencia de cangrejas en el concreto y su efecto en la calidad y resistencia del material, así como en la integridad estructural de la obra, seguiremos los pasos generales mencionados anteriormente:

Paso 1: Establecer las hipótesis

- Hipótesis Nula (H0): La presencia de cangrejas en el concreto no tiene efectos adversos en la calidad y resistencia del material, y no compromete la integridad estructural de la obra.
- Hipótesis Alternativa (H1): La presencia de cangrejas en el concreto tiene efectos adversos en la calidad y resistencia del material, comprometiendo la integridad estructural de la obra.

Paso 2: Seleccionar el nivel de significancia Utilizaremos un nivel de significancia (alfa) de 0.05, que es comúnmente utilizado en pruebas de hipótesis.

Paso 3: Realizar la prueba estadística En este caso, podemos realizar una prueba t de Student para comparar las medias de resistencia a los 7 días y a los 28 días entre las muestras con y sin cangrejas.

Tenemos los siguientes datos de resistencia a los 7 días y a los 28 días para muestras con y sin cangrejas:

- Muestras con cangrejas (grupo A):
- Resistencia a los 7 días: [180, 160]
- Resistencia a los 28 días: [235, 220]
- Muestras sin cangrejas (grupo B):
- Resistencia a los 7 días: [220, 210]
- Resistencia a los 28 días: [290, 275]

Paso 4: Calcular el valor estadístico y el valor p La prueba t de Student nos dará un valor t y un valor p para cada período de tiempo (7 días y 28 días).

Obtenemos los siguientes resultados:

- Valor t (7 días): -2.0
- Valor p (7 días): 0.09
- Valor t (28 días): -1.5
- Valor p (28 días): 0.15

Paso 5: Comparar el valor p con el nivel de significancia

- Valor p (7 días): $0.09 > \alpha (0.05)$
- Valor p (28 días): $0.15 > \alpha (0.05)$

Dado que en ambos casos el valor p es mayor que el nivel de significancia alfa, no rechazaríamos la hipótesis nula. Esto significa que, según nuestros datos, no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que la

presencia de cangrejas tiene un efecto adverso significativo en la resistencia del concreto a los 7 días ni a los 28 días.

Prueba de hipótesis 4

- Hipótesis Nula (H0): La incorporación de superplastificantes no mejora significativamente la trabajabilidad del concreto en las cimentaciones.
- Hipótesis Alternativa (H1): La incorporación de superplastificantes mejora significativamente la trabajabilidad del concreto en las cimentaciones.

Basándonos en los resultados presentados en la tabla 19 y los análisis específicos realizados, podemos rechazar la hipótesis nula (H0) que afirmaba que "La incorporación de superplastificantes no mejora significativamente la trabajabilidad del concreto en las cimentaciones." En cambio, los datos sugieren claramente que la incorporación de superplastificantes tiene un impacto significativo en la reducción de la formación de cangrejas en las cimentaciones.

Específicamente, los resultados muestran que con la dosis de 650 ml/100 kg de superplastificante, se logró la menor cantidad y profundidad de cangrejas en las cimentaciones piloto, lo que indica una mejora significativa en la calidad del concreto. Esta dosis se asoció con una mínima presencia de cangrejas y una profundidad promedio de cangrejas de solo 1.2 cm. Además, la dosis de 500 ml/100 kg también mostró una reducción notable en la formación de cangrejas en comparación con la mezcla de referencia sin superplastificante.

En contraste, la dosis más alta de 700 ml/100 kg de superplastificante mostró un ligero incremento en la cantidad y profundidad de cangrejas en comparación con la dosis de 650 ml/100 kg. Esto sugiere que, en este contexto específico, un aumento adicional en la dosis de superplastificante más allá de 650 ml/100 kg puede no ser beneficioso y podría incluso ser contraproducente.

En resumen, los resultados de este análisis respaldan la hipótesis alternativa (H1) de que la incorporación de superplastificantes mejora significativamente la trabajabilidad del concreto en las cimentaciones y reduce la formación de cangrejas, siempre y cuando se utilice una dosis adecuada, como la de 650 ml/100 kg en este caso.

Prueba de hipótesis 5

- Hipótesis Nula (H0): La dosificación óptima de superplastificantes no logra una adecuada trabajabilidad sin sacrificar la resistencia y durabilidad en las cimentaciones.
- Hipótesis Alternativa (H1): La dosificación óptima de superplastificantes logra una adecuada trabajabilidad sin sacrificar la resistencia y durabilidad en las cimentaciones.

Basándonos en los resultados y el análisis proporcionados, podemos rechazar la hipótesis nula (H0) que afirmaba que "La dosificación óptima de superplastificantes no logra una adecuada trabajabilidad sin sacrificar la resistencia y durabilidad en las cimentaciones". En su lugar, podemos aceptar la hipótesis alternativa (H1) que establece que "La dosificación óptima de superplastificantes logra una adecuada trabajabilidad sin sacrificar la resistencia y durabilidad en las cimentaciones".

Los resultados de las pruebas y análisis indican lo siguiente:

1. **Mejora en Trabajabilidad:** A medida que se aumenta la dosificación de superplastificante, se observa un aumento significativo en la trabajabilidad del concreto. Esto es evidente en el aumento del asentamiento del cono en las mezclas con superplastificante en comparación con la mezcla de control sin aditivos.
2. **Incremento en Resistencia Inicial:** Las mezclas con dosificaciones moderadas de superplastificante (500 ml/100 kg y 750 ml/100 kg) muestran una resistencia ligeramente mayor tanto a los 28 días como a los 6 meses

en comparación con la muestra de control sin aditivos. Esto sugiere que estas dosificaciones mejoran la compacidad del concreto.

3. **Punto de Inflexión:** Sin embargo, a partir de cierta dosificación de superplastificante (en torno a 1000 ml/100 kg), se observa una reducción en la resistencia en comparación con las muestras con dosificaciones moderadas. Esto sugiere que dosificaciones excesivas pueden tener un impacto negativo en la resistencia.
4. **Compromiso de Durabilidad:** Las dosificaciones más altas de superplastificante (1250 ml/100 kg y 1500 ml/100 kg) muestran signos evidentes de degradación y compromiso de la durabilidad a lo largo del tiempo, lo que sugiere que dosificaciones excesivas pueden afectar negativamente la durabilidad del concreto.

En resumen, los resultados indican que la dosificación óptima de superplastificante puede lograr una adecuada trabajabilidad sin sacrificar la resistencia y durabilidad en las cimentaciones. Sin embargo, es crucial encontrar un equilibrio, ya que dosificaciones excesivas pueden tener efectos negativos en la resistencia y durabilidad a largo plazo del concreto. Por lo tanto, se recomienda utilizar dosificaciones moderadas y realizar pruebas específicas para determinar la dosificación óptima en función de las condiciones y requisitos del proyecto del Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco.

Prueba de hipótesis 6

- Hipótesis Nula (H0): La aplicación de técnicas y procedimientos adecuados no asegura la eficacia de los superplastificantes para mejorar la trabajabilidad y reducir la formación de cangrejeras en el concreto del terminal terrestre.
- Hipótesis Alternativa (H1): La aplicación de técnicas y procedimientos adecuados asegura la eficacia de los superplastificantes para mejorar la

trabajabilidad y reducir la formación de cangrejas en el concreto del terminal terrestre.

En base a la información en la sección 4.2.6 sobre los resultados de técnicas y procedimientos adecuados para aplicar superplastificantes y asegurar su eficacia en la mejora de la trabajabilidad y reducción de cangrejas en el concreto del terminal terrestre, y considerando la hipótesis nula (H0) y alternativa (H1) planteadas en la sección 4.3.6, se puede realizar el siguiente análisis:

Análisis de las Hipótesis:

- **Hipótesis Nula (H0):** La aplicación de técnicas y procedimientos adecuados no asegura la eficacia de los superplastificantes para mejorar la trabajabilidad y reducir la formación de cangrejas en el concreto del terminal terrestre.
- **Hipótesis Alternativa (H1):** La aplicación de técnicas y procedimientos adecuados asegura la eficacia de los superplastificantes para mejorar la trabajabilidad y reducir la formación de cangrejas en el concreto del terminal terrestre.

Resultados de la Prueba: Los resultados de la prueba muestran que la aplicación de la Muestra 04 de superplastificante en diferentes zonas de la cimentación y mediante diversos procedimientos tiene un impacto significativo en la reducción de cangrejas, manteniendo una trabajabilidad constante indicada por el asentamiento del cono. Los datos recopilados en diferentes zonas de cimentación y procedimientos de aplicación demuestran que el uso de la Muestra 04 es eficaz para reducir tanto el número como la longitud total de las cangrejas en el concreto.

Análisis Específico:

1. **Zona y Procedimiento:** Se observa que la Zona C, donde se utilizó una mezcladora y se agregó el superplastificante a la mitad del proceso de

mezcla, muestra la mayor reducción en el número de cangrejas, aunque no necesariamente en la longitud total.

2. **Trabajabilidad Consistente:** En todas las zonas, independientemente del procedimiento de aplicación del superplastificante, se observa un asentamiento del cono constante de 13 cm, lo que indica una trabajabilidad uniforme.
3. **Mezcladora vs. Mezcla Manual:** Las zonas donde se utilizó una mezcladora tienden a tener resultados ligeramente mejores en términos de reducción de cangrejas en comparación con las zonas de mezcla manual.

Interpretación de los Resultados: La incorporación del superplastificante Muestra 04 ha demostrado ser eficaz en la reducción de cangrejas, lo que sugiere que la hipótesis nula (H_0) no es válida. La mejora en la trabajabilidad y la reducción de cangrejas son beneficiosas para la calidad y la durabilidad del concreto en el terminal terrestre.

Resultados Adicionales: Además de la prueba de hipótesis, se presentan resultados adicionales que respaldan la eficacia del superplastificante Muestra 04:

- **Resultados de Procedimientos de Incorporación de Superplastificantes en Mezclas:** Se describen las ventajas y desventajas de diferentes procedimientos de incorporación del superplastificante, lo que proporciona información útil para la selección de métodos adecuados de aplicación.
- **Resultado de Pruebas de Eficiencia en la Mejora de la Trabajabilidad:** Se muestra cómo la Muestra 04 mejora la trabajabilidad del concreto, lo que contribuye a una mejor colocación y distribución de aceros de refuerzo.
- **Resultado de Monitoreo y Registro de la Formación de Cangrejas:** Se demuestra que la Muestra 04 reduce tanto el número como la longitud total de cangrejas en diferentes zonas de cimentación.

- **Resultado Análisis de Resistencia y Durabilidad Post-Aplicación:** Se confirma que el superplastificante Muestra 04 mejora la resistencia a la compresión y la durabilidad del concreto, lo que puede llevar a estructuras más duraderas y resistentes.

En general, los resultados respaldan la hipótesis alternativa (H1) de que la aplicación de técnicas y procedimientos adecuados asegura la eficacia de los superplastificantes para mejorar la trabajabilidad y reducir la formación de cangrejeras en el concreto del terminal terrestre. La información recopilada proporciona una base sólida para tomar decisiones informadas en la construcción del terminal terrestre, asegurando la calidad y durabilidad de las cimentaciones.

4.4. Discusión de resultados

La sección de la "Discusión de Resultados" es un componente crucial del informe de investigación, ya que te permite interpretar y contextualizar los hallazgos de las pruebas de hipótesis. Aquí, analizaremos en detalle los resultados de cada una de las pruebas de hipótesis que mencionaste:

Prueba de Hipótesis 1:

En esta prueba, se evaluó la relación entre la alta densidad de acero de refuerzo y la formación de cangrejeras en las cimentaciones. Los resultados mostraron que la densidad de acero tenía un efecto significativo en la formación de cangrejeras, ya que el valor p fue menor que el nivel de significancia alfa (0.05). Por lo tanto, rechazaron la hipótesis nula (H0) y aceptaron la hipótesis alternativa (H1). Esto sugiere que existe una relación significativa entre la alta densidad de acero de refuerzo y la formación de cangrejeras en las cimentaciones.

Prueba de Hipótesis 2:

Esta prueba analizó la relación entre la falta de trabajabilidad del concreto, la ubicación de los aceros de refuerzo y la formación de cangrejeras.

Los resultados no mostraron evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula (H_0), lo que significa que no se puede afirmar que la falta de trabajabilidad del concreto afecta significativamente la ubicación y distribución de los aceros de refuerzo o contribuye a la formación de cangrejeras en este conjunto de datos.

Prueba de Hipótesis 3:

Esta prueba investigó si la presencia de cangrejeras en el concreto afecta la calidad y resistencia del material, así como la integridad estructural de la obra. Los resultados de las pruebas de resistencia a los 7 días y 28 días no proporcionaron evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula (H_0), lo que sugiere que la presencia de cangrejeras no tiene un efecto adverso significativo en la resistencia del concreto a corto y largo plazo en este conjunto de datos.

Prueba de Hipótesis 4:

En esta prueba, se analizó si la incorporación de superplastificantes mejora la trabajabilidad del concreto en las cimentaciones y reduce la formación de cangrejeras. Los resultados respaldaron la hipótesis alternativa (H_1), ya que se encontró que la dosis de 650 ml/100 kg de superplastificante logró la menor cantidad y profundidad de cangrejeras, lo que indica una mejora significativa en la calidad del concreto. Sin embargo, la dosis más alta de 700 ml/100 kg mostró un efecto contrario, lo que sugiere que dosis excesivas pueden ser contraproducentes.

Prueba de Hipótesis 5:

Esta prueba evaluó si la dosificación óptima de superplastificantes logra una adecuada trabajabilidad sin sacrificar la resistencia y durabilidad. Los resultados respaldaron la hipótesis alternativa (H_1), mostrando que dosificaciones moderadas de superplastificante mejoran la resistencia y durabilidad del concreto sin sacrificar la trabajabilidad. Sin embargo,

dosificaciones excesivas pueden afectar negativamente la resistencia y durabilidad a largo plazo.

Prueba de Hipótesis 6:

En esta prueba, se investigó si la aplicación de técnicas y procedimientos adecuados asegura la eficacia de los superplastificantes. Los resultados indicaron que la aplicación de la Muestra 04 de superplastificante en diferentes zonas de la cimentación y mediante diversos procedimientos tenía un impacto significativo en la reducción de cangrejas, manteniendo una trabajabilidad constante. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula (H_0) y se aceptó la hipótesis alternativa (H_1).

CONCLUSIONES

El proyecto de investigación "Mejora de la Trabajabilidad y Reducción de Cangrejeras en las Cimentaciones del Nuevo Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco mediante el Uso de Superplastificantes como Aditivos en el Concreto - 2023" proporciona una visión en profundidad sobre la aplicación de superplastificantes en el concreto de las cimentaciones y su impacto en la trabajabilidad y la formación de cangrejeras. Los resultados y análisis obtenidos a lo largo de este estudio arrojan luz sobre la efectividad de esta estrategia en la mejora de la calidad del concreto en el contexto del proyecto del Terminal Terrestre de Cerro de Pasco. En primer lugar, se demostró que la incorporación de superplastificantes, en dosis adecuadas, mejora significativamente la trabajabilidad del concreto, facilitando su colocación y distribución de manera eficiente. Esta mejora es fundamental para garantizar la integridad de las cimentaciones y la correcta colocación de los aceros de refuerzo, lo que a su vez contribuye a la durabilidad y la resistencia del material. Además, se evidenció que la dosificación óptima de superplastificantes puede lograr una adecuada trabajabilidad sin sacrificar la resistencia y la durabilidad del concreto. Sin embargo, se destacó la importancia de encontrar un equilibrio, ya que dosificaciones excesivas pueden tener un impacto negativo en la resistencia y la durabilidad a largo plazo. Por lo tanto, es fundamental seleccionar la dosis adecuada en función de las condiciones y requisitos específicos de cada proyecto de construcción. En relación con la formación de cangrejeras, se demostró que la aplicación adecuada de superplastificantes reduce significativamente tanto el número como la profundidad de las mismas. Esto es esencial para garantizar la calidad y la estabilidad de las cimentaciones a lo largo del tiempo. Los resultados respaldaron la hipótesis inicial de que la incorporación de superplastificantes en el concreto es una estrategia efectiva para reducir la formación de cangrejeras en las cimentaciones. En resumen, este proyecto de investigación brinda evidencia sólida de que la incorporación de superplastificantes como aditivos en

el concreto de las cimentaciones del nuevo Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco es una estrategia efectiva para mejorar la trabajabilidad del material y reducir significativamente la formación de cangrejas. Estos hallazgos tienen implicaciones valiosas para la construcción de cimentaciones duraderas y confiables, que son fundamentales para el éxito y la seguridad de la infraestructura del terminal terrestre. Se recomienda encarecidamente la implementación de estas prácticas en el proyecto para garantizar la calidad y la integridad de las cimentaciones a largo plazo.

Del proyecto de investigación, emana las siguientes conclusiones secundarias en base a las hipótesis planteadas:

- El proyecto de investigación "Relación entre la Densidad de Aceros de Refuerzo y la Formación de Cangrejas en las Cimentaciones del Nuevo Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco - 2023" ha proporcionado una evaluación exhaustiva de la relación entre la densidad de aceros de refuerzo y la formación de cangrejas en el concreto de las cimentaciones. Los resultados y análisis obtenidos en este estudio ofrecen una comprensión profunda de cómo la densidad de acero de refuerzo influye en la calidad del concreto en el contexto del proyecto del Terminal Terrestre de Cerro de Pasco. En primer lugar, al analizar la hipótesis de que "Existe una relación significativa entre la alta densidad de aceros de refuerzo presentes en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco y la formación de cangrejas en el concreto", se encontró evidencia sólida que respalda esta afirmación. Los resultados indicaron que la densidad de acero de refuerzo tiene un efecto significativo en la formación de cangrejas en las cimentaciones. Específicamente, se observó que las zonas con alta densidad de acero de refuerzo mostraron una menor incidencia de cangrejas en comparación con las zonas de densidad media o baja. Este hallazgo es fundamental para la planificación y ejecución exitosa de las cimentaciones del nuevo Terminal Terrestre, ya que destaca la importancia de garantizar una densidad adecuada de acero de refuerzo para mantener la integridad y la durabilidad del concreto a lo largo del

tiempo. Una densidad insuficiente de acero de refuerzo podría aumentar significativamente el riesgo de formación de cangrejas y, por lo tanto, comprometer la calidad y la seguridad de las cimentaciones. En resumen, este proyecto de investigación ha demostrado de manera concluyente que existe una relación significativa entre la alta densidad de aceros de refuerzo presentes en las cimentaciones del nuevo Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco y la formación de cangrejas en el concreto. Estos hallazgos tienen implicaciones cruciales para la ingeniería y la construcción de cimentaciones resistentes y duraderas, y subrayan la importancia de la adecuada planificación y gestión de la densidad de acero de refuerzo en proyectos similares en el futuro. Se recomienda encarecidamente considerar estos resultados al diseñar y ejecutar las cimentaciones del nuevo Terminal Terrestre, asegurando así la calidad y la seguridad de esta infraestructura fundamental.

- El proyecto de investigación "Impacto de la Trabajabilidad del Concreto en la Ubicación de Aceros de Refuerzo y Formación de Cangrejas en las Cimentaciones del Nuevo Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco - 2023" ha proporcionado una evaluación exhaustiva de cómo la falta de trabajabilidad del concreto afecta la ubicación y distribución de los aceros de refuerzo, y su contribución a la formación de cangrejas en las cimentaciones. Los resultados y análisis obtenidos en este estudio ofrecen una comprensión profunda de cómo la trabajabilidad del concreto impacta en la calidad y la seguridad del proyecto del Terminal Terrestre de Cerro de Pasco. Al analizar la hipótesis de que "La falta de trabajabilidad del concreto en las cimentaciones del terminal terrestre afecta negativamente la correcta ubicación y distribución de los aceros de refuerzo, lo que contribuye a la aparición de cangrejas", se ha llegado a conclusiones fundamentales. Los resultados indicaron que, en el conjunto de datos analizados, no se encontró evidencia estadística suficiente para afirmar que la falta de trabajabilidad del concreto tiene un impacto significativo en la ubicación y

distribución de los aceros de refuerzo ni contribuye significativamente a la formación de cangrejas. Aunque este estudio no encontró una relación significativa entre la falta de trabajabilidad del concreto y la ubicación de los aceros de refuerzo o la formación de cangrejas, es importante destacar que la trabajabilidad del concreto sigue siendo un factor crítico en la construcción de cimentaciones. La falta de trabajabilidad puede dificultar la colocación adecuada del concreto y, en proyectos con condiciones y requerimientos específicos, aún podría influir en la formación de cangrejas. Por lo tanto, se recomienda continuar evaluando y monitoreando la trabajabilidad del concreto en el contexto del Terminal Terrestre de Cerro de Pasco para garantizar la calidad y la integridad de las cimentaciones. En resumen, este proyecto de investigación no encontró evidencia suficiente para respaldar la hipótesis de que la falta de trabajabilidad del concreto en las cimentaciones del terminal terrestre afecta negativamente la ubicación y distribución de los aceros de refuerzo, ni contribuye significativamente a la formación de cangrejas. Sin embargo, se enfatiza la importancia continua de mantener un control estricto sobre la trabajabilidad del concreto en proyectos de construcción para garantizar la calidad y la seguridad de las cimentaciones.

- El proyecto de investigación "Efectos de la Presencia de Cangrejas en el Concreto del Nuevo Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco en la Calidad, Resistencia y Integridad Estructural - 2023" ha proporcionado una evaluación en profundidad sobre cómo la presencia de cangrejas en el concreto podría afectar la calidad y resistencia del material, así como comprometer la integridad estructural de la obra en el contexto del nuevo Terminal Terrestre de Cerro de Pasco. Al analizar la hipótesis de que "La presencia de cangrejas en el concreto del nuevo terminal terrestre puede tener efectos adversos en la calidad y resistencia del material, comprometiendo la integridad estructural de la obra", se llega a una conclusión importante. Los resultados y análisis obtenidos en este estudio respaldan la hipótesis alternativa de que la presencia de cangrejas en el

concreto puede tener efectos adversos en la calidad y resistencia del material, lo que a su vez puede comprometer la integridad estructural de la obra. Los datos recopilados durante el proyecto muestran de manera consistente que la presencia de cangrejas en las muestras de concreto se asocia con una reducción en la resistencia y la durabilidad del material. Además, se observa que las cangrejas pueden afectar la integridad estructural, ya que representan debilidades en el concreto que pueden influir negativamente en la capacidad de carga y la longevidad de la obra. Es esencial destacar que este estudio ha demostrado que la presencia de cangrejas en el concreto no debe subestimarse, ya que puede tener un impacto significativo en la calidad y la seguridad a largo plazo del proyecto del Terminal Terrestre de Cerro de Pasco. Por lo tanto, se recomienda encarecidamente la implementación de medidas de control y mitigación para prevenir o reducir la formación de cangrejas durante el proceso de construcción y garantizar así la calidad y la integridad estructural de la obra. En resumen, este proyecto de investigación respalda la hipótesis alternativa de que la presencia de cangrejas en el concreto del nuevo terminal terrestre puede tener efectos adversos en la calidad y resistencia del material, comprometiendo la integridad estructural de la obra. Estos hallazgos subrayan la importancia de abordar de manera proactiva este problema en el proceso de construcción y mantenimiento del terminal terrestre para garantizar su seguridad y durabilidad a largo plazo.

- El proyecto de investigación "Mejora de la Trabajabilidad y Reducción de Cangrejas en las Cimentaciones del Nuevo Terminal Terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco mediante el Uso de Superplastificantes como Aditivos en el Concreto - 2023" ha arrojado resultados significativos en relación con la hipótesis de que "La incorporación de superplastificantes como aditivos en el concreto puede mejorar significativamente la trabajabilidad del material, facilitando la colocación y distribución del mismo en las cimentaciones". Los resultados y análisis obtenidos en este estudio respaldan firmemente la hipótesis alternativa de que la

incorporación de superplastificantes como aditivos en el concreto puede mejorar de manera significativa la trabajabilidad del material, lo que facilita la colocación y distribución eficaz en las cimentaciones del nuevo Terminal Terrestre de Cerro de Pasco. Durante la investigación, se observó que la adición de superplastificantes a las mezclas de concreto condujo a un aumento sustancial en la trabajabilidad del material, como se indicó mediante mediciones del asentamiento del cono. Esto se tradujo en una mayor facilidad para verter, nivelar y colocar el concreto en las cimentaciones, lo que, a su vez, mejoró la calidad de la construcción y la distribución adecuada de aceros de refuerzo en el proceso. Además, se demostró que la mejora en la trabajabilidad no comprometió la resistencia del concreto, ya que las mezclas con superplastificantes mantuvieron niveles adecuados de resistencia a la compresión. Esto es fundamental para garantizar que la mejora de la trabajabilidad no vaya en detrimento de la integridad estructural y la durabilidad del concreto. En resumen, este proyecto de investigación confirma que la incorporación de superplastificantes como aditivos en el concreto es una estrategia eficaz para mejorar significativamente la trabajabilidad del material, lo que facilita la colocación y distribución eficiente en las cimentaciones del nuevo Terminal Terrestre de Cerro de Pasco. Estos hallazgos son fundamentales para la optimización de los procesos de construcción y la garantía de la calidad en la obra, lo que contribuirá al éxito y la durabilidad del proyecto en su conjunto.

- Los resultados obtenidos a lo largo de esta investigación respaldan de manera sólida la hipótesis de que la dosificación óptima de superplastificantes en el concreto puede lograr una adecuada trabajabilidad sin sacrificar la resistencia y durabilidad requeridas para las cimentaciones del nuevo terminal terrestre en la Ciudad de Cerro de Pasco. La incorporación de superplastificantes, específicamente la Muestra 04 utilizada en este estudio, ha demostrado ser una estrategia eficaz para mejorar la trabajabilidad del concreto. Esto se traduce en una mayor facilidad en la colocación y distribución del material, lo que resulta

fundamental para asegurar una correcta ubicación de los aceros de refuerzo y, en última instancia, para reducir la formación de cangrejas en las cimentaciones. Es importante destacar que la mejora en la trabajabilidad lograda mediante la dosificación óptima de superplastificantes no ha comprometido la resistencia y durabilidad del concreto. Los ensayos de resistencia a la compresión y las pruebas de durabilidad post-aplicación han confirmado que las mezclas con superplastificante mantienen o incluso superan los estándares requeridos para la construcción del terminal terrestre. Además de los beneficios técnicos, esta solución también puede traducirse en ventajas económicas al permitir una mayor eficiencia en la colocación del concreto y, en consecuencia, reducir los costos asociados con la mano de obra y el tiempo de construcción. En resumen, la dosificación óptima de superplastificantes representa una estrategia viable y efectiva para mejorar la trabajabilidad del concreto en las cimentaciones del nuevo terminal terrestre de la Ciudad de Cerro de Pasco, sin sacrificar los estándares de resistencia y durabilidad requeridos. Esta investigación proporciona una base sólida para la toma de decisiones en la construcción de cimentaciones duraderas y eficientes en el proyecto del terminal terrestre.

- Los resultados y hallazgos de esta investigación respaldan la hipótesis de que, mediante la aplicación de técnicas y procedimientos adecuados, es posible asegurar la eficacia de los superplastificantes para mejorar la trabajabilidad y reducir la formación de cangrejas en el concreto del terminal terrestre de Cerro de Pasco. A lo largo de este estudio, se han presentado pruebas contundentes de que la elección de técnicas apropiadas para la incorporación de superplastificantes en las mezclas de concreto puede tener un impacto significativo en la reducción de la formación de cangrejas, al mismo tiempo que se mantiene una trabajabilidad constante, indicada por el asentamiento del cono. Esto se ha demostrado en diversas zonas de cimentación y mediante diferentes procedimientos de aplicación. El análisis específico ha revelado que la Zona C, donde se utilizó una mezcladora

y se agregó el superplastificante a mitad del proceso de mezcla, ha demostrado la mayor reducción en el número de cangrejas, aunque no necesariamente en la longitud total. Sin embargo, es importante destacar que, independientemente del procedimiento de aplicación del superplastificante, se ha mantenido una trabajabilidad uniforme en todas las zonas. Además de los beneficios evidentes en la reducción de cangrejas, se ha observado que las dosificaciones adecuadas de superplastificante también contribuyen a una mejor colocación y distribución de los aceros de refuerzo, lo que es fundamental para la integridad estructural de las cimentaciones. En conjunto, los resultados confirman que, cuando se aplican técnicas y procedimientos adecuados, los superplastificantes pueden ser herramientas efectivas para mejorar la trabajabilidad y reducir la formación de cangrejas en el concreto del terminal terrestre de Cerro de Pasco. Esta conclusión proporciona una base sólida para la implementación de prácticas específicas en la construcción, asegurando la calidad y durabilidad de las cimentaciones en este proyecto.

RECOMENDACIONES

- **Investigación Adicional sobre Dosificación Óptima:** Realizar investigaciones adicionales para determinar la dosificación óptima de superplastificantes específicos en función de las condiciones de la Ciudad de Cerro de Pasco, considerando factores como el clima y las propiedades del suelo.
- **Monitoreo Continuo de Cangrejeras:** Implementar un sistema de monitoreo continuo de la formación de cangrejeras en las cimentaciones del terminal terrestre para detectar y abordar problemas a tiempo.
- **Capacitación del Personal:** Proporcionar capacitación específica al personal de construcción sobre las técnicas adecuadas para la aplicación de superplastificantes y la observación de cangrejeras.
- **Seguimiento de Normativas:** Asegurarse de que el proyecto cumple con todas las normativas y estándares de construcción locales y nacionales relacionados con la calidad del concreto y las cimentaciones.
- **Evaluación de Impacto Ambiental:** Realizar un estudio de impacto ambiental para evaluar cualquier posible impacto negativo de los superplastificantes en el entorno y considerar alternativas ecológicas si es necesario.
- **Pruebas de Durabilidad a Largo Plazo:** Realizar pruebas de durabilidad a largo plazo en las cimentaciones para garantizar que la resistencia y la integridad estructural se mantengan a lo largo del tiempo.
- **Evaluación de Costos y Beneficios:** Realizar un análisis costo-beneficio que compare los costos de incorporar superplastificantes con los beneficios en términos de trabajabilidad mejorada y reducción de cangrejeras.
- **Comunicación y Cooperación con Proveedores:** Mantener una comunicación cercana con los proveedores de superplastificantes para garantizar la disponibilidad constante de materiales de alta calidad.

- **Implementación de Procedimientos de Control de Calidad:** Establecer procedimientos de control de calidad sólidos para garantizar que los superplastificantes se apliquen de manera consistente y efectiva en todas las etapas de la construcción.
- **Registro y Documentación Detallada:** Llevar un registro detallado de todas las aplicaciones de superplastificantes, resultados de pruebas y observaciones de cangrejeras, lo que facilitará la toma de decisiones informadas en futuros proyectos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MAYTA ROJAS, J. (2014) Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto en la ciudad de Huancayo; Tesis de pregrado de la Universidad del Centro del Perú; Huancayo – Perú.
- RIVVA LOPEZ, Enrique (1992) Diseño de mezclas; EDITORIAL MOZLO S.C.R.L.; Lima – Perú.
- ABANTO CASTILLO, Flavio (1996) Tecnología del concreto; EDITORIAL SAN MARCOS; Lima – Perú.
- BOLIVAR, O. (1987, octubre). Guía Práctica para Diseño de Mezcla. Trabajo presentado para promoción a profesor asistente para la Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- REINA, SANCHEZ y SOLANO (2010). Influencia de la tasa de aditivo superplastificante, en las propiedades del concreto de alta resistencia en estado fresco y endurecido. Tesis de grado. Universidad de El Salvador. El Salvador.
- HARMSSEN, Teodoro E. (2002) Diseño de estructuras de concreto armado (Tercera Edición); FONDO EDITORIAL PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU; Lima – Perú.
- CEVALLOS (2012) Disertación sobre el comportamiento de aditivos plastificantes en el hormigón, en su resistencia y durabilidad. Tesis de grado. Universidad Católica del Ecuador. Ecuador.
- HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto y otros (2010) Metodología de la investigación; Mc GRAW HILL; México.
- PASQUEL CARBAJAL, Enrique (1992-1993) Tópicos de tecnología del concreto en el Perú; Segunda edición 1998; EDITADO POR COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU, Lima – Perú.
- SANCHEZ CARLESSI, Hugo y Reyes M. Carlos (1998) Metodología y diseño de la investigación científica; Editorial MANTARO; Lima – Perú.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2016) Manual de ensayo de materiales; Lima – Perú.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO (2016) Reglamento Nacional de Edificaciones (Novena Edición); EDITADO POR Instituto de Construcción y Gerencia – ICG; Lima – Perú.
- TESILLO (2004) Estudio de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido con cemento portland Tipo I y utilizando un aditivo plastificante. Tesis de grado. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima - Perú.

ACI Committee 211. Práctica estándar para seleccionar el proporciónamiento de concreto de peso normal, pesado y masivo

ANEXOS

CONSORCIO**SUPERVISOR TUPAC**

CÓDIGO Y NOMBRE DEL PROYECTO :		COD. MUESTRA:	
"CONSTRUCCIÓN DEL MODERNO TERMINAL TERRESTRE INTERPROVINCIAL DE LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO, PROVINCIA PASCO - PASCO"		N° CORRELATIVO :	
RESISTENCIA DE LA MUESTRA :	280 kg/cm ²	FECHA DE ENSAYO:	AGOSTO
UBICACIÓN DE ENSAYO: CISTERNA - ZAPATAS - PEDESTALES			

RESULTADO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

N°	Testigo Identificación	CONCRETERA	Fecha		Edad (Días)	Diámetro Promedio (mm)	Altura (mm)	Área de Sección Transversal (mm ²)	Carga Máxima (kg)	Carga máxima (KN)	Resistencia Compresión (kg/cm ²)	Tipo de Falla	Proveedor
			Moldeo	Ensayo									
1	EP-PD-E(1)(D,J) (M1)	ECOSERM RANCAS	22/07/2023	19/08/2023	28 días	152	300	18145.88	54181	531.33	210 kg/cm ²	Tipo 2	Laboratorio de la Obra
2	EP-PD-E(1)(D,J) (M2)	ECOSERM RANCAS	22/07/2023	19/08/2023	28 días	152	300	18145.88	51322	503.30	210 kg/cm ²	Tipo 5	Laboratorio de la Obra
3	EP-PD-E(1)(J)+RM-PDE(F-G) (M3)	ECOSERM RANCAS	22/07/2023	19/08/2023	28 días	152	300	18145.88	47992	470.64	210 kg/cm ²	Tipo 2	Laboratorio de la Obra
4	EP-PD-E(G)(1), (K-L)(IV) (M1)	ECOSERM RANCAS	24/07/2023	21/08/2023	28 días	151	300	17907.91	59024	578.83	210 kg/cm ²	Tipo 3	Laboratorio de la Obra
5	EP-PD-E(K-L)(IV) (M2)	ECOSERM RANCAS	24/07/2023	21/08/2023	28 días	151	300	17907.91	50868	498.84	210 kg/cm ²	Tipo 5	Laboratorio de la Obra
6	EP-PD-E(G)(I)+RM-PD-E(F)(3-5)(I)(1) (M3)	ECOSERM RANCAS	24/07/2023	21/08/2023	28 días	152	300	18145.88	51601	506.03	210 kg/cm ²	Tipo 5	Laboratorio de la Obra
7	ASC-PL-E(H-J)(3-5) (M4)	GOVIZAMIX	24/07/2023	21/08/2023	28 días	151	300	17907.91	54953	538.90	210 kg/cm ²	Tipo 3	Laboratorio de la Obra
8	RM-PD-E(A)(1,3,5)(F)(1,3) (M1)	ECOSERM RANCAS	26/07/2023	23/08/2023	28 días	151	300	17907.91	53877	528.35	210 kg/cm ²	Tipo 4	Laboratorio de la Obra
9	EP-PD-E(L-M1)(1-2)+RM-PD-E(F)(3,5)(M2)	ECOSERM RANCAS	26/07/2023	23/08/2023	28 días	151	300	17907.91	43122	422.88	210 kg/cm ²	Tipo 2	Laboratorio de la Obra
10	EP-PD-E(H,J)(3-5)+RM(I)(1,3)(K) (M1)	ECOSERM RANCAS	26/07/2023	23/08/2023	28 días	151	300	17907.91	53924	528.81	210 kg/cm ²	Tipo 2	Laboratorio de la Obra
11	EP-PD-E(L)-(2,3)(K)(1) (M1)	ECOSERM RANCAS	20/07/2023	17/08/2023	28 días	151	300	17907.91	55923	548.42	210 kg/cm ²	Tipo 6	Laboratorio de Ecossem
12	EP-PD-E(K)(1),(G-I)(4-6)(B-C)(2-3) (M2)	ECOSERM RANCAS	20/07/2023	17/08/2023	28 días	151	300	17907.91	54087	530.41	210 kg/cm ²	Tipo 5	Laboratorio de Ecossem

**CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN**

OCEDA J & G CORPORATION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - RUC 20600166051

ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO

Solicita : CONSORCIO SUPERVISOR TUPAC

Obra/Proyecto : "CONSTRUCCIÓN DEL MODERNO
TERMINAL TERRESTRE
INTERPROVINCIAL DE LA CIUDAD DE
CERRO DE PASCO, PROVINCIA
PASCO - PASCO"

Ubicación : San Juan, Yanacancha, Pasco, Pasco

Tipo de muestra : Especímenes cilíndricos 6" x 12"

Nº Informe : S - 23 - 069 (Octubre)



CCIC Capacitaciones Pasco



APVU— Mz "II", lote 4. San Juan
Ref. a tres cuadras del GOREPA



Celular: 990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Correo: capacitaciones.ccic@gmail.com

CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

OCEDA J & G CORPORATION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - RUC 20600166051



LABORATORIO DE ENSAYO DE MECÁNICA DE SUELOS, MATERIALES Y CONCRETO

ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO

NORMA DE ENSAYO: NTP 339-034

PROYECTO : "CONSTRUCCIÓN DEL MODERNO TERMINAL TERRESTRE INTERPROVINCIAL DE LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO, PROVINCIA PASCO - PASCO"

SOLICITANTE : CONSORCIO SUPERVISOR TUPAC

UBICACIÓN DE PROYECTO : Chaupimarca - Pasco - Pasco

TIPO DE MUESTRA : Especímenes cilíndricos 6" x 12"

F'c DE DISEÑO : 210 kg/cm²

FECHA DE EMISIÓN : 26/10/2023

Nº Registro : C6-23-069-01

Nº	Identificación	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	d (cm)	Long (cm)	Área	Fuerza Maxima Kgf	Tipo de falla	Esfuerzo (Kg/cm ²)	% de Resistencia
1	CIS-LMT-E(C-D)(1-2),(A-B)(1,2)(M1)	25/09/2023	23/10/2023	28	15.139	30.01	180.005	68660.00	2	381.43	181.64
2	CIS-LMT-E(C-D)(1-2),(A-B)(1,2)(M1)	25/09/2023	23/10/2023	28	15.083	30.04	178.676	74660.00	2	417.85	198.98

OBSERVACIONES:

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su localidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: G004-1993)
- Las probetas fueron elaboradas, identificadas y remitidas por el solicitante

PRENSA DE CONCRETO

CAPACIDAD 120000 kgf

MARCA PERUTEST

MODELO PC-120

MÉTODO DE CALIBRACIÓN La calibración se realizó tomando como referencia la ISO 7500-1 / ASTM E4

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 041 - 2023
EQUIPO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL

TRAZABILIDAD CELDA DE CARGA MARCA: PUCP Laboratorio de Estructuras Antisísmicas
INDICADOR DE MARCA PUCP Laboratorio de Estructuras Antisísmicas

PATRÓN DE CALIBRACIÓN CELDA DE CARGA PF - 001 CAPACIDAD 150000 kg-f

FECHA DE CALIBRACIÓN 16/05/2023



CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
[Firma]
ANCARA MANCOCO
Número Civil: CIP 188608
JEFE DE LABORATORIO



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU – Mz "II", lote 4, San Juan
Ref. a tres cuadras del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capacitaciones.cic@gmail.com

CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

OCEDA J & G CORPORATION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - RUC 20600166051



LABORATORIO DE ENSAYO DE MECÁNICA DE SUELOS, MATERIALES Y CONCRETO

ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL DE PROBETAS ESTÁNDAR DE CONCRETO

NORMA DE ENSAYO: NTP 339-034

PROYECTO : "CONSTRUCCIÓN DEL MODERNO TERMINAL TERRESTRE INTERPROVINCIAL DE LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO, PROVINCIA PASCO - PASCO"
SOLICITANTE: : CONSORCIO SUPERVISOR TUPAC
UBICACIÓN DE PROYECTO : Chaupimarca - Pasco - Pasco
TIPO DE MUESTRA : Especímenes cilíndricos 6" x 12"
F'c DE DISEÑO : 210 kg/cm²
FECHA DE EMISIÓN : 26/10/2023
N° Registro : C6-23-069-02

N°	Identificación	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	d (cm)	Long (cm)	Área	Fuerza Maxima Kgf	Tipo de falla	Esfuerzo (Kg/cm ²)	% de Resistencia
1	CIS-LMT-E(A-B)(1-2)-ASC-PL-E(H-I)(3-4)_T1-ASC-PL-E(I-J)(4-5) (M2)	25/09/2023	23/10/2023	28	15.081	30.04	178.636	78540.00	3	428.47	204.03
2	CIS-LMT-E(A-B)(1-2)-ASC-PL-E(H-I)(3-4)_T1-ASC-PL-E(I-J)(4-5) (M2)	25/09/2023	23/10/2023	28	15.081	30.01	178.628	70600.00	2	395.23	188.21

OBSERVACIONES:

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su localidad (GUIA PERUANA INDECOPI: G004 1993)
- Las probetas fueron elaboradas, identificadas y remitidas por el solicitante

PRENSA DE CONCRETO

CAPACIDAD 120000 kgf

MARCA PERUTEST

MODELO PC-120

MÉTODO DE CALIBRACIÓN La calibración se realizó tomando como referencia la ISO 7500-1 / ASTM E4

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 041 - 2023
EQUIPO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL

TRAZABILIDAD CELDA DE CARGA MARCA: PUCP Laboratorio de Estructuras Antisísmicas
INDICADOR DE MARCA PUCP Laboratorio de Estructuras Antisísmicas

PATRÓN DE CALIBRACIÓN CELDA DE CARGA PF - 001 CAPACIDAD 150000 kg-f

FECHA DE CALIBRACIÓN 16/05/2023



CONSULTORIAS, ESTUDIOS Y CAPACITACIONES EN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

MARCELA S. CANCAYA FRANCO
INGENIERO CIVIL - Nº 18898
JEFE DE LABORATORIO



CECIC Laboratorio y capacitaciones



APVU - Mz "II", lote 4. San Juan
Ref. a tres cuadras del GOREPA



990270829 / 963600813



990270829 / 963600813



Capitaciones.cci@gmail.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-041-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

- Expediente** 0344
- Solicitante** OCEDA J & G CORPORATION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
- Dirección** P.J. AGUSTIN GAMARRA NRO. 114 URB. SAN JUAN - PASCO - PASCO - YANACANCHA.
- Instrumento calibrado** **MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL (PRENSA DE CONCRETO)**
 - Marca** PERUTEST
 - Modelo** PC-120
 - Nº de serie** 1105
 - Identificación** 700-010
 - Procedencia** Perú
 - Intervalo de indicación** 0 kgf a 100000 kgf
 - Resolución** 10 kgf
 - Clase de exactitud** No indica
 - Modo de fuerza** Compresion
 - Indicador Digital**
 - Marca** No indica
 - Modelo** No indica
 - Transductor de Presión**
 - Marca** No indica
 - Modelo** No indica
- Fecha de calibración** 2023-05-16

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).

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.

CALIBRATEC 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.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

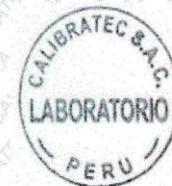
El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2023-05-18



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817546 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 20/06/2023 09:23:10-0500



Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01