

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL
CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL
SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL
POR ESCORIA DE PIEDRA**

PRESENTADO POR:

Bach. OLIVERA RAMIREZ, JUAN.

Línea de Investigación Institucional:

Transporte y Urbanismo.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

Huancayo – Perú

2023

Ing. Christian Mallaupoma Reyes.

Asesor

Dedicatoria

- A mi familia por apoyarme en cada uno de los proyectos que emprendo.

Juan Olivera Ramírez

Agradecimientos

- A la plana docente de la Universidad Peruana Los Andes, escuela académico profesional de Ing. Civil, por sus enseñanzas durante el desarrollo de la carrera.
- Al Ing. Christian Mallaupoma Reyes por asesorarme y guiarme para el desarrollo de esta investigación.

Juan Olivera Ramírez.

CONSTANCIA 240

DE SIMILITUD DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN POR EL SOFTWARE DE PREVENCIÓN DE PLAGIO TURNITIN

La Dirección de Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, hace constar por la presente, que el informe final la Tesis titulado: "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA".

Cuyo autor (a) : Juan, Olivera Ramirez.
Facultad : Ingeniería
Escuela Profesional : Ingeniería Civil
Asesor : Ing. Christian Mallaupoma Reyes.

Que, fue presentado con fecha 18.08.2023 y después de realizado el análisis correspondiente en el software de prevención de plagio Turnitin con fecha 21.08.2023; con la siguiente configuración de software de prevención de plagio Turnitin:

- Excluye bibliografía.
- Excluye citas.
- Excluye cadenas menores de a 20 palabras.
- Otro criterio (especificar)

Dicho documento presenta un porcentaje de similitud de **23%**. En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°11 del Reglamento de uso de software de prevención de plagio, el cual indica que no se debe superar el **30%**. Se declara, que el trabajo de investigación: si contiene un porcentaje aceptable de similitud. Observaciones: ninguna.

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presenta constancia.

Huancayo 22 de Agosto del 2023



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO



Dr. Rubén Darío Tapia Silguera.
Presidente



Mg. Justo Claudio Rodas Romero
Jurado



Ing. Dayana Mary Montalvan Salcedo
Jurado



Mg. Julio Fredy Porras Mayta
Jurado



Mg. Leonel Untiveros Peñaloza.
Secretario docente

ÍNDICE

| | |
|--|-------------|
| Dedicatoria | iii |
| Agradecimientos | iv |
| ÍNDICE | vii |
| ÍNDICE DE TABLAS | x |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xii |
| RESUMEN | xiii |
| ABSTRACT | xiv |
| INTRODUCCIÓN | xv |
| CAPÍTULO I | 17 |
| EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 17 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 17 |
| 1.2. Formulación y sistematización del problema | 18 |
| 1.2.1. Problema general | 18 |
| 1.2.2. Problemas específicos | 18 |
| 1.3. Justificación | 18 |
| 1.3.1. Teórica | 18 |
| 1.3.2. Social | 19 |
| 1.3.3. Metodológica | 19 |
| 1.4. Delimitación | 19 |
| 1.4.1. Espacial | 19 |
| 1.4.2. Temporal | 19 |
| 1.4.3. Económica | 19 |
| 1.5. Limitaciones | 20 |
| 1.6. Objetivos | 20 |
| 1.6.1. Objetivo general | 20 |
| 1.6.2. Objetivos específicos | 20 |
| CAPÍTULO II | 21 |
| MARCO TEÓRICO | 21 |
| 2.1. Antecedentes | 21 |
| 2.1.1. Nacionales | 21 |
| 2.1.2. Internacionales | 25 |
| 2.2. Marco conceptual | 27 |
| 2.2.1. Escoria de piedra triturada | 27 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2.2. Concreto | 27 |
| 2.2.3. Cemento | 27 |
| 2.2.4. Agua | 28 |
| 2.2.5. Agregado fino en el concreto | 29 |
| 2.2.6. Agregado grueso en el concreto | 30 |
| 2.2.7. Consistencia del concreto | 32 |
| 2.2.8. Contenido de aire en el concreto | 32 |
| 2.2.9. Resistencia a flexo tracción del concreto | 32 |
| 2.3. Definición de términos | 33 |
| 2.4. Hipótesis | 33 |
| 2.4.1. Hipótesis general | 33 |
| 2.4.2. Hipótesis específicas | 34 |
| 2.5. Variables | 34 |
| 2.5.1. Definición conceptual de las variables | 34 |
| 2.5.2. Definición operacional de las variables | 34 |
| 2.5.3. Operacionalización de las variables | 35 |
| CAPÍTULO III | 37 |
| METODOLOGÍA | 37 |
| 3.1. Método de investigación | 37 |
| 3.2. Tipo de investigación | 37 |
| 3.3. Nivel de investigación | 38 |
| 3.4. Diseño de investigación | 38 |
| 3.5. Población y muestra | 38 |
| 3.5.1. Población | 38 |
| 3.5.2. Muestra | 38 |
| 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 39 |
| 3.6.1. Técnicas | 39 |
| 3.6.2. Instrumentos | 39 |
| 3.7. Procesamiento de la información | 39 |
| 3.8. Técnicas y análisis de datos | 40 |
| CAPÍTULO IV | 41 |
| RESULTADOS | 41 |
| 4.1. Efecto en la consistencia del concreto para pavimento rígido al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra | 46 |

| | |
|---|------------|
| 4.2. Efecto en el contenido de aire del concreto para pavimento rígido al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra | 48 |
| 4.3. Efecto en la resistencia del concreto para pavimento rígido al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra | 50 |
| 4.4. Prueba de hipótesis | 55 |
| 4.4.1. Prueba de normalidad | 55 |
| 4.4.2. Contrastación de la hipótesis específica “a” | 56 |
| 4.4.3. Contrastación de la hipótesis específica “b” | 59 |
| 4.4.4. Contrastación de la hipótesis específica “c” | 62 |
| CAPÍTULO V | 67 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 67 |
| 5.1. Efecto en la consistencia del concreto para pavimento rígido al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra | 67 |
| 5.2. Efecto en el contenido de aire del concreto para pavimento rígido al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra | 68 |
| 5.3. Efecto en la resistencia del concreto para pavimento rígido al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra | 69 |
| CONCLUSIONES | 72 |
| RECOMENDACIONES | 73 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 74 |
| ANEXOS | 77 |
| Anexo N° 01: matriz de consistencia | 78 |
| Anexo N° 02: certificados de los ensayos realizados en laboratorio | 80 |
| Anexo N° 03: certificados de calibración de los instrumentos de laboratorio | 117 |
| Anexo N° 04: panel fotográfico | 131 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Características del agua para el concreto. | 28 |
| Tabla 2. Requisitos granulométricos del agregado fino. | 29 |
| Tabla 3. Requisitos de calidad del agregado fino. | 29 |
| Tabla 4. Requisitos de calidad del agregado grueso | 30 |
| Tabla 5. Requisitos granulométricos del agregado grueso. | 31 |
| Tabla 6. Operacionalización de las variables. | 35 |
| Tabla 7. Muestra para el desarrollo de la investigación. | 39 |
| Tabla 8. Granulometría del agregado fino. | 41 |
| Tabla 9. Características del agregado fino. | 42 |
| Tabla 10. Granulometría del agregado grueso. | 43 |
| Tabla 11. Características del agregado grueso. | 44 |
| Tabla 12. Granulometría de la escoria de piedra chancada. | 44 |
| Tabla 13. Dosificación para la mezcla de concreto sin escoria de piedra chancada. | 45 |
| Tabla 14. Dosificación para la mezcla de concreto con 20 % de escoria de piedra chancada. | 45 |
| Tabla 15. Dosificación para la mezcla de concreto con 40 % de escoria de piedra chancada. | 45 |
| Tabla 16. Dosificación para la mezcla de concreto con 60 % de escoria de piedra chancada. | 46 |
| Tabla 17. Dosificación para la mezcla de concreto con 80 % de escoria de piedra chancada. | 46 |
| Tabla 18. Dosificación para la mezcla de concreto con 100 % de escoria de piedra chancada. | 46 |
| Tabla 19. Resultados del asentamiento del concreto con sustitución del agregado fino por escoria de piedra. | 47 |
| Tabla 20. Resultados del contenido de aire del concreto con sustitución del agregado fino por escoria de piedra. | 49 |
| Tabla 21. Resultados de la resistencia del concreto a los 14 días con sustitución del agregado fino por escoria de piedra. | 51 |
| Tabla 22. Resultados de la resistencia del concreto a los 28 días con sustitución del agregado fino por escoria de piedra. | 53 |
| Tabla 23. Prueba de normalidad de los datos de asentamiento del concreto. | 55 |
| Tabla 24. Prueba de normalidad de los datos del contenido de aire del concreto. | 56 |

| | |
|--|----|
| Tabla 25. Prueba de normalidad de los datos de la resistencia a flexión del concreto. | 56 |
| Tabla 26. ANOVA de un factor para la hipótesis específica “a”. | 57 |
| Tabla 27. Comparación de grupos en la hipótesis específica “a”. | 58 |
| Tabla 28. Sub conjuntos homogéneos en la hipótesis específica “a”. | 59 |
| Tabla 29. ANOVA de un factor para la hipótesis específica “b”. | 59 |
| Tabla 30. Comparación de grupos de la hipótesis específica “b”. | 61 |
| Tabla 31. Sub conjuntos homogéneos en la hipótesis específica “b”. | 62 |
| Tabla 32. ANOVA de un factor de la hipótesis específica “c”. | 62 |
| Tabla 33. Comparación de grupos de la hipótesis específica “c”. | 64 |
| Tabla 34. Sub conjuntos homogéneos para la hipótesis específica “c” – resistencia a los 14 días. | 66 |
| Tabla 35. Sub conjuntos homogéneos para la hipótesis específica “c” – resistencia a los 28 días. | 66 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Tipos de cemento. | 28 |
| Figura 2. Granulometría del agregado fino. | 42 |
| Figura 3. Granulometría del agregado grueso. | 43 |
| Figura 4. Granulometría de la escoria de piedra chancada. | 45 |
| Figura 5. La cantidad de reemplazo de escoria de piedra y el asentamiento del concreto. | 47 |
| Figura 6. Variación del asentamiento del concreto. | 48 |
| Figura 7. La cantidad de reemplazo de escoria de piedra y el contenido de aire del concreto. | 49 |
| Figura 8. Variación del contenido de aire del concreto. | 50 |
| Figura 9. La cantidad de reemplazo de escoria de piedra y la resistencia a los 14 días del concreto. | 51 |
| Figura 10. Variación de la resistencia a los 14 días del concreto. | 52 |
| Figura 11. La cantidad de reemplazo de escoria de piedra y la resistencia a los 28 días del concreto. | 54 |
| Figura 12. Variación de la resistencia a los 28 días del concreto. | 54 |
| Figura 13. Variación de la resistencia del concreto a los 14 y 28 días con sustitución del agregado fino. | 55 |

RESUMEN

La investigación presentó como problema general: ¿Cuál es el resultado de evaluar la calidad del concreto para pavimentos rígidos al sustituir el agregado fino natural por escoria de piedra?, siendo el objetivo general: Evaluar la calidad del concreto para pavimentos rígidos al sustituir el agregado fino natural por escoria de piedra; el método de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue la aplicada, el nivel fue el explicativo y el diseño fue experimental. Los resultados de la investigación dieron a conocer que al sustituir 20, 40, 60, 80 y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra traen consigo en el concreto para pavimento rígido el incremento del asentamiento en 11.61 %, 33.93 %, 47.32 %, 74.11 % y 100.89 %, al igual que el contenido de aire en 22.22 %, 77.78 %, 111.11 %, 146.67 % y 204.44 % respecto al concreto donde no se reemplazó el agregado fino; en cuanto a la resistencia a flexión a los 28 días también se encontró incrementos cuando se reemplazó el 20 %, 40 % y 60 % del agregado fino siendo estos del 3.78 %, 11.56 % y 3.03 %, también en relación al concreto convencional. La conclusión fue que la calidad del concreto para pavimentos rígidos mejora al sustituir el agregado fino natural por escoria de piedra, pues se incrementa la consistencia, el contenido de aire y la resistencia a flexión. Por lo tanto, se recomienda reemplazar el agregado fino por escoria de piedra en las mezclas de concreto para pavimentos para carreteras diseñadas para un $f'c$: 280 kg/cm².

Palabras clave: escoria de piedra, consistencia, contenido de aire, resistencia a flexión, pavimento rígido.

ABSTRACT

The research presented as a general problem: What is the result of evaluating the quality of concrete for rigid pavements by replacing natural fine aggregate with stone slag, being the general objective: To evaluate the quality of concrete for rigid pavements by replacing natural fine aggregate with stone slag; the research method was scientific, the type of research was applied, the level was explanatory and the design was experimental. The results of the research showed that replacing 20, 40, 60, 60, 80 and 100 % of the natural fine aggregate with stone slag resulted in an increase in slump of 11.61 %, 33.93 %, 47.32 %, 74.11 % and 100.89 % in rigid pavement concrete, as well as an increase in air content of 22.22 %, 77.78 %, 111.11 %, 146.67 % and 204.44 % with respect to the concrete where the fine aggregate was not replaced; as for the flexural strength at 28 days, increases were also found when 20 %, 40 % and 60 % of the fine aggregate were replaced, these being 3.78 %, 11.56 % and 3.03 %, also in relation to the conventional concrete. The conclusion was that the quality of concrete for rigid pavements improves when replacing the natural fine aggregate with stone slag, as the consistency, air content and flexural strength are increased. Therefore, it is recommended to replace the fine aggregate by stone slag in concrete mixtures for road pavements designed for a $f'c$: 280 kg/cm².

Key words: stone slag, consistency, air content, flexural strength, rigid pavement.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación: Evaluación de la calidad del concreto para pavimentos rígidos al sustituir el agregado fino natural por escoria de piedra, surgió de la problemática que se vive a nivel internacional, donde la fuente de agregados finos es la arena natural, pues constituye el principal componente para la elaboración de concreto; no obstante, trae como resultados que se demande enormemente este material, que a su vez genera graves consecuencias medioambientales y sociales, como la pérdida de estratos de arena en los ríos, desprendimientos de las orillas, pérdida de vegetación en los ríos, la disminución de la capa freática subterránea y la perturbación de la vida acuática (Rajput, 2018).

El objetivo general consistió en: Evaluar la calidad del concreto para pavimentos rígidos al sustituir el agregado fino natural por escoria de piedra; el método de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue la aplicada, el nivel fue el explicativo y el diseño fue el experimental. Ante ello, se elaboró concreto para un $f'c$ de diseño de 280 kg/cm^2 , donde se procedió a reemplazar el agregado fino en 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % respecto a su peso por escoria de piedra procedente de chancadora, continuando con la medición del asentamiento, el contenido de aire y la resistencia a flexión a los 7 y 28 días.

Para un mejor entendimiento, se tiene la descripción de los capítulos que componen la investigación:

Capítulo I: El problema de investigación, donde se detalla el planteamiento del problema tanto en un contexto internacional, nacional y local. Asimismo, se tiene la formulación y sistematización del problema general y específicos, la justificación social o práctica, y metodológica, la delimitación espacial, temporal y económica, las limitaciones y los objetivos general y específicos.

Capítulo II: Marco teórico, aquí se especificó los antecedentes nacionales e internacionales, el marco conceptual referido a escoria de piedra triturada, el concreto, el agregado grueso y fino para la elaboración de concreto para pavimento rígido, la consistencia del concreto, el contenido de aire y la resistencia a flexo tracción. También, se muestra la definición de términos, la

hipótesis general y específicas, las variables como su definición conceptual, operacional y la operacionalización de las mismas.

Capítulo III: Metodología, en este capítulo se tiene al método de investigación, el tipo, el nivel y el diseño; además, de la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, el procesamiento de la información, así como las técnicas y análisis de datos.

Capítulo IV: Resultados, donde se especificó en primera instancia las características de los agregados gruesos y finos, el diseño de mezcla de cada uno de los concretos, el efecto en la consistencia, en el contenido de aire y en la resistencia a flexión, de cada uno de los reemplazos del agregado fino por la escoria de piedra. Adicionalmente, en este capítulo se consideró la prueba de hipótesis estadísticas, partiendo con la prueba de normalidad para la comparación de grupos por medio del método estadístico de ANOVA de un factor y la prueba pos hoc de Tukey.

Capítulo V: Discusión de resultados, se discutió los resultados obtenidos de cada uno de los objetivos con lo obtenido por los antecedentes de la investigación.

Como parte final, se tiene a las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

Bach. Juan Olivera Ramírez.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

A nivel internacional, específicamente en los países en vías de desarrollo, la principal fuente de agregados finos es la arena natural, pues constituye el principal componente para la elaboración de concreto; no obstante, trae como resultados que se demande enormemente este material, que a su vez genera graves consecuencias medioambientales y sociales, como la pérdida de estratos de arena en los ríos, desprendimientos de las orillas, pérdida de vegetación en los ríos, la disminución de la capa freática subterránea y la perturbación de la vida acuática (Rajput, 2018).

Mientras tanto, la industria de la piedra en las últimas cinco décadas ha tenido un crecimiento sin precedentes, donde su producción y procesamiento genera grandes cantidades de escoria y polvo, que al no encontrarse normado, su empleabilidad como en la India, no va dirigida a la elaboración del concreto o como otro tipo de insumo constructivo (Gupta et al., 2019).

A nivel nacional, el proceso de chancado o triturado de piedras también genera escorias que por lo general son depositadas y acumuladas sin ningún manejo adecuado, ni uso alternativo, que a pesar de contar con características similares al agregado natural no se emplea en la producción concretera (Chavarry, 2018).

El departamento de Junín y especialmente las provincias de Huancayo y Chupaca no son ajenas a esta situación pues se cuenta con diversas empresas dedicadas al procesamiento de la piedra triturada cuyos residuos no han sido evaluados para la elaboración de concreto.

En consecuencia, esta investigación reemplazó el agregado fino natural por escoria de piedra triturada (en 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 %) y analizó su factibilidad como concreto para pavimento rígido de acuerdo a su consistencia, contenido de aire y resistencia a flexo tracción.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el resultado de evaluar la calidad del concreto para pavimentos rígidos al sustituir el agregado fino natural por escoria de piedra?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el efecto en la consistencia del concreto para pavimentos rígidos al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra?
- b) ¿Cuál es el efecto en el contenido de aire del concreto para pavimentos rígidos al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra?
- c) ¿Cuál es el efecto en la resistencia del concreto para pavimentos rígidos al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra?

1.3. Justificación

1.3.1. Teórica

La justificación teórica en esta investigación se sustenta en la existencia de un vacío en el conocimiento respecto al uso de materiales alternativos en la elaboración de concreto para la conformación de pavimentos rígidos, por ello, con la realización de la

presente investigación se pretende que la escoria de piedra triturada pueda ser considerada como material de agregado fino en el “Manual de Carreteras” suelos, geología, geotecnia y pavimentos para la construcción de pavimentos rígidos.

1.3.2. Social

La justificación social o práctica de esta investigación se basa en la búsqueda de la reducción de la empleabilidad de los agregados naturales por la escoria de piedra triturada, de este modo, se busca brindar una alternativa a fin de reducir la extracción de los agregados naturales, la depredación de los ecosistemas y la generación de pasivos ambientales, siendo de gran beneficio para el medio ambiente y la sociedad en general.

1.3.3. Metodológica

Con esta investigación, cualquier otro interesado podrá elaborar concretos para pavimento rígido con la sustitución del agregado fino, pues se dejará los criterios básicos para el diseño de mezcla y qué características deberá tener la escoria de piedra triturada.

1.4. Delimitación

1.4.1. Espacial

La investigación se desarrolló en el distrito de Chilca, provincia de Huancayo en el departamento de Junín.

1.4.2. Temporal

Esta investigación fue desarrollada durante los meses de mayo hasta agosto del 2022.

1.4.3. Económica

Los gastos que correspondieron a la adquisición de agregados, escoria de piedra chancada, cemento y ensayos del concreto, fueron asumidos por el tesista.

1.5. Limitaciones

No se encontró limitación alguna para el desarrollo de la investigación.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar la calidad del concreto para pavimentos rígidos al sustituir el agregado fino natural por escoria de piedra.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Determinar el efecto en la consistencia del concreto para pavimentos rígidos al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra.
- b) Establecer el efecto en el contenido de aire del concreto para pavimentos rígidos al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra.
- c) Determinar el efecto en la resistencia del concreto para pavimentos rígidos al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Nacionales

Manotupa (2022) en su tesis titulada “Influencia de sustitución del agregado grueso por piedra Pómez en permeabilidad y resistencia por compresión del concreto 210 kg/cm², 2022” el objetivo fue determinar la resistencia a la compresión y la permeabilidad del concreto al sustituir el agregado grueso por piedra Pómez. Para tal fin elaboró 60 especímenes de concreto con un f'c de 210 kg/cm², en los cuales realizó la sustitución del agregado grueso por piedra Pómez en porcentajes de 25 %, 50 %, 75 % y 100%, luego realizó los ensayos de resistencia a la compresión y permeabilidad de concreto. Los resultados para la muestra patrón a los 7 días alcanzó un promedio de 156.952 kg/cm², a los 14 días alcanzó un promedio de 196.41 kg/cm² y a los 28 días alcanzó un promedio de 230 kg/cm²; con la sustitución del 25 % a los 7 días de rotura obtuvo un promedio de 147.55 kg/cm², en 14 días llegó a un promedio de 187.85 kg/cm² y a los 28 días fue de un promedio de 218.71 kg/cm²; cuando reemplazó el 50 % a los 7 días llegó a un promedio de 141.69 kg/cm², para los 14 días su promedio fue de 162.98 kg/cm² y para los 28 días el ponderado fue de 172.31 kg/cm²; la sustitución al 75 % de arena

gruesa por piedra Pómez en 7 días de rotura llegó a un promedio de 106.58 kg/cm², a los 14 días alcanzó un promedio de 116.64 kg/cm², para los 28 días obtuvo un promedio de 123.14 kg/cm²; y la sustitución completa del agregado para 7, 14 y 28 días de rotura, alcanzó un promedio de 80.12 kg/cm², 107.23 kg/cm² y 113.86 kg/cm² respectivamente. Concluyó que al añadir piedra Pómez a una mezcla de concreto es inversamente proporcional a la resistencia a la compresión, en cambio es directamente proporcional a la permeabilidad del concreto.

Colombo y Mendoza (2021) en su investigación titulada “Piedra pómez como agregado grueso para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto ligero estructural” propusieron como objetivo determinar la dosificación de piedra pómez como agregado grueso para mejorar las propiedades físico-mecánica del concreto ligero estructural. Para tal fin realizaron la recolección de 10 artículos de un total de 50 investigaciones, donde usaron diferentes cantidades, porcentajes y proporciones de piedra pómez, en el primer artículo usaron 3 moldes con 4.825 kg, 4.865 kg y 4.875 kg; en la segunda investigación utilizaron 3 muestras con 1.19 kg, 2.20 kg y 3.00 kg; para la tercera investigación utilizaron 4 pesos de 0 kg, 0.038 kg, 0.075 kg y 0.113 kg; en el cuarto artículo trabajaron por porcentajes de piedra Pómez de 0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 % y 50 %; en el quinto artículo vieron 4 muestras del 20 %, 30 %, 35 % y 40 %, para el sexta investigación analizaron 4 muestras en porcentajes de 0 %, 5 %, 10 % y 15 %, en la séptima investigación usaron un 17 % de piedra pómez en la distribución volumétrica, para la octava investigación utilizaron piedra pómez volcánica en 0 %, 10 % y 20 %; en la novena investigación realizaron un análisis de 3 mezclas con 0 %, 50 % y 100 % de piedra pómez y para la décima investigación reemplazaron la arena por 25 % y 65 % de piedra pómez triturada. Según los ensayos de flexión, compresión, conductividad térmica y densidad realizados por cada investigación independientemente, observó que los porcentajes óptimos para la piedra pómez fue de 17 %, 20 % y 50 %

pues da una resistencia a la flexión de 18 kg/cm², 33 kg/cm² y 76 kg/cm²; una resistencia a la compresión de 185 kg/cm², 226 kg/cm² y 298 kg/cm²; a su vez disminuye la conductividad térmica a 0.32 W/mk, 0.39 W/mk y 0.4 W/mk y con una densidad de 1400 kg/m³, 1824 kg/m³ y 2117 kg/m³ respectivamente. Concluyeron que la piedra pómez como agregado grueso mejora las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural ligero.

Díaz y Rodríguez (2019) desarrollaron la investigación “Mejoramiento de la resistencia de un concreto f_c 210 kg/cm², sustituyendo el 10 % de arena gruesa por polvo de roca granito de la cantera de Talambo en la ciudad de Chepén - La Libertad”, con el objetivo de determinar la resistencia a compresión del concreto con la sustitución del 10 % de arena gruesa por polvo de roca de granito. En consecuencia, realizaron los ensayos previos a los agregados tales como humedad, peso unitario, peso unitario compactado, porcentaje de absorción, granulometría, y con ello continuaron con el diseño de mezcla del concreto patrón de f_c : 210 kg/cm² y del concreto con 10 % de polvo de roca de granito, para medir la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días. Como resultados encontraron que, el concreto con polvo de roca de granito a los 7 días presentó una resistencia mayor de 1.15 % respecto al concreto patrón, a diferencia que a los 14 y 28 días la resistencia se redujo en 0.33 % y 2.88 %. Ante ello, concluyeron que a pesar que las resistencias obtenidas con la sustitución del agregado fino fueron menores al concreto patrón, es dable el empleo del polvo de roca de granito, pues logra sobrepasar la resistencia de diseño.

Falcon y Samanamud (2019) realizaron la tesis “Viabilidad del concreto $f_c=210$ kg/cm², utilizando escoria de piedra chancada como agregado fino, Huacho 2019” para lo cual establecieron como objetivo la determinación de la viabilidad de la elaboración de concreto de f_c : 210 kg/cm² con el empleo de escoria de piedra chancada como agregado fino. Procedieron con el estudio granulométrico, contenido

de humedad, gravedad específica, absorción, peso específico y porcentaje de vacío, peso unitario compactado tanto del agregado fino (escoria de piedra chancada) y grueso, para el diseño de mezcla del concreto de un $f'c$: 210 kg/cm^2 según método ACI 211 y medir la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días. Dentro de los resultados, encontraron que a los 7 días el concreto logró alcanzar el 71.43 % de la resistencia de diseño, mientras que a los 14 y 28 días logró alcanzar el 85 % y 110.24 %. Concluyen entonces que, es viable el empleo de la escoria de piedra chancada en la elaboración de concreto.

Chavarry (2018) en la investigación “Elaboración de concreto de alta resistencia incorporando partículas residuales del chancado de piedra de la cantera Talambo, Chepén” el objetivo general que consideró fue evaluar si el concreto elaborado con polvo de granito residual del chancado puede ser un concreto de alta resistencia. Por lo tanto, realizó los estudios a los agregados finos y gruesos tales como contenido de humedad, granulometría, peso unitario, peso específico, absorción, contenido de sales, abrasión, además del peso específico del cemento; en consecuencia, realizó el diseño de mezcla con el método ACI 211 para concretos de $f'c$: 350, 420, 500 y 550 kg/cm^2 con la adición de polvo de granito en 5 %, 10 % y 15 % del peso del cemento. Como resultados considerando la dosificación de 10 % encontró respecto al asentamiento para el concreto de 350 kg/cm^2 la reducción en 11.49 %, en el concreto de 420 kg/cm^2 la reducción de 8.33 %, en el concreto de 500 kg/cm^2 la reducción de 8.96 % y en el concreto de 550 kg/cm^2 la reducción de 10.45 %; en cuanto al contenido de aire se redujo en 2.70 %, 9.38 %, 3.13 % y 9.38 %; referente al peso unitario se incrementó en 0.72 %, 0.26 %, 1.85 % y 0.58 %; mientras que, en la resistencia a compresión a los 28 días se incrementó en 6.44 %, 9.19 %, 6.52 % y 9.12 %; y en el desgaste encontró reducciones de 18.67 % y 16.07 % en los concretos de 350 kg/cm^2 y 420 kg/cm^2 , a diferencia de los demás concretos donde encontró incrementos de 7.50 % y 5.26 %.

Finalmente, concluyó que, de acuerdo a los resultados el porcentaje óptimo de adición de polvo de granito es de 10 %.

2.1.2. Internacionales

Zhao et al. (2022) en el artículo de investigación “Evaluación de la sostenibilidad del ciclo de vida del uso de polvo de roca como sustituto parcial del agregado fino y cemento en pavimentos de concreto” en el cual tuvieron como objetivo evaluar cuantitativamente los impactos económicos y ambientales al utilizar polvo de roca en la construcción de pavimentos de concreto. Por lo tanto, plantearon un marco metodológico que consta de la producción del material, transporte, construcción, mantenimiento, rehabilitación y fin de la vida útil, a todo esto, le llamaron ciclo de vida de pavimentos de concreto, para contrastar lo mencionado anteriormente evaluaron el ciclo de vida en un proyecto de pavimento de las construcciones típicas de Polonia y así verificaron los beneficios. Los resultados fueron que el polvo de roca puede sustituir al agregado fino en 20 % y al cemento en 10 % con una reducción en costos de 6.5 %, reduce el 10 % de emisiones de CO₂ y una reducción del 11 % de consumo de energía. Concluyeron que el polvo de roca como sustituto de agregado fino y de cemento, benefician al ahorro económico y medioambiental.

Gupta et al. (2019) desarrollaron el artículo científico “Influencia del polvo de procesamiento de piedra en la mecánica, la durabilidad y la sostenibilidad del concreto” con el objetivo de determinar la influencia del empleo de polvo del procesamiento de piedra en las propiedades del concreto. Para lo cual realizaron diseños de mezclas considerando el reemplazo de 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 % y 100 % del agregado fino, procediendo a medir la resistencia a compresión a los 7, 28 y 90 días, resistencia a flexión a los 7 y 28 días, módulo de elasticidad a los 28 días, resistencia a la abrasión e infiltración. Como resultados encontraron que, la resistencia a compresión, flexión y módulo de elasticidad se incrementó cuando se reemplazó hasta 30 % de polvo de piedra procediendo a reducirse al

incrementar la dosificación, es así que se logró incrementar la resistencia a compresión hasta 8.5 % respecto al concreto patrón; en cuanto a la resistencia a la abrasión encontraron que hasta 20 % del polvo de piedra presenta un comportamiento similar al concreto patrón, más al reemplazar en mayor cantidad se reduce la resistencia a la abrasión; por último, en cuanto a la infiltración encontraron que, se reduce hasta el reemplazo de 30 % de polvo de piedra, procediendo a incrementarse hasta llegar el 100 % de reemplazo del agregado fino. Concluyeron entonces que, la dosificación adecuada para la sustitución del agregado fino por polvo de piedra es de 30 %, pues no se afecta significativamente las propiedades mecánicas ni la durabilidad del concreto.

Lim, Cheah y Ramli (2019) en el artículo científico “El comportamiento de fraguado, las propiedades mecánicas y la contracción por secado del concreto mezclado con polvo de cantera de granito y agregado de escoria de acero procesado” establecieron como objetivo estudiar las características de la escoria de alto horno con granito en las propiedades de las mezclas de concreto. En consecuencia, reemplazaron el agregado fino en 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % para proceder a medir la resistencia a compresión y flexión a 1, 7, 28, 56 y 90 días. Como resultados encontraron que la resistencia a compresión se incrementó a medida que se reemplazó el agregado fino, llegando a 101.9 %, 102.1 %, 103.5 % y 111.6 % con 40 %, 60 %, 80 % y 100 %; mientras que, la resistencia a flexión se incrementó en 0.85 %, 1.80 %, 2.54 %, 3.60 %, 5.30 % y 6.36 % en cada dosificación en comparación del concreto convencional. Concluyeron que, el reemplazo del agregado fino por escoria de alto horno y polvo de granito mejora el rendimiento mecánico del concreto en estado endurecido.

Rajput (2018) en el artículo científico “Un estudio experimental sobre el polvo de piedra triturada como agregado fino en el concreto de cemento”, el objetivo fue determinar si el reemplazo del agregado

fino por polvo de piedra triturada mejora las propiedades del concreto. Para esto optó por reemplazar el agregado fino en 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % en relación al peso, para medir así la resistencia a compresión a los 7 y 28 días para los diseños de grados M20 (20 KN/mm²) y M30 (30 KN/mm²). Como resultados obtuvo que, para el concreto de grado M20 la resistencia a compresión varió en 1.49 %, 3.86 %, 6.79 %, 10.57 % y 13.13 %, mientras que, en el concreto de grado M30 se encontró variaciones de -5.28 %, -1.83 %, 2.56 %, 7.12 % y 8.05 % en cada dosificación en relación a las mezclas convencionales. Por lo tanto, concluyó que, es factible reemplazar el agregado fino por el polvo de piedra triturada pues en la mayoría de casos se presentó el incremento de la resistencia, siendo los mayores valores al reemplazar el 100 % de la arena natural.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Escoria de piedra triturada

Corresponde al material sobrante del proceso de trituración de rocas para la obtención de agregados gruesos, sus características no son iguales al de la arena natural, no obstante, su calidad no es deficiente (Falcon y Samanamud, 2019).

2.2.2. Concreto

Se constituye por un material cementante, agregados y agua, por lo general se emplea cemento Portland que al hidratarse trae consigo que los componentes se adhieran químicamente; asimismo, se tiene que alrededor del 60 al 75 % de su volumen total está representando por los agregados, el 15 % por el cemento y entre 1 a 3 % por aire (Chavarry, 2018).

2.2.3. Cemento

Es el producto de mezclas la piedra caliza con arcilla que es procesado a temperatura de 1450 y 1480 °C, en un horno rotatorio, dando como resultado a una masa oscura que se denomina Clinker,

que posteriormente es molido finamente. El resultado final corresponde a un material que tiene la propiedad de fraguar y endurecerse con la acción del agua, por la hidratación resultante (Díaz y Rodríguez, 2019). Entre los tipos de cemento, se tienen los siguientes:



Figura 1. Tipos de cemento.
Fuente: Díaz y Rodríguez (2019).

2.2.4. Agua

El agua en el concreto representa un componente esencial para elaborar el concreto, presentando una relación directa con la trabajabilidad, la resistencia y las propiedades en el estado endurecido del concreto (Falcon y Samanamud, 2019).

En cuanto a la calidad que debe cumplir el agua, se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 1. Características del agua para el concreto.

| Parámetro | Valor |
|-----------------------|-------------|
| Cloruros | 300 ppm |
| Sulfatos | 300 ppm |
| Sales de magnesio | 150 ppm |
| Sales solubles | 500 ppm |
| pH | Mayor que 7 |
| Sólidos en suspensión | 1500 ppm |
| Materia orgánica | 10 ppm |

Fuente: Falcon y Samanamud (2019).

2.2.5. Agregado fino en el concreto

De acuerdo a Falcon y Samanamud (2019) el agregado fino son aquellas partículas de arena o de piedra que pasan el tamiz de 4.75 mm.

Del mismo modo, las especificaciones técnicas generales a tener en cuenta para la construcción del pavimento rígido del MTC (2013) señalan que el agregado fino debe contar con una granulometría acorde a la siguiente tabla:

Tabla 2. Requisitos granulométricos del agregado fino.

| Tamiz | | Porcentaje que pasa |
|-------------|-------------|---------------------|
| Normal (mm) | Alternativo | |
| 9.5 | 3/8" | 100 |
| 4.75 | N° 4 | 95 - 100 |
| 2.36 | N° 8 | 80 - 100 |
| 1.18 | N° 16 | 50 - 85 |
| 600 µm | N° 30 | 25 - 60 |
| 300 µm | N° 50 | 10 - 30 |
| 150 µm | N° 100 | 2 - 10 |

Fuente: Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para la construcción (MTC, 2013).

Adicionalmente, el agregado fino deberá contar con otros requisitos de calidad los cuales se detallan en la Tabla 3:

Tabla 3. Requisitos de calidad del agregado fino.

| Ensayo | | Norma NTP | Requisitos |
|--|--------------------------------|-----------|------------------------|
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo \geq 3000 msnm | Sulfato de sodio | 400.016 | 10 |
| | Sulfato de magnesio | 400.016 | 15 |
| Índice de plasticidad | | 339.129 | No plástico |
| Equivalente de arena | $f'c \leq 210 \text{ kg/cm}^2$ | 339.146 | 65 |
| | $f'c > 210 \text{ kg/cm}^2$ | 339.146 | 75 |
| Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo | | 400.015 | 3 |
| Carbón y lignito, % máximo | | 400.023 | 0.5 |
| Material que pasa el tamiz N° 200 | | 400.018 | 3 |
| Color más oscuro permisible | | 400.024 | Igual a muestra patrón |
| Contenido de sulfatos | | 400.042 | 1.2 |
| Contenido de cloruros | | 400.042 | 0.1 |
| Absorción de agua, % máximo | | 400.022 | 4 |

Fuente: Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para la construcción (MTC, 2013).

2.2.6. Agregado grueso en el concreto

las especificaciones de calidad se dan según la Tabla 4, mientras que los requerimientos granulométricos del agregado grueso se especifican en la Tabla 5.

Tabla 4. Requisitos de calidad del agregado grueso

| Ensayo | | Norma NTP | Requisitos |
|--|---------------------|-------------------|------------|
| Desgaste en la máquina de Los Ángeles | | 400.019 y 400.020 | 40 |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo \geq 3000 msnm | Sulfato de sodio | 400.016 | 12 |
| | Sulfato de magnesio | 400.016 | 18 |
| Terrones de arcilla y partículas deleznales, % máximo | | 400.015 | 3 |
| Carbón y lignito, % máximo | | 400.023 | 0.5 |
| Partículas fracturadas mecánicamente (una cara), % mínimo | | ASTM D 5821 | 60 |
| Partículas chatas y alargadas (relación 5:1), % máximo | | 400.04 | 15 |
| Contenido de sulfatos | | 400.042 | 1.2 |
| Contenido de cloruros | | 400.042 | 0.1 |

Fuente: Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para la construcción (MTC, 2013).

Tabla 5. Requisitos granulométricos del agregado grueso.

| Hus o | Tamaño nominal | Porcentaje que pasa | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------------------|---------------------|----------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-----------|
| | | 100 mm | 90 mm | 75 mm | 63 mm | 50 mm | 37.5 mm | 25 mm | 19 mm | 12.5 mm | 9.5 mm | 4.75 mm | 2.36 mm | 1.18 mm | 300 µm |
| 1 | 90 a 37.5 mm | 100 | 90 a 100 | | 25 a 60 | | 0 a 15 | | 0 a 5 | | | | | | |
| 2 | 63 a 37.5 mm | | | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | | 0 a 5 | | | | | | |
| 3 | 50 a 25 mm | | | | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | | 0 a 5 | | | | | |
| 357 | 50 a 4.75 mm | | | | 100 | 95 a 100 | | 35 a 70 | | 10 a 30 | | 0 a 5 | | | |
| 4 | 37.5 a 19 mm | | | | | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 15 | | 0 a 5 | | | | |
| 467 | 37.5 a 4.75 mm | | | | | 100 | 95 a 100 | | 35 a 70 | | 10 a 30 | 0 a 5 | | | |
| 5 | 25 a 12.5 mm | | | | | | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | | | | |
| 56 | 25 a 9.5 mm | | | | | | 100 | 90 a 100 | 40 a 85 | 10 a 40 | 0 a 15 | 0 a 5 | | | |
| 57 | 25 a 4.75 mm | | | | | | 100 | 95 a 100 | | 25 a 60 | | 0 a 10 | 0 a 5 | | |
| 6 | 19 a 9.5 mm | | | | | | | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 15 | 0 a 5 | | | |
| 67 | 19 a 4.75 mm | | | | | | | 100 | 90 a 100 | | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | | |
| 7 | 12.5 a 4.75 mm | | | | | | | | 100 | 90 a 100 | 40 a 70 | 0 a 15 | 0 a 5 | | |
| 8 | 9.5 a 2.36 mm | | | | | | | | | 100 | 85 a 100 | 10 a 30 | 0 a 10 | 0 a 5 | |
| 89 | 9.5 a 1.18 mm | | | | | | | | | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 5 a 30 | 0 a 10 | 0 a 5 |
| 9A | 4.75 a 1.18 mm | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para la construcción (MTC, 2013).

2.2.7. Consistencia del concreto

Es determinado por el ensayo de asentamiento por medio del cono de Abrams que va a representar la trabajabilidad y el método de compactación del concreto; pues de ser el valor entre 0 a 2" muestra una consistencia seca de poca trabajabilidad donde se requerirá una vibración normal, mientras que de resultar entre 3 a 4" es de consistencia plástica cuya trabajabilidad requiere un ligero chuseado, por último de ser el asentamiento mayor a 5" muestra que es una mezcla muy trabajable requiriendo el chuseado para la compactación (Falcon y Samanamud, 2019).

2.2.8. Contenido de aire en el concreto

Se determina la cantidad de aire contenido en el concreto en su estado fresco, excluyéndose el aire que pueda encontrarse en las partículas de agregados, no siendo aplicable cuando el concreto es ligero o de emplearse escorias de fundición que previamente han sido enfriadas con aire (Chavarry, 2018).

2.2.9. Resistencia a flexo tracción del concreto

Es una prueba donde se aplica una carga a la viga de concreto en los tercios del claro, donde sus dimensiones son 15 por 15 por 50 cm, la carga va a una velocidad entre 0.9 a 1.2 MPa/min, ante ello la resistencia a la flexotracción viene a ser el módulo de ruptura que se obtiene de la siguiente fórmula, siempre y cuando la superficie de tensión se encuentre dentro del tercio medio de la longitud del claro:

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

Dónde: R es el módulo de rotura, P es la carga máxima, L es la longitud del claro, b es el ancho y d es el peralte de la viga.

De no presentarse ello, se empleará la siguiente fórmula, es decir si la falla está fuera pero no más del 5 % de la longitud del claro:

$$R = \frac{3Pa}{bd^2}$$

2.3. Definición de términos

- **Agregados.** – Ocupa el mayor porcentaje dentro de la mezcla de concreto, son de origen pétreo, además de definir la calidad del mismo, pudiéndose encontrarse a los agregados finos y gruesos (Falcon y Samanamud, 2019).
- **Cemento.** – Es el producto de la mezcla de arcilla con piedra caliza, el mismo que es procesado mediante hornos rotatorios de temperaturas entre 1450 y 1480 °C (Díaz y Rodríguez, 2019).
- **Curado del concreto.** – Es el procedimiento por el cual se logra mantener al concreto con agua ante un debido tiempo y con temperaturas sobre los 10 °C (Díaz y Rodríguez, 2019).
- **Granulometría.** – Se determina por ensayos estandarizados que aseguran la estabilidad volumétrica de la mezcla de concreto y su compatibilidad con la trabajabilidad (Díaz y Rodríguez, 2019).
- **Módulo de fineza.** – Representa el tamaño medio de los agregados, pues si es de mayor valor representa que es agregado grueso y si es de menor valor corresponde a un agregado fino (Falcon y Samanamud, 2019).
- **Pasta.** – Es la combinación de un material cemento con agua, representa la fase continua del concreto, pues el agregado constituye la fase discontinua (Chavarry, 2018).
- **Piedra triturada o chancada.** – Es el agregado grueso obtenido de forma artificial de rocas o gravas (Falcon y Samanamud, 2019).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La calidad del concreto para pavimentos rígidos mejora al sustituir el agregado fino natural por escoria de piedra.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) La consistencia del concreto para pavimentos rígidos mejora al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra.
- b) El contenido de aire del concreto para pavimentos rígidos se reduce al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra.
- c) La resistencia del concreto para pavimentos rígidos se incrementa al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de las variables

Variable independiente (X): agregado fino. – De acuerdo a Falcon y Samanamud (2019) el agregado fino son aquellas partículas de arena o de piedra que pasan el tamiz de 4.75 mm. Asimismo, para ser empleado en concreto para pavimento rígido deberá cumplir con las especificaciones técnicas generales del MTC (2013).

Variable dependiente (Y): calidad del concreto. – Según el MTC (2013) la calidad del concreto para pavimento rígido se mide de acuerdo a su consistencia, contenido de aire y resistencia.

2.5.2. Definición operacional de las variables

Variable independiente (X): agregado fino. – Se optó por reemplazar el agregado fino natural por escoria de piedra triturada en 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 %.

Variable dependiente (Y): calidad del concreto. – Se midió por medio del asentamiento, contenido de aire y resistencia a flexo tracción a los 7 y 28 días.

2.5.3. Operacionalización de las variables

La Tabla 6 especifica la operacionalización de las variables a considerar en la presente investigación:

Tabla 6. Operacionalización de las variables.

| Variables | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | Unidad de medida |
|---|--|--|---|---|------------------|
| Variable independiente (X): agregado fino | De acuerdo a Falcon y Samanamud (2019) el agregado fino son aquellas partículas de arena o de piedra que pasan el tamiz de 4.75 mm. Asimismo, para ser empleado en concreto para pavimento rígido deberá cumplir con las especificaciones técnicas generales del MTC (2013). | Se optó por reemplazar el agregado fino natural por escoria de piedra triturada en 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 %. | Cantidad de agregado fino natural | Granulometría | % |
| | | | | Durabilidad ante el sulfato de sodio | % |
| | | | | Durabilidad ante el sulfato de magnesio | % |
| | | | | Índice de plasticidad | % |
| | | | | Equivalente de arena | % |
| | | | | Cantidad de terrones de arcilla y partículas deleznable | % |
| | | | | Cantidad de carbón y lignito | % |
| | | | | Material que pasa el tamiz N° 200 | % |
| | | | | Color más oscuro permisible | Adimensional |
| | | | | Contenido de sulfatos | % |
| | | | Contenido de cloruros | % | |
| | | | Absorción de agua | % | |
| | | | Cantidad de escoria de piedra triturada | Granulometría | % |
| | | | | Durabilidad ante el sulfato de sodio | % |
| | | | | Durabilidad ante el sulfato de magnesio | % |
| Índice de plasticidad | % | | | | |
| Equivalente de arena | % | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|-------------------|---|--------------------|
| | | | | Cantidad de terrones de arcilla y partículas deleznales | % |
| | | | | Cantidad de carbón y lignito | % |
| | | | | Material que pasa el tamiz N° 200 | % |
| | | | | Color más oscuro permisible | Adimensional |
| | | | | Contenido de sulfatos | % |
| | | | | Contenido de cloruros | % |
| | | | | Absorción de agua | % |
| Variable dependiente (Y): calidad del concreto | Según el MTC (2013) la calidad del concreto para pavimento rígido se mide de acuerdo a su consistencia, contenido de aire y resistencia. | Se midió por medio del asentamiento, contenido de aire y resistencia a flexotracción a los 14 y 28 días. | Consistencia | Asentamiento | mm |
| | | | Contenido de aire | Aire | % |
| | | | Resistencia | Resistencia a flexotracción a los 14 días | kg/cm ² |
| | | | | Resistencia a flexotracción a los 28 días | kg/cm ² |

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

El método de investigación a considerar para el desarrollo de esta investigación fue el científico, el mismo que se fundamentó en seguir la secuencia de pasos ordenados para la solución del problema de investigación, esto en la búsqueda de la verdad tal como menciona Hernández et al. (2014).

3.2. Tipo de investigación

Fue del tipo aplicada, según Borja (2016) es aplicada cuando se utiliza el poder del conocimiento existente para establecer posibles soluciones de algún problema de investigación.

De acuerdo a lo mencionado, se buscó solucionar el problema real que aqueja a la sociedad, que viene a ser el uso indiscriminado de agregados naturales para la elaboración de concreto, optándose por el uso de escoria de piedra chancada que en viene a ser un desperdicio, sin ningún uso en particular.

3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación fue el explicativo, porque está en relación de causa y efecto entre dos o más variables, para lo cual existe la manipulación de estas (Hernández et al., 2018).

Es por lo mencionado, se analizó los efectos que trae consigo el reemplazo del agregado fino natural en diferentes dosificaciones por la escoria de piedra triturada que vendría a ser la causa, en las propiedades del concreto tales como asentamiento, contenido de aire y resistencia a flexo tracción a los 14 y 28 días, los cuales representan los efectos.

3.4. Diseño de investigación

Se optó por un diseño experimental, debido a que manipulan deliberadamente a la variable independiente, con el fin de ver el efecto en la variable dependiente (Bernal, 2010).

En tal sentido, se manipuló a la variable independiente representada por el agregado fino, con variaciones del contenido del agregado natural por escoria de piedra triturada para la elaboración de concreto para pavimento rígido. Asimismo, es considerado dentro de este diseño porque se cuenta con un grupo patrón o de control, con el cual se procederá a comparar los demás grupos de concreto.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población correspondió al concreto para pavimento rígido elaborado para un $f'c$: 280 kg/cm² con y sin sustitución del agregado fino por escoria de piedra triturada en diferentes proporciones.

3.5.2. Muestra

Según el tipo de muestreo no probabilístico intencional la muestra correspondió a un total de 36 vigas de concreto con diferentes proporciones de escoria de piedra chancada, tal como se muestra:

Tabla 7. Muestra para el desarrollo de la investigación.

| Cantidad de reemplazo | Consistencia | Contenido de aire | Resistencia a flexo tracción | |
|-----------------------|--------------|-------------------|------------------------------|---------|
| | | | 14 días | 28 días |
| 0 % | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 20 % | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 40 % | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 60 % | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 80 % | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 100 % | 3 | 3 | 3 | 3 |

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

La única técnica para la recolección de datos correspondió a la observación en laboratorio, esto durante la caracterización de los agregados, la elaboración del concreto y la medición de su calidad.

3.6.2. Instrumentos

Los instrumentos empleados para la recolección de datos consistieron en fichas estandarizadas en concordancia con los lineamientos del laboratorio donde se realizaron los ensayos considerando el número de repeticiones respectivos para cada caso, los cuales a su vez fueron elaborados de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.035 referida a la medición del asentamiento del concreto, la NTP 339.081 para el contenido de aire del concreto y la NTP 339.078 para la resistencia a la flexión del concreto. Asimismo, en los anexos se adjuntan los certificados de calibración de los equipos que realizaron los ensayos, garantizando la confiabilidad de los resultados.

3.7. Procesamiento de la información

El procesamiento de la información se dio por medio del programa Excel y SPSS, los cuales permitieron ordenar la información y determinar los valores para la consistencia, contenido de aire y resistencia del concreto, además facilitó su interpretación por medio de tablas y gráficos.

3.8. Técnicas y análisis de datos

Se hizo uso de las técnicas descriptivas tales como promedio, desviación estándar y variación porcentual para la descripción de las variables como consistencia, contenido de aire y resistencia a flexión; asimismo, se hizo uso de las técnicas inferenciales para la contrastación de hipótesis, partiendo de la prueba de normalidad por medio del estadístico de Shapiro-Wilk, continuando con el empleo de ANOVA de un factor, donde se consideró una confiabilidad del 95 %, es decir aceptando un error de 5 %.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

Con el fin de evaluar apropiadamente las características de las mezclas de concreto, en primer lugar, se procedió con la caracterización de las propiedades físicas de los agregados naturales y la escoria de piedra chancada a utilizarse como base para la elaboración del concreto evaluado en el presente estudio. Posteriormente, en este capítulo se exponen los resultados de los ensayos de consistencia del concreto, contenido de aire del concreto y resistencia a la flexión del concreto, sumado a ello también se realizó la prueba de hipótesis estadística.

En la Tabla 8, se encuentran los resultados de la caracterización granulométrica realizada al agregado fino usado en la elaboración de las mezclas de concreto, el cual presenta un 4.1 % de agregados retenidos en el tamiz N° 4, 6.9 % de retenidos del tamiz N° 8, un 11.1 % retenidos en el tamiz N° 16, un 26.8 % en el tamiz N° 30, un 28.7 % en el tamiz N° 50, un 12.9 % retenido en el tamiz N° 100, un 4.9% en el N° 200 y finalmente el 1.1 % en el fondo.

Tabla 8. Granulometría del agregado fino.

| Tamiz | Peso retenido (g) | Retenido (%) | Retenido acumulado (%) | Pasante acumulado (%) |
|--------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 3/8" | 0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| N° 4 | 30 | 4.1 | 4.1 | 95.9 |
| N° 8 | 51 | 6.9 | 11.0 | 89.0 |
| N° 16 | 82 | 11.1 | 22.1 | 77.9 |
| N° 30 | 198 | 26.8 | 48.8 | 51.2 |
| N° 50 | 212 | 28.7 | 77.5 | 22.5 |
| N° 100 | 95 | 12.9 | 90.4 | 9.6 |
| N° 200 | 36 | 4.9 | 98.9 | 1.1 |
| Fondo | 8 | 1.1 | 100.0 | 0.0 |
| Total | 739 | | 100.0 | 100.0 |

Los resultados de la caracterización granulométrica del agregado fino fueron comparados con los límites máximos y mínimos delimitados en el Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para la construcción (MTC, 2013) para el porcentaje de material pasante acumulado de agregado fino usado para la conformación de concreto a usarse en la pavimentación de una vía, siendo este agregado apto para su uso tal como se muestra en la Figura 2.

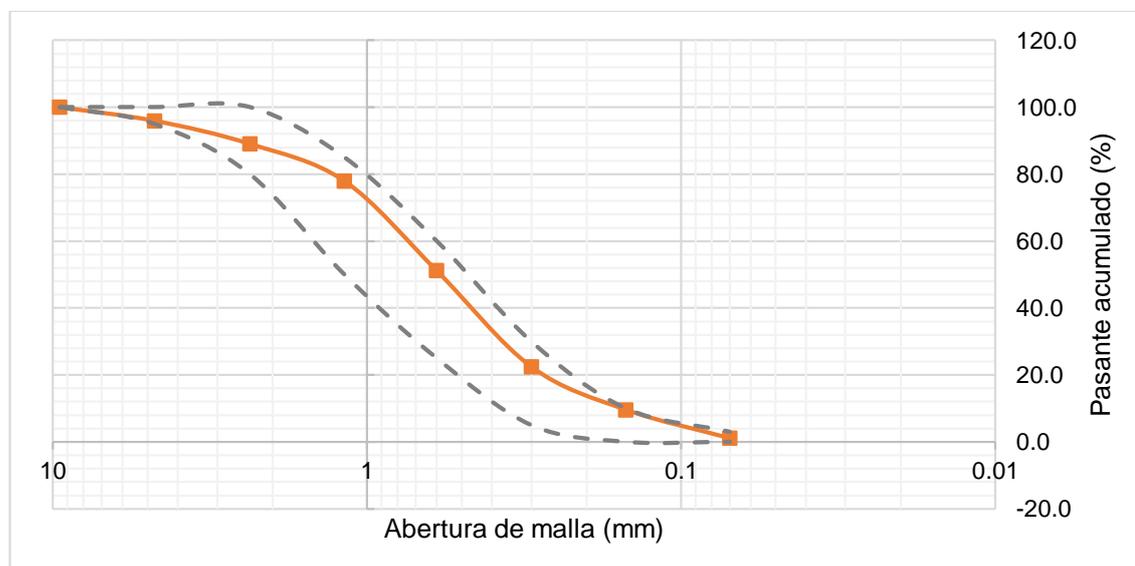


Figura 2. Granulometría del agregado fino.

Además, en la Tabla 9, se presenta la caracterización de los parámetros evaluados al agregado fino resaltando los parámetros de densidad aparente suelto de 1552 kg/m^3 , absorción del 0.5 %, contenido de humedad del 2.2 % y un módulo de fineza del 2.54 %.

Tabla 9. Características del agregado fino.

| Parámetro | Valor |
|--|-------|
| Densidad aparente suelto (kg/m^3) | 1552 |
| Densidad aparente compactado (kg/m^3) | 1682 |
| Densidad relativa aparente (g/cm^3) | 2.65 |
| Absorción (%) | 0.5 |
| Inalterabilidad al sulfato de magnesio (%) | 3.8 |
| Cantidad de cloruros (%) | 0.026 |
| Cantidad de sulfatos (%) | 0.017 |
| Cantidad de terrones y arcillas (%) | 0.1 |
| Pasante del tamiz N° 200 (%) | 0.4 |
| Módulo de fineza (%) | 2.54 |
| Contenido de humedad (%) | 2.2 |

Respecto a la caracterización granulométrica del agregado grueso, los resultados son mostrados en la Tabla 10 con los porcentajes de retenidos del

8.7 %, 59.5 %, 29.7 % y 2.2 % para los tamices de 1/2", 3/8", N° 5 y N° 8 respectivamente.

Tabla 10. Granulometría del agregado grueso.

| Tamiz | Peso retenido (g) | Retenido (%) | Retenido acumulado (%) | Pasante acumulado (%) |
|--------|-------------------|--------------|------------------------|-----------------------|
| 2" | 0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 1 1/2" | 0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 1" | 0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 3/4" | 0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 1/2" | 458 | 8.7 | 8.7 | 91.3 |
| 3/8" | 3145 | 59.5 | 68.1 | 31.9 |
| N° 4 | 1569 | 29.7 | 97.8 | 2.2 |
| N° 8 | 114 | 2.2 | 100.0 | 0.0 |
| Fondo | 2 | 0.0 | 100.0 | 0.0 |
| Total | 5288 | | 100.0 | 100.0 |

Al igual que con los resultados del agregado fino, en la Figura 3 se muestran las características granulométricas del agregado grueso fueron comparadas con los requisitos granulométricos del Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para la construcción (MTC, 2013), resultando tener las características apropiadas para su uso en concretos para vías.

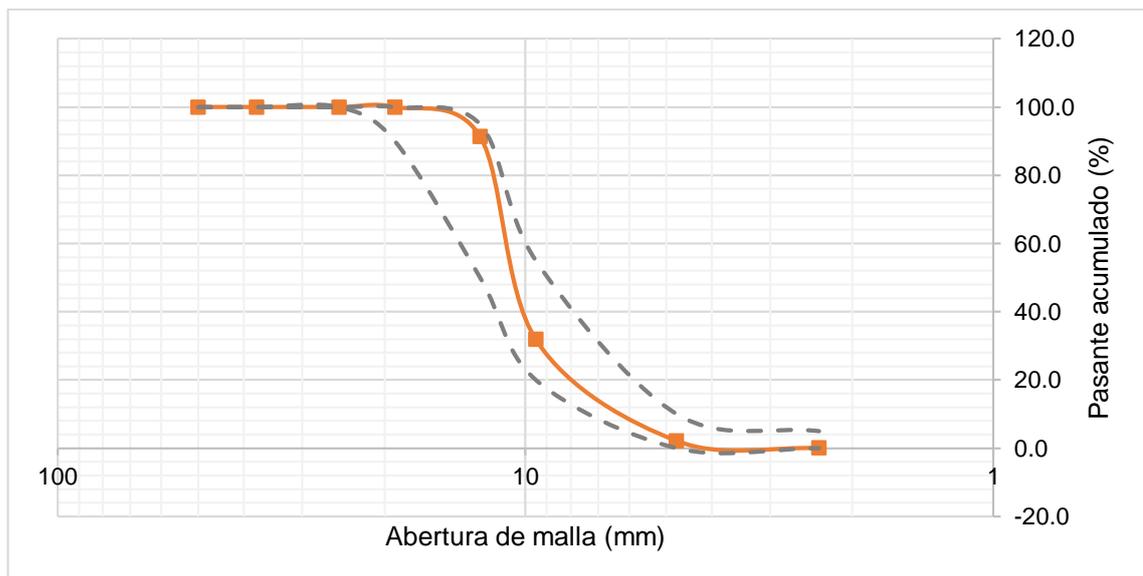


Figura 3. Granulometría del agregado grueso.

En la Tabla 11, se adjuntan las características del análisis en el laboratorio del agregado grueso utilizado en esta investigación a partir de la cual resaltamos los parámetros de densidad aparente del material suelto con 1482 kg/m³, una absorción del 0.5 %, desgaste del 34.2 % y un contenido de humedad del 0.4 %.

Tabla 11. Características del agregado grueso.

| Parámetro | Valor |
|---|-------|
| Densidad aparente suelto (kg/m ³) | 1482 |
| Densidad aparente compactado (kg/m ³) | 1604 |
| Densidad relativa aparente (g/cm ³) | 2.73 |
| Absorción (%) | 0.5 |
| Desgaste (%) | 34.2 |
| Inalterabilidad al sulfato de magnesio (%) | 5.4 |
| Cantidad de cloruros (%) | 0.075 |
| Cantidad de sulfatos (%) | 0.041 |
| Cantidad de terrones y arcillas (%) | 0.2 |
| Pasante del tamiz N° 200 (%) | 0.6 |
| Contenido de humedad (%) | 0.4 |

Finalmente, también se adjuntan en la Tabla 12 los resultados del análisis granulométrico realizado a la escoria de piedra chancada, teniendo porcentajes de material retenido para los tamices de 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, N° 200 y el fondo, de 0, 1.4, 5.5, 16.2, 41.5, 75.4, 91.1, 99.1 y 100 % respectivamente.

Tabla 12. Granulometría de la escoria de piedra chancada.

| Tamiz | Peso retenido (g) | Retenido (%) | Retenido acumulado (%) | Pasante acumulado (%) |
|--------|-------------------|--------------|------------------------|-----------------------|
| 3/8" | 0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| N° 4 | 10 | 1.4 | 1.4 | 98.6 |
| N° 8 | 31 | 4.2 | 5.5 | 94.5 |
| N° 16 | 79 | 10.7 | 16.2 | 83.8 |
| N° 30 | 187 | 25.3 | 41.5 | 58.5 |
| N° 50 | 250 | 33.8 | 75.4 | 24.6 |
| N° 100 | 116 | 15.7 | 91.1 | 8.9 |
| N° 200 | 59 | 8.0 | 99.1 | 0.9 |
| Fondo | 7 | 0.9 | 100.0 | 0.0 |
| Total | 739 | | 100.0 | 100.0 |

Sumado a estos resultados, en la Figura 4 se muestra la granulometría de la escoria de piedra chancada respecto al porcentaje de material pasante acumulado.

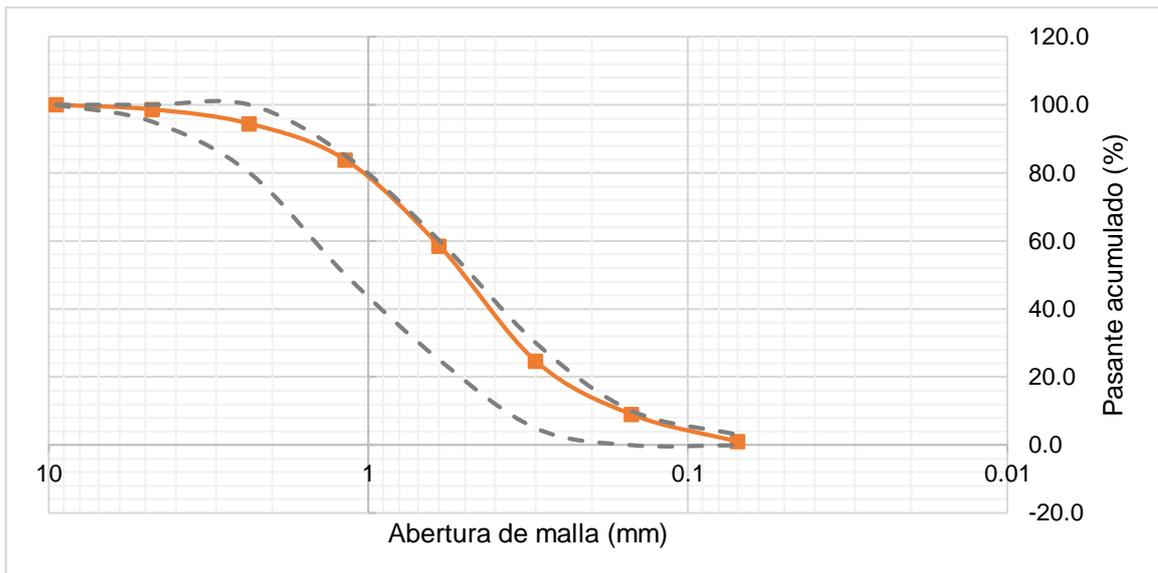


Figura 4. Granulometría de la escoria de piedra chancada.

Caracterizado los agregados se procedió al diseño de las mezclas de concreto sin y con reemplazo de los agregados finos por escoria de piedra chancada, bajo el método ACI 211, considerando un $f'c$ de diseño de 280 kg/cm^2 , cuyo resultado se detalla en las siguientes tablas:

Tabla 13. Dosificación para la mezcla de concreto sin escoria de piedra chancada.

| Material | Cantidad por m^3 | Cantidad por bolsa de cemento |
|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Cemento (kg) | 459.6 | 42.5 |
| Agua (L) | 210.7 | 19.5 |
| Agregado fino húmedo (kg) | 712.8 | 65.9 |
| Agregado grueso húmedo (kg) | 938.7 | 86.8 |

Tabla 14. Dosificación para la mezcla de concreto con 20 % de escoria de piedra chancada.

| Material | Cantidad por m^3 | Cantidad por bolsa de cemento |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Cemento (kg) | 459.6 | 42.5 |
| Agua (L) | 210.7 | 19.5 |
| Agregado fino húmedo (kg) | 570.2 | 52.7 |
| Agregado grueso húmedo (kg) | 938.7 | 86.8 |
| Escoria de piedra chancada (kg) | 142.6 | 13.2 |

Tabla 15. Dosificación para la mezcla de concreto con 40 % de escoria de piedra chancada.

| Material | Cantidad por m^3 | Cantidad por bolsa de cemento |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Cemento (kg) | 459.6 | 42.5 |
| Agua (L) | 210.7 | 19.5 |
| Agregado fino húmedo (kg) | 427.7 | 39.5 |
| Agregado grueso húmedo (kg) | 938.7 | 86.8 |
| Escoria de piedra chancada (kg) | 285.1 | 26.4 |

Tabla 16. Dosificación para la mezcla de concreto con 60 % de escoria de piedra chancada.

| Material | Cantidad por m ³ | Cantidad por bolsa de cemento |
|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Cemento (kg) | 459.6 | 42.5 |
| Agua (L) | 210.7 | 19.5 |
| Agregado fino húmedo (kg) | 285.1 | 26.4 |
| Agregado grueso húmedo (kg) | 938.7 | 86.8 |
| Escoria de piedra chancada (kg) | 427.7 | 39.5 |

Tabla 17. Dosificación para la mezcla de concreto con 80 % de escoria de piedra chancada.

| Material | Cantidad por m ³ | Cantidad por bolsa de cemento |
|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Cemento (kg) | 459.6 | 42.5 |
| Agua (L) | 210.7 | 19.5 |
| Agregado fino húmedo (kg) | 142.6 | 13.2 |
| Agregado grueso húmedo (kg) | 938.7 | 86.8 |
| Escoria de piedra chancada (kg) | 570.2 | 52.7 |

Tabla 18. Dosificación para la mezcla de concreto con 100 % de escoria de piedra chancada.

| Material | Cantidad por m ³ | Cantidad por bolsa de cemento |
|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Cemento (kg) | 459.6 | 42.5 |
| Agua (L) | 210.7 | 19.5 |
| Agregado fino húmedo (kg) | 0 | 0 |
| Agregado grueso húmedo (kg) | 938.7 | 86.8 |
| Escoria de piedra chancada (kg) | 712.8 | 65.9 |

4.1. Efecto en la consistencia del concreto para pavimento rígido al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra

Los efectos en la consistencia del concreto debido al reemplazo del agregado fino natural por escoria de piedra son presentados en la Tabla 19, donde encontramos los promedios del ensayo de asentamiento para las muestras de concretos estándar (0 %) de 3.7" con una desviación estándar de 0.3", las muestras con un 20 % de reemplazo tuvieron un resultados de 4.2" y con un desviación estándar también de 0.3", las muestras con 40 % obtuvieron un promedio de 5.0" con una desviación estándar de 0.5", las muestras de 60% de reemplazo tuvieron un asentamiento promedio de 5.5" con una desviación también de 0.5", los concretos con 80 % de reemplazo tuvieron un promedio de 6.5" y una desviación estándar de 0.5", y finalmente las mezclas con sustitución completa, es decir del 100% del agregado fino natural, obtuvieron asentamientos promedio de 7.5" con una desviación

estándar de 0.5” convirtiéndose así en las mezclas con la mayor variación respecto a las mezclas de concreto estándar con 100.89 %.

Tabla 19. Resultados del asentamiento del concreto con sustitución del agregado fino por escoria de piedra.

| Cantidad de reemplazo (%) | Asentamiento (pulg) | Desviación estándar (pulg) | Promedio (pulg) | Variación (%) |
|---------------------------|---------------------|----------------------------|-----------------|---------------|
| 0 | 3.5 | 0.3 | 3.7 | 0.00 |
| 0 | 4 | | | |
| 0 | 3.7 | | | |
| 20 | 4 | 0.3 | 4.2 | 11.61 |
| 20 | 4.5 | | | |
| 20 | 4 | | | |
| 40 | 5 | 0.5 | 5.0 | 33.93 |
| 40 | 4.5 | | | |
| 40 | 5.5 | | | |
| 60 | 5.5 | 0.5 | 5.5 | 47.32 |
| 60 | 5 | | | |
| 60 | 6 | | | |
| 80 | 6 | 0.5 | 6.5 | 74.11 |
| 80 | 7 | | | |
| 80 | 6.5 | | | |
| 100 | 8 | 0.5 | 7.5 | 100.89 |
| 100 | 7 | | | |
| 100 | 7.5 | | | |

En la Figura 5, se representan gráficamente los resultados obtenidos del ensayo de asentamiento realizado a las diferentes muestras de concreto, donde se compara la cantidad de reemplazo de escoria de piedra en porcentaje con el asentamiento registrado en pulgadas.

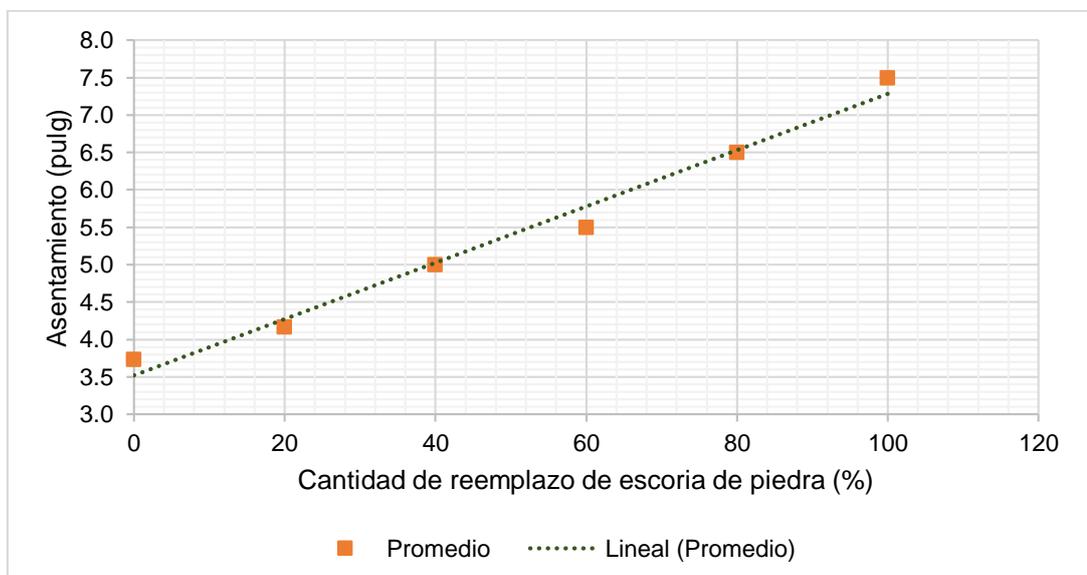


Figura 5. La cantidad de reemplazo de escoria de piedra y el asentamiento del concreto.

Igualmente, en la figura 5, se encuentran los resultados del análisis del porcentaje de variación de los asentamientos obtenidos de los promedios de las mezclas de concreto en comparación con la mezcla hecha solo con agregados finos naturales que aparece con 0 % dado que es la muestra patrón, evidenciándose que a mayores cantidades de reemplazo de agregado existen mayores variaciones en el asentamiento de las mezclas.

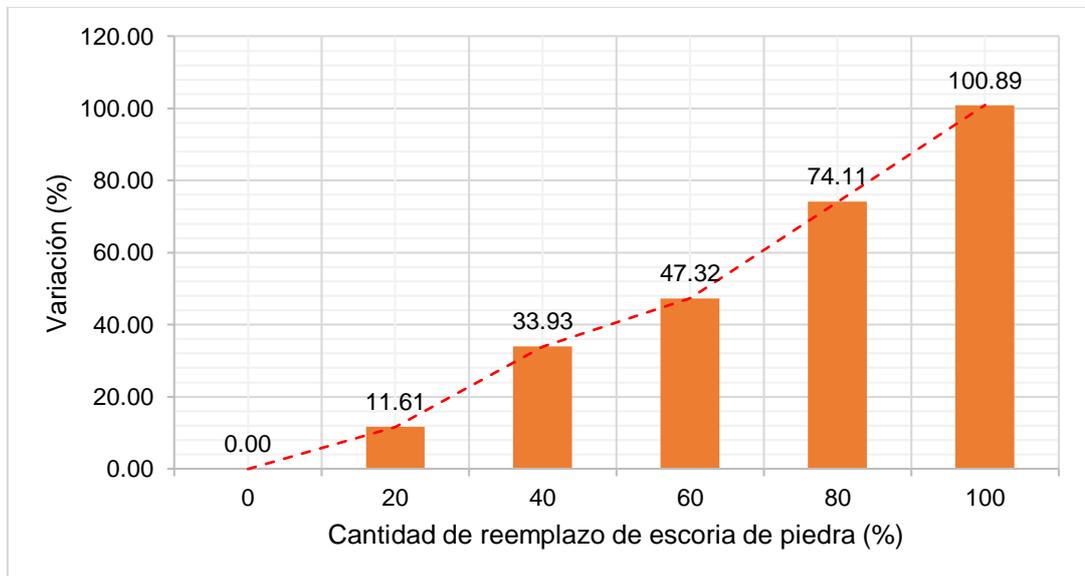


Figura 6. Variación del asentamiento del concreto.

4.2. Efecto en el contenido de aire del concreto para pavimento rígido al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra

La Tabla 20, contiene los resultados del ensayo de contenido de aire de las muestras de concreto con las diferentes proporciones de sustitución del agregado fino con escoria de piedra chancada, aquí se observa que para las muestras con un reemplazo del 0 % los promedios de los ensayos indican 1.5 % de contenido de aire y una desviación estándar del 0.2 %, las mezclas con 20 % obtuvieron un promedio de 1.8 % con una desviación estándar de 0.2 %, de igual manera las mezclas con un 40 % de sustitución tuvieron un promedio de 2.7 % y una desviación estándar de 0.4 %, las muestras con 60 % tuvieron un promedio de contenido de aire 3.2 % con una desviación estándar de tan solo 0.2 %, las muestras de concreto con un porcentaje de sustitución del 80 % tuvieron un contenido de aire del 3.7 % con una desviación de 0.4%, y por último las muestras con un reemplazo

total del agregado fino natural obtuvieron un promedio de 4.6 % de contenido de aire y una desviación estándar del 0.3 % siendo así la muestra de mayor variación con respecto al patrón llegando al 204.44 %.

Tabla 20. Resultados del contenido de aire del concreto con sustitución del agregado fino por escoria de piedra.

| Cantidad de reemplazo (%) | Contenido de aire (%) | Desviación estándar (%) | Promedio (%) | Variación (%) |
|---------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|---------------|
| 0 | 1.3 | 0.2 | 1.5 | 0.00 |
| 0 | 1.5 | | | |
| 0 | 1.7 | | | |
| 20 | 2 | 0.2 | 1.8 | 22.22 |
| 20 | 1.8 | | | |
| 20 | 1.7 | | | |
| 40 | 2.3 | 0.4 | 2.7 | 77.78 |
| 40 | 3.1 | | | |
| 40 | 2.6 | | | |
| 60 | 3 | 0.2 | 3.2 | 111.11 |
| 60 | 3.3 | | | |
| 60 | 3.2 | | | |
| 80 | 3.3 | 0.4 | 3.7 | 146.67 |
| 80 | 3.7 | | | |
| 80 | 4.1 | | | |
| 100 | 4.6 | 0.3 | 4.6 | 204.44 |
| 100 | 4.3 | | | |
| 100 | 4.8 | | | |

De modo similar, en la Figura 7 se encuentra expresada la relación existente entre el porcentaje de reemplazo de escoria de piedra con el porcentaje de contenido de aire obtenido en las muestras de concreto elaboradas.

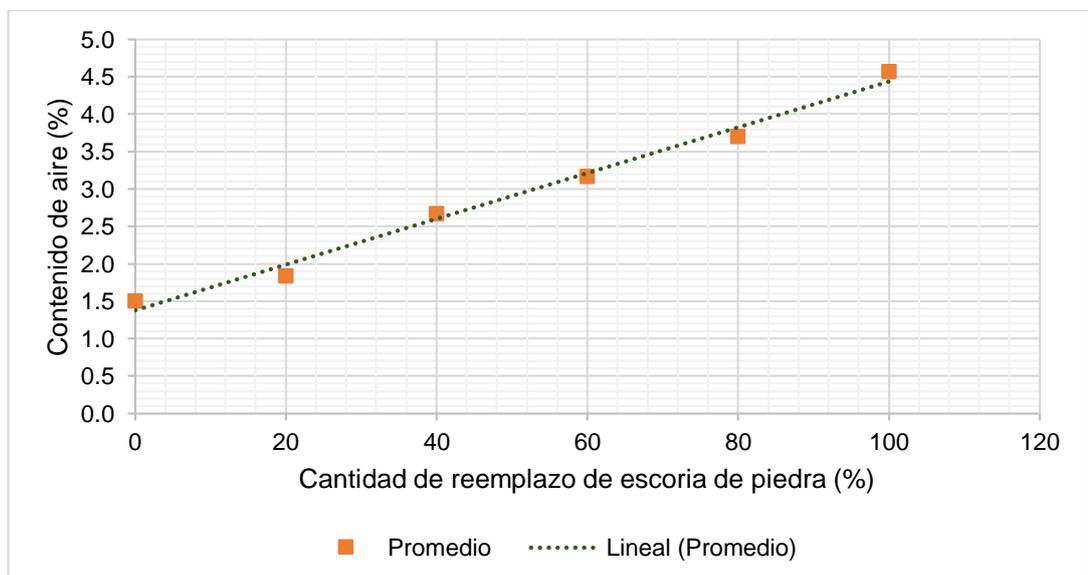


Figura 7. La cantidad de reemplazo de escoria de piedra y el contenido de aire del concreto.

Por último, en la Figura 8, se encuentran los resultados respecto al porcentaje de variación en el contenido de aire entre las muestras que reemplazan el agregado fino natural, quedando en evidencia la relación directa entre el porcentaje de reemplazo y la variación del contenido de aire.

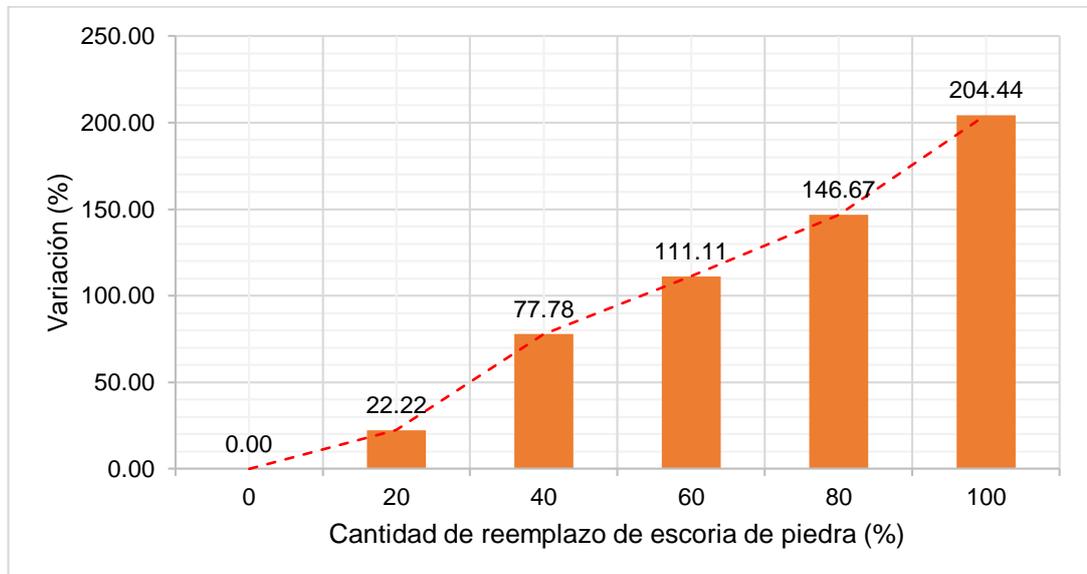


Figura 8. Variación del contenido de aire del concreto.

4.3. Efecto en la resistencia del concreto para pavimento rígido al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra

Los resultados de los ensayos de resistencia a la flexión a los 14 días que muestran el efecto que tiene en esta propiedad la sustitución del agregado fino natural por escoria de piedra chancada están en la Tabla 21, donde el promedio de resistencia a la flexión para las muestras sin reemplazo fue de 45.0 kg/cm² con una desviación estándar de 4.0 kg/cm², en las muestras con un reemplazo del 20 % la resistencia promedio fue de 46.8 kg/cm² y una desviación estándar de 1.4 kg/cm², las muestras con 40 % tuvieron una resistencia de 52.7 kg/cm² con una desviación estándar del 2.7 kg/cm² siendo las de mejores resultados con una variación del 17.26 % respecto a las muestras de concreto estándar, por otro lado, las muestras con un reemplazo del 60 % presentaron una resistencia de 48.6 kg/cm² y una desviación estándar de 1.5 kg/cm², del mismo modo las muestras con 80 % tuvieron una resistencia a la flexión promedio de 42.9 kg/cm² con una desviación estándar de 1.2 kg/cm², y finalmente, las muestras con una

sustitución del 100 % de agregado fino obtuvieron una resistencia promedio de 37.2 % con una desviación estándar de 2.4 kg/cm² resultando ser las muestras de peor comportamiento con una variación de -17.24 % respecto a las muestras sin sustitución.

Tabla 21. Resultados de la resistencia del concreto a los 14 días con sustitución del agregado fino por escoria de piedra.

| Cantidad de reemplazo (%) | Resistencia a flexión (kg/cm ²) | Desviación estándar (kg/cm ²) | Promedio (kg/cm ²) | Variación (%) |
|---------------------------|---|---|--------------------------------|---------------|
| 0 | 42.64 | 4.0 | 45.0 | 0.00 |
| 0 | 42.72 | | | |
| 0 | 49.57 | | | |
| 20 | 48.29 | 1.4 | 46.8 | 3.99 |
| 20 | 46.61 | | | |
| 20 | 45.41 | | | |
| 40 | 49.83 | 2.7 | 52.7 | 17.26 |
| 40 | 53.11 | | | |
| 40 | 55.28 | | | |
| 60 | 48.22 | 1.5 | 48.6 | 8.09 |
| 60 | 47.32 | | | |
| 60 | 50.3 | | | |
| 80 | 43.87 | 1.2 | 42.9 | -4.63 |
| 80 | 43.29 | | | |
| 80 | 41.52 | | | |
| 100 | 39.91 | 2.4 | 37.2 | -17.24 |
| 100 | 36.43 | | | |
| 100 | 35.33 | | | |

En la Figura 9, se encuentra la representación de los resultados de la resistencia a la flexión a los 14 días donde en kg/cm² comparados contra el porcentaje de reemplazo de agregado fino con escoria de piedra.

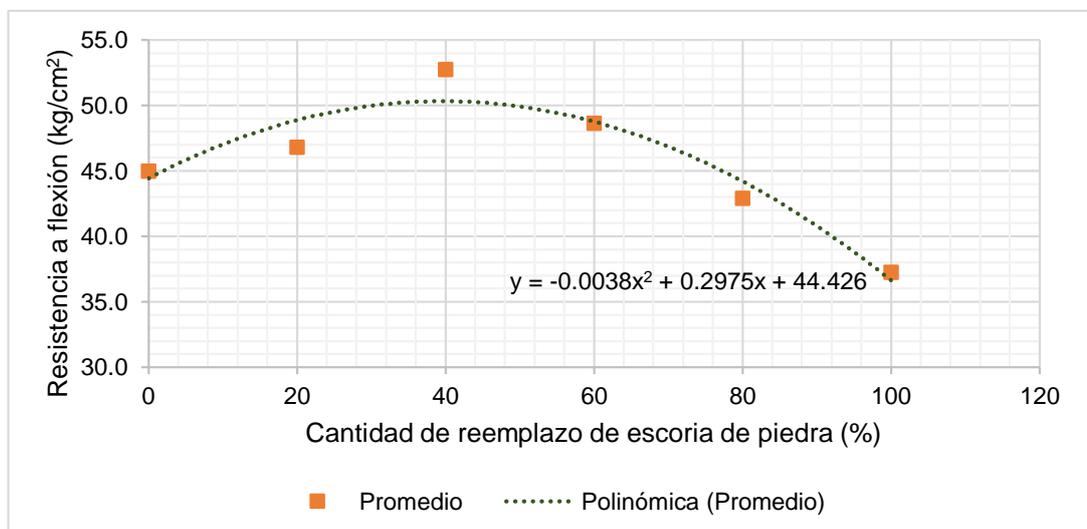


Figura 9. La cantidad de reemplazo de escoria de piedra y la resistencia a los 14 días del concreto.

A continuación, en la Figura 10 se encuentra expresada de manera gráfica la variación de los resultados de resistencia a la flexión a los 14 días para cada proporción de reemplazo evaluada.

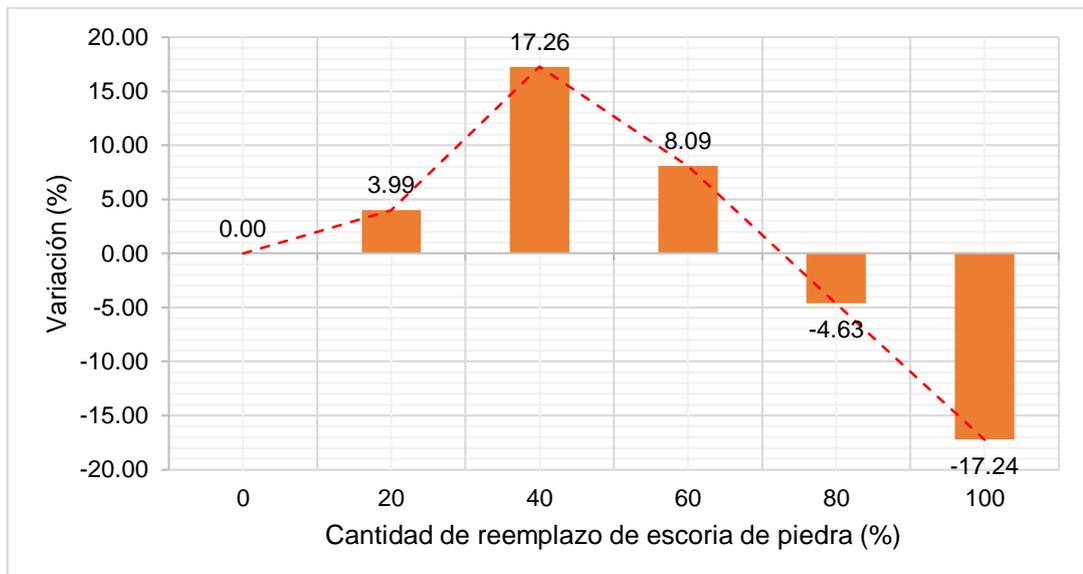


Figura 10. Variación de la resistencia a los 14 días del concreto.

De igual manera, en la Tabla 22 se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de la resistencia del concreto para su uso en pavimento rígido, es decir de resistencia a la flexión a los 28 días de todas las muestras de concreto evaluadas. Aquellas muestras con una cantidad de reemplazo nula, es decir del 0 %, el promedio de resistencia a la flexión fue de 54.9 kg/cm² con una desviación estándar de 3.2 kg/cm², las muestras con 20 % de reemplazo tuvieron una resistencia a la flexión de 57.0 kg/cm² con una desviación de 1.3 kg/cm², las muestras con un 40 % de sustitución tuvieron una resistencia promedio a la flexión de 61.3 kg/cm² con una desviación estándar de 3.0 kg/cm² siendo las muestras con mejor comportamiento en comparación con todas las otras muestras teniendo una variación del 11.56 % respecto a las resistencias alcanzadas por las mezclas de concreto sin reemplazo del agregado natural, por otro lado, las muestras con 60 % de reemplazo tuvieron un promedio de resistencia a la flexión 56.6 kg/cm² con una desviación estándar de 1.9 kg/cm², las muestras con 80 % tuvieron un promedio del 51.9 kg/cm² con una desviación estándar de 1.8 kg/cm², y las muestras con un reemplazo del 100 % tuvieron una resistencia a la promedio de 48.1 kg/cm² y una desviación estándar de 1.3 kg/cm² siendo la

de peor resultado al igual que en los ensayos de resistencia a las 14 días, con una variación negativa de 12.38 % en comparación con las mezclas patrón.

Tabla 22. Resultados de la resistencia del concreto a los 28 días con sustitución del agregado fino por escoria de piedra.

| Cantidad de reemplazo (%) | Resistencia a flexión (kg/cm ²) | Desviación estándar (kg/cm ²) | Promedio (kg/cm ²) | Variación (%) |
|---------------------------|---|---|--------------------------------|---------------|
| 0 | 56.07 | 3.2 | 54.9 | 0.00 |
| 0 | 57.33 | | | |
| 0 | 51.35 | | | |
| 20 | 58.18 | 1.3 | 57.0 | 3.78 |
| 20 | 57.13 | | | |
| 20 | 55.66 | | | |
| 40 | 61.09 | 3.0 | 61.3 | 11.56 |
| 40 | 64.33 | | | |
| 40 | 58.37 | | | |
| 60 | 56.95 | 1.9 | 56.6 | 3.03 |
| 60 | 54.57 | | | |
| 60 | 58.23 | | | |
| 80 | 53.88 | 1.8 | 51.9 | -5.58 |
| 80 | 51.14 | | | |
| 80 | 50.54 | | | |
| 100 | 46.79 | 1.3 | 48.1 | -12.38 |
| 100 | 49.48 | | | |
| 100 | 48.08 | | | |

En la Figura 11, se encuentra expresada la relación existente entre la cantidad de reemplazo del agregado fino por escoria de piedra chancada en el concreto con la resistencia a la flexión a los 28 días alcanzada por estas muestras, destacando que los mejores resultados se obtienen ante reemplazos parciales de 40 % del material.

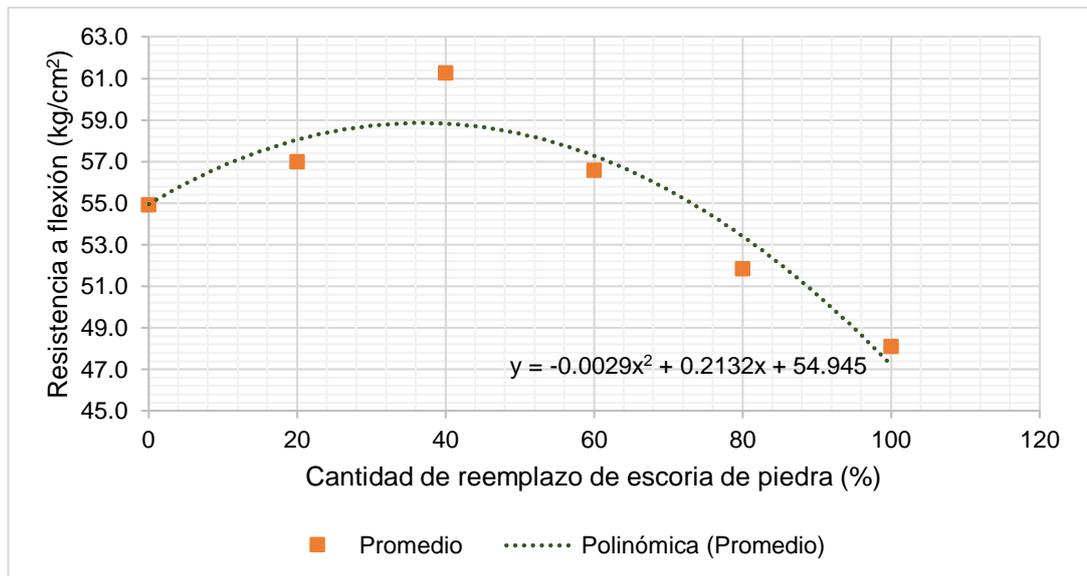


Figura 11. La cantidad de reemplazo de escoria de piedra y la resistencia a los 28 días del concreto.

Así mismo, en la Figura 12, se expone la relación de la variación de la resistencia a la flexión con la cantidad de reemplazo de escoria de piedra, aquí se resalta que las mezclas con 100 % son las que peor comportamiento registraron y las mezclas con 40 % son las que mejor comportamiento registraron.

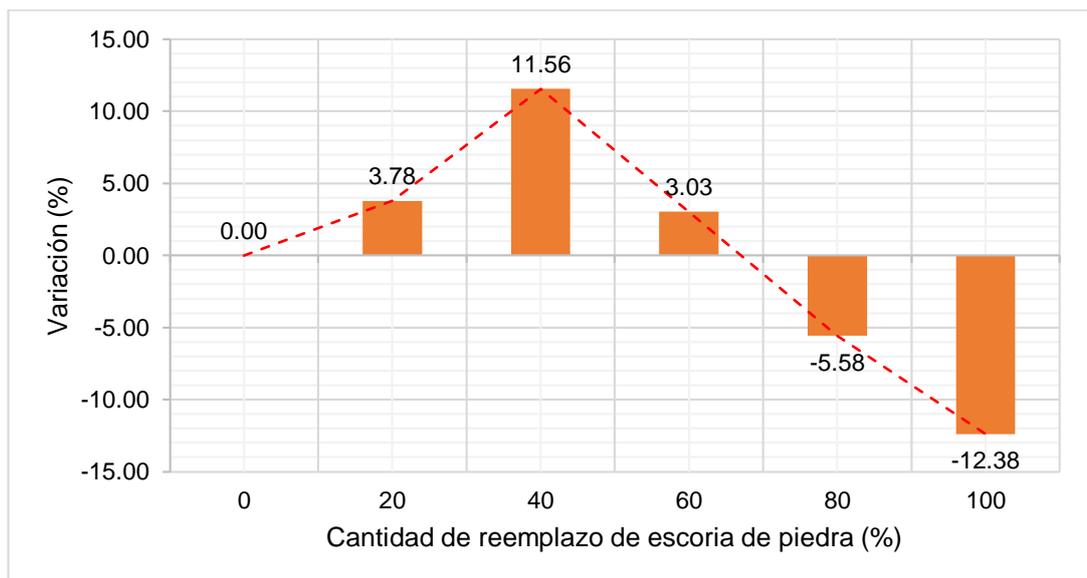


Figura 12. Variación de la resistencia a los 28 días del concreto.

En consecuencia, en la Figura 13 está representada la evolución de la resistencia a la flexión obtenida por las distintas mezclas hasta los 28 días de edad, de la misma manera que en los anteriores gráficos se evidencia que las mezclas con sustituciones del 40 % del agregado fino natural por escoria de piedra chancada tuvo la mejor evolución y comportamiento con

las resistencias más altas, en contraparte, los peores resultados fueron obtenidos por las mezclas con un 100 % de sustitución del agregado fino por escoria de piedra.

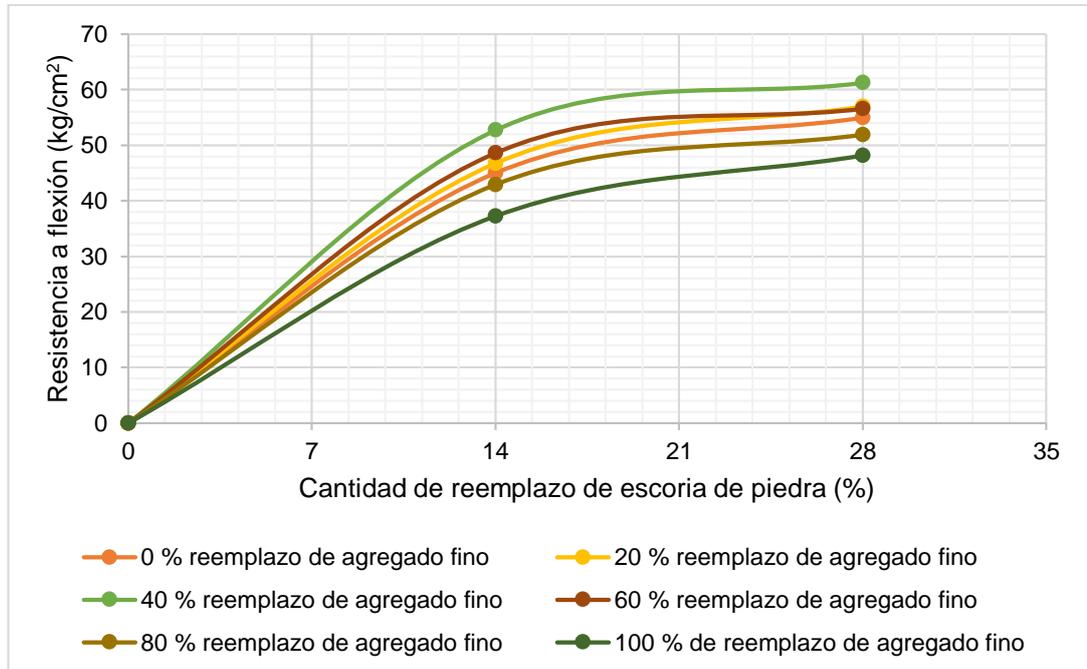


Figura 13. Variación de la resistencia del concreto a los 14 y 28 días con sustitución del agregado fino.

4.4. Prueba de hipótesis

4.4.1. Prueba de normalidad

En la Tabla 23 se muestra los resultados de la prueba de normalidad por medio de Shapiro- Wilk de los datos obtenidos de la medición del asentamiento del concreto, esto debido a que el número de mediciones por grupo fue menor a 50. Entonces, se resalta que, las significancias obtenidas son mayores a 5 %, por ende, se cuenta con una distribución normal, siendo lo más idóneo emplear el estadístico de ANOVA de un factor para la contrastación de hipótesis.

Tabla 23. Prueba de normalidad de los datos de asentamiento del concreto.

| Grupos | | Shapiro-Wilk | | |
|--------------|---|--------------|----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. |
| Asentamiento | Concreto patrón | 0.99 | 3 | 0.78 |
| | Concreto con 20 % de escoria de piedra | 0.75 | 3 | 0.06 |
| | Concreto con 40 % de escoria de piedra | 1.00 | 3 | 1.00 |
| | Concreto con 60 % de escoria de piedra | 1.00 | 3 | 1.00 |
| | Concreto con 80 % de escoria de piedra | 1.00 | 3 | 1.00 |
| | Concreto con 100 % de escoria de piedra | 1.00 | 3 | 1.00 |

Del mismo modo, en la Tabla 24 se muestra los resultados de la prueba de normalidad de los datos obtenidos de la medición del contenido de aire del concreto. Entonces, se resalta que, las significancias obtenidas son mayores a 5 %, por ende también se cuenta con una distribución normal, siendo lo más idóneo emplear el estadístico de ANOVA de un factor para la contrastación de hipótesis.

Tabla 24. Prueba de normalidad de los datos del contenido de aire del concreto.

| Grupos | | Shapiro-Wilk | | |
|-------------------|---|--------------|----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. |
| Contenido de aire | Concreto patrón | 1.00 | 3 | 1.00 |
| | Concreto con 20 % de escoria de piedra | 0.96 | 3 | 0.64 |
| | Concreto con 40 % de escoria de piedra | 0.98 | 3 | 0.73 |
| | Concreto con 60 % de escoria de piedra | 0.96 | 3 | 0.64 |
| | Concreto con 80 % de escoria de piedra | 1.00 | 3 | 1.00 |
| | Concreto con 100 % de escoria de piedra | 0.99 | 3 | 0.78 |

Consecuentemente, en la Tabla 25 se muestra los resultados de la prueba de normalidad de los datos obtenidos de la medición de la resistencia a flexión del concreto. Resaltando también que, las significancias obtenidas son mayores a 5 %, por ende, se cuenta con una distribución normal, siendo lo más idóneo emplear el estadístico de ANOVA de un factor para la contrastación de hipótesis.

Tabla 25. Prueba de normalidad de los datos de la resistencia a flexión del concreto.

| Grupos | | Shapiro-Wilk | | |
|-------------------------------------|---|--------------|----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. |
| Resistencia a flexión a los 14 días | Concreto patrón | 0.76 | 3 | 0.06 |
| | Concreto con 20 % de escoria de piedra | 0.99 | 3 | 0.82 |
| | Concreto con 40 % de escoria de piedra | 0.99 | 3 | 0.78 |
| | Concreto con 60 % de escoria de piedra | 0.95 | 3 | 0.57 |
| | Concreto con 80 % de escoria de piedra | 0.92 | 3 | 0.46 |
| | Concreto con 100 % de escoria de piedra | 0.92 | 3 | 0.44 |
| Resistencia a flexión a los 28 días | Concreto patrón | 0.90 | 3 | 0.38 |
| | Concreto con 20 % de escoria de piedra | 0.99 | 3 | 0.82 |
| | Concreto con 40 % de escoria de piedra | 1.00 | 3 | 0.90 |
| | Concreto con 60 % de escoria de piedra | 0.97 | 3 | 0.67 |
| | Concreto con 80 % de escoria de piedra | 0.88 | 3 | 0.32 |
| | Concreto con 100 % de escoria de piedra | 1.00 | 3 | 0.95 |

4.4.2. Contrastación de la hipótesis específica “a”

Partiendo de las siguientes hipótesis planteadas para el problema específico “a”:

Si $\rho > 5\%$ → H_1 : La consistencia del concreto para pavimentos rígidos mejora al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra.

Si $\rho < 5\%$ → H_0 : La consistencia del concreto para pavimentos rígidos mejora al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra.

Se logra interpretar de la Tabla 26 que, el asentamiento del concreto con el reemplazo del agregado fino por escoria de piedra chancada presentó diferencias significativas, pues la significancia resultante fue menor a 5 %.

Tabla 26. ANOVA de un factor para la hipótesis específica "a".

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| Entre grupos | 30.27 | 5 | 6.05 | 31.67 | 0.00 |
| Dentro de grupos | 2.29 | 12 | 0.19 | | |
| Total | 32.56 | 17 | | | |

A fin de determinar si los cambios significativos presentados en el asentamiento del concreto fueron mejoras o no, se realizó la prueba pos hoc de Tukey, tal como se observa en la Tabla 27.

Se logra interpretar que, el asentamiento del concreto donde se reemplazó 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino por escoria de piedra chancada tendió a incrementarse, pues las diferencias de medias fueron negativas (-0.43, -1.27, -1.77, -2.77 y -3.77), donde solo con 20 % tal incremento no fue significativo estadísticamente.

Por lo tanto, se concluye aceptando la hipótesis alterna de la investigación, respecto a que la consistencia del concreto para pavimentos rígidos mejora al sustituir 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra, pues se dieron incrementos significativos del asentamiento, con lo cual se asegura la trabajabilidad del concreto.

Tabla 27. Comparación de grupos en la hipótesis específica "a".

| (I) Grupos | | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | 95% de intervalo de confianza | |
|---|---|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Concreto patrón | Concreto con 20 % de escoria de piedra | -0.43 | 0.36 | 0.82 | -1.63 | 0.77 |
| | Concreto con 40 % de escoria de piedra | -1.27* | 0.36 | 0.04 | -2.47 | -0.07 |
| | Concreto con 60 % de escoria de piedra | -1.77 | 0.36 | 0.00 | -2.97 | -0.57 |
| | Concreto con 80 % de escoria de piedra | -2.77* | 0.36 | 0.00 | -3.97 | -1.57 |
| | Concreto con 100 % de escoria de piedra | -3.77* | 0.36 | 0.00 | -4.97 | -2.57 |
| Concreto con 20 % de escoria de piedra | Concreto patrón | 0.43 | 0.36 | 0.82 | -0.77 | 1.63 |
| | Concreto con 40 % de escoria de piedra | -0.83 | 0.36 | 0.25 | -2.03 | 0.37 |
| | Concreto con 60 % de escoria de piedra | -1.33* | 0.36 | 0.03 | -2.53 | -0.13 |
| | Concreto con 80 % de escoria de piedra | -2.33* | 0.36 | 0.00 | -3.53 | -1.13 |
| | Concreto con 100 % de escoria de piedra | -3.33* | 0.36 | 0.00 | -4.53 | -2.13 |
| Concreto con 40 % de escoria de piedra | Concreto patrón | 1.27* | 0.36 | 0.04 | 0.07 | 2.47 |
| | Concreto con 20 % de escoria de piedra | 0.83 | 0.36 | 0.25 | -0.37 | 2.03 |
| | Concreto con 60 % de escoria de piedra | -0.50 | 0.36 | 0.73 | -1.70 | 0.70 |
| | Concreto con 80 % de escoria de piedra | -1.50* | 0.36 | 0.01 | -2.70 | -0.30 |
| | Concreto con 100 % de escoria de piedra | -2.50* | 0.36 | 0.00 | -3.70 | -1.30 |
| Concreto con 60 % de escoria de piedra | Concreto patrón | 1.77* | 0.36 | 0.00 | 0.57 | 2.97 |
| | Concreto con 20 % de escoria de piedra | 1.33* | 0.36 | 0.03 | 0.13 | 2.53 |
| | Concreto con 40 % de escoria de piedra | 0.50 | 0.36 | 0.73 | -0.70 | 1.70 |
| | Concreto con 80 % de escoria de piedra | -1.00 | 0.36 | 0.12 | -2.20 | 0.20 |
| | Concreto con 100 % de escoria de piedra | -2.00* | 0.36 | 0.00 | -3.20 | -0.80 |
| Concreto con 80 % de escoria de piedra | Concreto patrón | 2.77* | 0.36 | 0.00 | 1.57 | 3.97 |
| | Concreto con 20 % de escoria de piedra | 2.33* | 0.36 | 0.00 | 1.13 | 3.53 |
| | Concreto con 40 % de escoria de piedra | 1.50* | 0.36 | 0.01 | 0.30 | 2.70 |
| | Concreto con 60 % de escoria de piedra | 1.00 | 0.36 | 0.12 | -0.20 | 2.20 |
| | Concreto con 100 % de escoria de piedra | -1.00 | 0.36 | 0.12 | -2.20 | 0.20 |
| Concreto con 100 % de escoria de piedra | Concreto patrón | 3.77* | 0.36 | 0.00 | 2.57 | 4.97 |
| | Concreto con 20 % de escoria de piedra | 3.33* | 0.36 | 0.00 | 2.13 | 4.53 |
| | Concreto con 40 % de escoria de piedra | 2.50* | 0.36 | 0.00 | 1.30 | 3.70 |
| | Concreto con 60 % de escoria de piedra | 2.00* | 0.36 | 0.00 | 0.80 | 3.20 |
| | Concreto con 80 % de escoria de piedra | 1.00 | 0.36 | 0.12 | -0.20 | 2.20 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

De la siguiente tabla se interpreta que, los grupos evaluados se agrupan en 5 sub conjuntos homogéneos, donde el asentamiento obtenido para el concreto patrón es similar al obtenido para el concreto donde se reemplazó 20 % de escoria de piedra, del mismo modo el concreto con 20 % y 40 % de escoria de piedra, el concreto con 40 % y 60 %, el concreto con 60 % y 80 %, por último, el concreto con 80 % y 100 % de escoria de piedra chancada.

Tabla 28. Sub conjuntos homogéneos en la hipótesis específica “a”.

| Grupos | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | | |
|---|---|------------------------------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Concreto patrón | 3 | 3.73 | | | | |
| Concreto con 20 % de escoria de piedra | 3 | 4.17 | 4.17 | | | |
| Concreto con 40 % de escoria de piedra | 3 | | 5.00 | 5.00 | | |
| Concreto con 60 % de escoria de piedra | 3 | | | 5.50 | 5.50 | |
| Concreto con 80 % de escoria de piedra | 3 | | | | 6.50 | 6.50 |
| Concreto con 100 % de escoria de piedra | 3 | | | | | 7.50 |
| Sig. | | 0.82 | 0.25 | 0.73 | 0.12 | 0.12 |

4.4.3. Contrastación de la hipótesis específica “b”

Partiendo de las siguientes hipótesis planteadas para el problema específico “b”:

Si $p > 5\%$ → H_1 : El contenido de aire del concreto para pavimentos rígidos se reduce al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra.

Si $p < 5\%$ → H_0 : El contenido de aire del concreto para pavimentos rígidos no se reduce al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra.

Se logra interpretar de la Tabla 29 que, el contenido de aire del concreto con el reemplazo del agregado fino por escoria de piedra chancada presentó diferencias significativas, pues la significancia resultante fue menor a 5 %.

Tabla 29. ANOVA de un factor para la hipótesis específica “b”.

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| Entre grupos | 19.92 | 5 | 3.98 | 50.51 | 0.00 |
| Dentro de grupos | 0.95 | 12 | 0.08 | | |
| Total | 20.87 | 17 | | | |

Con la finalidad de establecer si los cambios significativos presentados en el contenido de aire del concreto fueron reducciones o no, se realizó la prueba pos hoc de Tukey, tal como se observa en la Tabla 30.

Se logra interpretar que, el contenido de aire del concreto donde se reemplazó 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino por escoria de piedra chancada tendió a incrementarse, pues las diferencias de medias fueron negativas (-0.33, -1.17, -1.67, -2.20 y -3.07) donde solo con 20 % de escoria de piedra chancada, tal incremento no fue significativo estadísticamente.

Por lo tanto, se concluye aceptando la hipótesis nula de la investigación, respecto a que el contenido de aire del concreto para pavimentos rígidos no reduce al sustituir 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra, pues se dieron incrementos significativos, con lo cual se asegura un buen comportamiento del concreto frente a heladas.

Tabla 30. Comparación de grupos de la hipótesis específica “b”.

| (I) Grupos | | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | 95% de intervalo de confianza | |
|---|---|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Concreto patrón | Concreto con 20 % de escoria de piedra | -0.33 | 0.23 | 0.70 | -1.10 | 0.44 |
| | Concreto con 40 % de escoria de piedra | -1.17* | 0.23 | 0.00 | -1.94 | -0.40 |
| | Concreto con 60 % de escoria de piedra | -1.67* | 0.23 | 0.00 | -2.44 | -0.90 |
| | Concreto con 80 % de escoria de piedra | -2.20* | 0.23 | 0.00 | -2.97 | -1.43 |
| | Concreto con 100 % de escoria de piedra | -3.07* | 0.23 | 0.00 | -3.84 | -2.30 |
| Concreto con 20 % de escoria de piedra | Concreto patrón | 0.33 | 0.23 | 0.70 | -0.44 | 1.10 |
| | Concreto con 40 % de escoria de piedra | -0.83* | 0.23 | 0.03 | -1.60 | -0.06 |
| | Concreto con 60 % de escoria de piedra | -1.33* | 0.23 | 0.00 | -2.10 | -0.56 |
| | Concreto con 80 % de escoria de piedra | -1.87* | 0.23 | 0.00 | -2.64 | -1.10 |
| | Concreto con 100 % de escoria de piedra | -2.73* | 0.23 | 0.00 | -3.50 | -1.96 |
| Concreto con 40 % de escoria de piedra | Concreto patrón | 1.17* | 0.23 | 0.00 | 0.40 | 1.94 |
| | Concreto con 20 % de escoria de piedra | 0.83* | 0.23 | 0.03 | 0.06 | 1.60 |
| | Concreto con 60 % de escoria de piedra | -0.50 | 0.23 | 0.31 | -1.27 | 0.27 |
| | Concreto con 80 % de escoria de piedra | -1.03* | 0.23 | 0.01 | -1.80 | -0.26 |
| | Concreto con 100 % de escoria de piedra | -1.90* | 0.23 | 0.00 | -2.67 | -1.13 |
| Concreto con 60 % de escoria de piedra | Concreto patrón | 1.67* | 0.23 | 0.00 | 0.90 | 2.44 |
| | Concreto con 20 % de escoria de piedra | 1.33* | 0.23 | 0.00 | 0.56 | 2.10 |
| | Concreto con 40 % de escoria de piedra | 0.50 | 0.23 | 0.31 | -0.27 | 1.27 |
| | Concreto con 80 % de escoria de piedra | -0.53 | 0.23 | 0.26 | -1.30 | 0.24 |
| | Concreto con 100 % de escoria de piedra | -1.40* | 0.23 | 0.00 | -2.17 | -0.63 |
| Concreto con 80 % de escoria de piedra | Concreto patrón | 2.20* | 0.23 | 0.00 | 1.43 | 2.97 |
| | Concreto con 20 % de escoria de piedra | 1.87* | 0.23 | 0.00 | 1.10 | 2.64 |
| | Concreto con 40 % de escoria de piedra | 1.03* | 0.23 | 0.01 | 0.26 | 1.80 |
| | Concreto con 60 % de escoria de piedra | 0.53 | 0.23 | 0.26 | -0.24 | 1.30 |
| | Concreto con 100 % de escoria de piedra | -0.87* | 0.23 | 0.02 | -1.64 | -0.10 |
| Concreto con 100 % de escoria de piedra | Concreto patrón | 3.07* | 0.23 | 0.00 | 2.30 | 3.84 |
| | Concreto con 20 % de escoria de piedra | 2.73* | 0.23 | 0.00 | 1.96 | 3.50 |
| | Concreto con 40 % de escoria de piedra | 1.90* | 0.23 | 0.00 | 1.13 | 2.67 |
| | Concreto con 60 % de escoria de piedra | 1.40* | 0.23 | 0.00 | 0.63 | 2.17 |
| | Concreto con 80 % de escoria de piedra | 0.87* | 0.23 | 0.02 | 0.10 | 1.64 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

De la Tabla 31 se deduce que, el contenido de aire del concreto patrón es similar al concreto donde se reemplazó 20 % del agregado fino, del mismo modo el concreto con 40 % y 60 %, además, del 60 % y 80 %.

Tabla 31. Sub conjuntos homogéneos en la hipótesis específica “b”.

| Grupos | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | |
|---|---|------------------------------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Concreto patrón | 3 | 1.50 | | | |
| Concreto con 20 % de escoria de piedra | 3 | 1.83 | | | |
| Concreto con 40 % de escoria de piedra | 3 | | 2.67 | | |
| Concreto con 60 % de escoria de piedra | 3 | | 3.17 | 3.17 | |
| Concreto con 80 % de escoria de piedra | 3 | | | 3.70 | |
| Concreto con 100 % de escoria de piedra | 3 | | | | 4.57 |
| Sig. | | 0.70 | 0.31 | 0.26 | 1.00 |

4.4.4. Contrastación de la hipótesis específica “c”

Partiendo de las siguientes hipótesis planteadas para el problema específico “c”:

Si $\rho > 5\%$ → H_i : La resistencia del concreto para pavimentos rígidos se incrementa al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra.

Si $\rho < 5\%$ → H_0 : La resistencia del concreto para pavimentos rígidos no se incrementa al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra.

Se logra interpretar de la Tabla 32 que, la resistencia a los 14 y 28 días del concreto con el reemplazo del agregado fino por escoria de piedra chancada presentó diferencias significativas, pues la significancia resultante fue menor a 5 %.

Tabla 32. ANOVA de un factor de la hipótesis específica “c”.

| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|-------------------------------------|------------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| Resistencia a flexión a los 14 días | Entre grupos | 417.86 | 5 | 83.57 | 14.33 | 0.00 |
| | Dentro de grupos | 70.00 | 12 | 5.83 | | |
| | Total | 487.86 | 17 | | | |
| Resistencia a flexión a los 28 días | Entre grupos | 308.92 | 5 | 61.78 | 12.84 | 0.00 |
| | Dentro de grupos | 57.75 | 12 | 4.81 | | |
| | Total | 366.66 | 17 | | | |

Con la finalidad de establecer si los cambios significativos presentados en la resistencia del concreto fueron incrementos o no, se realizó la prueba pos hoc de Tukey, tal como se observa en la Tabla 33.

Se logra interpretar que, la resistencia a flexión a los 14 días del concreto donde se reemplazó 20 %, 40 % y 60 % del agregado fino por escoria de piedra chancada tendió a incrementarse, pues las diferencias de medias fueron negativas (-1.79, -7.76 y -3.64); donde solo con 40 % de escoria de piedra chancada tal incremento fue significativo estadísticamente. No obstante, con los reemplazos de 80 % y 100 % se presentaron reducciones de la resistencia a flexión, a pesar que no fueron significativos estadísticamente.

Del mismo modo, a los 28 días, se encontró que al remplazar 20 %, 40 % y 60 % de agregado fino por escoria de piedra chancada, se incrementa la resistencia a flexión (diferencias de medias de -2.07, -6.35 y -1.67), siendo significativo estadísticamente con 40 %.

Por lo tanto, se concluye aceptando la hipótesis alterna de la investigación, respecto a que la resistencia del concreto para pavimentos rígidos se incrementa al sustituir 40 % del agregado fino natural por escoria de piedra, pues fue significativo estadísticamente.

Tabla 33. Comparación de grupos de la hipótesis específica "c".

| | | | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | 95% de intervalo de confianza | |
|--|---|---|----------------------------|----------------|--------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Resistencia a flexión a los 14 días | Concreto patrón | Concreto con 20 % de escoria de piedra | -1.79 | 1.97 | 0.94 | -8.42 | 4.83 |
| | | Concreto con 40 % de escoria de piedra | -7.76* | 1.97 | 0.02 | -14.39 | -1.14 |
| | | Concreto con 60 % de escoria de piedra | -3.64 | 1.97 | 0.48 | -10.26 | 2.99 |
| | | Concreto con 80 % de escoria de piedra | 2.08 | 1.97 | 0.89 | -4.54 | 8.71 |
| | | Concreto con 100 % de escoria de piedra | 7.75* | 1.97 | 0.02 | 1.13 | 14.38 |
| | Concreto con 20 % de escoria de piedra | Concreto patrón | 1.79 | 1.97 | 0.94 | -4.83 | 8.42 |
| | | Concreto con 40 % de escoria de piedra | -5.97 | 1.97 | 0.09 | -12.59 | 0.65 |
| | | Concreto con 60 % de escoria de piedra | -1.84 | 1.97 | 0.93 | -8.47 | 4.78 |
| | | Concreto con 80 % de escoria de piedra | 3.88 | 1.97 | 0.41 | -2.75 | 10.50 |
| | | Concreto con 100 % de escoria de piedra | 9.55* | 1.97 | 0.00 | 2.92 | 16.17 |
| | Concreto con 40 % de escoria de piedra | Concreto patrón | 7.76* | 1.97 | 0.02 | 1.14 | 14.39 |
| | | Concreto con 20 % de escoria de piedra | 5.97 | 1.97 | 0.09 | -0.65 | 12.59 |
| | | Concreto con 60 % de escoria de piedra | 4.13 | 1.97 | 0.35 | -2.50 | 10.75 |
| | | Concreto con 80 % de escoria de piedra | 9.84* | 1.97 | 0.00 | 3.22 | 16.47 |
| | | Concreto con 100 % de escoria de piedra | 15.52* | 1.97 | 0.00 | 8.89 | 22.14 |
| | Concreto con 60 % de escoria de piedra | Concreto patrón | 3.64 | 1.97 | 0.48 | -2.99 | 10.26 |
| | | Concreto con 20 % de escoria de piedra | 1.84 | 1.97 | 0.93 | -4.78 | 8.47 |
| | | Concreto con 40 % de escoria de piedra | -4.13 | 1.97 | 0.35 | -10.75 | 2.50 |
| | | Concreto con 80 % de escoria de piedra | 5.72 | 1.97 | 0.11 | -0.90 | 12.34 |
| | | Concreto con 100 % de escoria de piedra | 11.39* | 1.97 | 0.00 | 4.77 | 18.01 |
| | Concreto con 80 % de escoria de piedra | Concreto patrón | -2.08 | 1.97 | 0.89 | -8.71 | 4.54 |
| | | Concreto con 20 % de escoria de piedra | -3.88 | 1.97 | 0.41 | -10.50 | 2.75 |
| | | Concreto con 40 % de escoria de piedra | -9.85* | 1.97 | 0.00 | -16.47 | -3.22 |
| | | Concreto con 60 % de escoria de piedra | -5.72 | 1.97 | 0.11 | -12.34 | 0.90 |
| | | Concreto con 100 % de escoria de piedra | 5.67 | 1.97 | 0.11 | -0.95 | 12.29 |
| | Concreto con 100 % de escoria de piedra | Concreto patrón | -7.75* | 1.97 | 0.02 | -14.38 | -1.13 |
| | | Concreto con 20 % de escoria de piedra | -9.55* | 1.97 | 0.00 | -16.17 | -2.92 |
| | | Concreto con 40 % de escoria de piedra | -15.52* | 1.97 | 0.00 | -22.14 | -8.89 |
| Concreto con 60 % de escoria de piedra | | -11.39* | 1.97 | 0.00 | -18.01 | -4.77 | |

| | | | | | | | |
|--|---|---|---------|------|--------|--------|-------|
| | | Concreto con 80 % de escoria de piedra | -5.67 | 1.97 | 0.11 | -12.29 | 0.95 |
| Resistencia a flexión a los 28 días | Concreto patrón | Concreto con 20 % de escoria de piedra | -2.07 | 1.79 | 0.85 | -8.09 | 3.94 |
| | | Concreto con 40 % de escoria de piedra | -6.35* | 1.79 | 0.04 | -12.36 | -0.33 |
| | | Concreto con 60 % de escoria de piedra | -1.67 | 1.79 | 0.93 | -7.68 | 4.35 |
| | | Concreto con 80 % de escoria de piedra | 3.06 | 1.79 | 0.55 | -2.95 | 9.08 |
| | | Concreto con 100 % de escoria de piedra | 6.80* | 1.79 | 0.02 | 0.78 | 12.82 |
| | | Concreto patrón | 2.07 | 1.79 | 0.85 | -3.94 | 8.09 |
| | Concreto con 20 % de escoria de piedra | Concreto con 40 % de escoria de piedra | -4.27 | 1.79 | 0.23 | -10.29 | 1.74 |
| | | Concreto con 60 % de escoria de piedra | 0.41 | 1.79 | 1.00 | -5.61 | 6.42 |
| | | Concreto con 80 % de escoria de piedra | 5.14 | 1.79 | 0.11 | -0.88 | 11.15 |
| | | Concreto con 100 % de escoria de piedra | 8.87* | 1.79 | 0.00 | 2.86 | 14.89 |
| | | Concreto patrón | 6.35* | 1.79 | 0.04 | 0.33 | 12.36 |
| | Concreto con 40 % de escoria de piedra | Concreto con 20 % de escoria de piedra | 4.27 | 1.79 | 0.23 | -1.74 | 10.29 |
| | | Concreto con 60 % de escoria de piedra | 4.68 | 1.79 | 0.17 | -1.34 | 10.70 |
| | | Concreto con 80 % de escoria de piedra | 9.41* | 1.79 | 0.00 | 3.39 | 15.43 |
| | | Concreto con 100 % de escoria de piedra | 13.15* | 1.79 | 0.00 | 7.13 | 19.16 |
| | | Concreto patrón | 1.67 | 1.79 | 0.93 | -4.35 | 7.68 |
| | Concreto con 60 % de escoria de piedra | Concreto con 20 % de escoria de piedra | -0.41 | 1.79 | 1.00 | -6.42 | 5.61 |
| | | Concreto con 40 % de escoria de piedra | -4.68 | 1.79 | 0.17 | -10.70 | 1.34 |
| | | Concreto con 80 % de escoria de piedra | 4.73 | 1.79 | 0.16 | -1.29 | 10.75 |
| | | Concreto con 100 % de escoria de piedra | 8.47* | 1.79 | 0.01 | 2.45 | 14.48 |
| | | Concreto patrón | -3.06 | 1.79 | 0.55 | -9.08 | 2.95 |
| | Concreto con 80 % de escoria de piedra | Concreto con 20 % de escoria de piedra | -5.14 | 1.79 | 0.11 | -11.15 | 0.88 |
| | | Concreto con 40 % de escoria de piedra | -9.41* | 1.79 | 0.00 | -15.43 | -3.39 |
| | | Concreto con 60 % de escoria de piedra | -4.73 | 1.79 | 0.16 | -10.75 | 1.29 |
| | | Concreto con 100 % de escoria de piedra | 3.74 | 1.79 | 0.35 | -2.28 | 9.75 |
| | | Concreto patrón | -6.80* | 1.79 | 0.02 | -12.82 | -0.78 |
| | Concreto con 100 % de escoria de piedra | Concreto con 20 % de escoria de piedra | -8.87* | 1.79 | 0.00 | -14.89 | -2.86 |
| | | Concreto con 40 % de escoria de piedra | -13.15* | 1.79 | 0.00 | -19.16 | -7.13 |
| Concreto con 60 % de escoria de piedra | | -8.47* | 1.79 | 0.01 | -14.48 | -2.45 | |
| Concreto con 80 % de escoria de piedra | | -3.74 | 1.79 | 0.35 | -9.75 | 2.28 | |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

En cuanto a los resultados de la resistencia a flexión del concreto a los 14 días, se tiene que lo obtenido con 100 % de escoria de piedra y 80 % son semejantes, al igual que el de 80 %, patrón, 20 %, 60 % y 40 % son semejantes, por último, el de 20 %, 60 % y 40 %, según se observa en la siguiente tabla:

Tabla 34. Sub conjuntos homogéneos para la hipótesis específica "c" – resistencia a los 14 días.

| Grupos | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
|---|---|------------------------------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Concreto con 100 % de escoria de piedra | 3 | 37.22 | | |
| Concreto con 80 % de escoria de piedra | 3 | 42.89 | 42.89 | |
| Concreto patrón | 3 | | 44.98 | |
| Concreto con 20 % de escoria de piedra | 3 | | 46.77 | 46.77 |
| Concreto con 60 % de escoria de piedra | 3 | | 48.61 | 48.61 |
| Concreto con 40 % de escoria de piedra | 3 | | | 52.74 |
| Sig. | | 0.11 | 0.11 | 0.09 |

Por último, según los resultados de la resistencia a flexión del concreto a los 28 días y con la Tabla 35, se tiene que lo obtenido con 100 % de escoria de piedra y 80 % son semejantes, al igual que el de 80 %, patrón, 20 %, 60 % y 40 % son semejantes, por último el de 20 %, 60 % y 40 %.

Tabla 35. Sub conjuntos homogéneos para la hipótesis específica "c" – resistencia a los 28 días.

| Grupos | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
|---|---|------------------------------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Concreto con 100 % de escoria de piedra | 3 | 48.12 | | |
| Concreto con 80 % de escoria de piedra | 3 | 51.85 | 51.85 | |
| Concreto patrón | 3 | | 54.92 | |
| Concreto con 60 % de escoria de piedra | 3 | | 56.58 | 56.58 |
| Concreto con 20 % de escoria de piedra | 3 | | 56.99 | 56.99 |
| Concreto con 40 % de escoria de piedra | 3 | | | 61.26 |
| Sig. | | 0.35 | 0.11 | 0.17 |

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Efecto en la consistencia del concreto para pavimento rígido al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra

De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 19 se logra interpretar que el asentamiento del concreto tiende a incrementarse con la sustitución del agregado fino por escoria de piedra chancada, pues el concreto patrón presentó un asentamiento de 3.7", con 20 % de escoria de piedra fue 4.2", con 40 % fue 5", con 60 % fue 5.5", con 80 % fue 6.5" y con 100 % fue 7.5", representando que con 20 % se incrementó en 11.61 %, con 40 % en 33.93 %, con 60 % en 47.32 %, con 80 % en 74.11 % y con 100 % hasta 100.89 % en relación a lo que encontró para el concreto patrón.

De la prueba de hipótesis, se encontró que los incrementos del asentamiento del concreto fueron significativos con 40 %, 60 %, 80 % y 100 %, no obstante, con 20 % a pesar que también se dio el incremento, no fue significativo estadísticamente.

En consecuencia, es posible concluir que el reemplazo del agregado fino por escoria de piedra chancada mejora la consistencia del concreto, pues al incrementarse el asentamiento, es más trabajable.

Respecto a los antecedentes se tiene discordancia con lo obtenido por Chavarry (2018) en su investigación "Elaboración de concreto de alta

resistencia incorporando partículas residuales del chancado de piedra de la cantera Talambo, Chepén”, pues al reemplazar el 10 % de agregado fino por partículas residuales de chancado de piedra en la elaboración de concretos de $f'c$ de 350, 420, 500 y 550 kg/cm^2 , el asentamiento tendió a reducirse en 11.49 %, 8.33 %, 8.96 % y 10.45 %, lo cual se vería afectado por la diferencia de las resistencia de diseño y al ser una dosificación menor a la considerada. Mientras que, los demás antecedentes nacionales e internacionales no consideraron evaluar el asentamiento del concreto.

5.2. Efecto en el contenido de aire del concreto para pavimento rígido al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra

En cuanto al contenido de aire, según la Tabla 20 se denota que en promedio se encontró en el concreto patrón de 1.5 %, para el concreto con 20 % de escoria de piedra chancada de 1.8 %, con 40 % de 2.7 %, con 60 % de 3.2 %, con 80 % de 3.7 % y con 100 % de 4.6 %; valores que representan que, con 20 % de escoria de piedra chancada se incrementa el contenido de aire en 22.22 %, con 40 % de 77.78 %, con 60 % de 111.11 %, con 80 % de 146.67 % y con 100 % de 204.44 %.

Realizada la prueba de hipótesis, se logró establecer que el contenido de aire del concreto para pavimentos rígidos no reduce significativamente al sustituir 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra, pues se dieron incrementos significativos, con lo cual se asegura un buen comportamiento del concreto frente a heladas.

Respecto a los antecedentes también se tiene discordancia con lo obtenido por Chavarry (2018) en su investigación “Elaboración de concreto de alta resistencia incorporando partículas residuales del chancado de piedra de la cantera Talambo, Chepén”, pues al reemplazar el 10 % de agregado fino por partículas residuales de chancado de piedra en la elaboración de concretos de $f'c$ de 350, 420, 500 y 550 kg/cm^2 , el contenido de aire tendió a reducirse en 2.70 %, 9.38 %, 3.13 % y 9.38 %, lo cual se vería afectado por la diferencia de las resistencia de diseño y al ser una

dosificación menor a la considerada. Mientras que, los demás antecedentes nacionales e internacionales no consideraron evaluar el contenido de aire del concreto.

5.3. Efecto en la resistencia del concreto para pavimento rígido al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra

Según la Tabla 21, Figura 9 y Figura 11, se logra establecer que el efecto que trae consigo el reemplazar el agregado fino en 20 %, 40 % y 60 % incrementa la resistencia a flexión del concreto tanto a los 14 y 28 días; mientras que, reemplazar 80 % y 100 % se reduce. Es dable resaltar que, a los 28 días la resistencia a flexión promedio del concreto patrón fue de 54.9 kg/cm², donde se reemplazó 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % fueron de 57 kg/cm², 61.3 kg/cm², 56.6 kg/cm², 51.9 kg/cm² y 48.1 kg/cm²; que representada su variación porcentual es de 3.78 %, 11.56 %, 3.03 %, -5.58 % y -12.38 %.

Estadísticamente, se logró determinar que solo con 40 % de reemplazo de escoria de piedra chancada, el incremento de la resistencia a compresión fue significativa; no obstante, es dable mencionar que al reemplazar el agregado en el concreto, lo mínimo que se espera es que el nuevo concreto sea semejante al concreto patrón o convencional, en tal situación adicionalmente, se puede inferir que sí es posible llegar a reemplazar hasta 80 % el agregado fino pues a pesar que se dan reducciones de la resistencia a flexión, estas no son significativas estadísticamente.

De lo ya detallado se logra concordar con la investigación de Díaz y Rodríguez (2019) de "Mejoramiento de la resistencia de un concreto f'c 210 kg/cm², sustituyendo el 10 % de arena gruesa por polvo de roca granito de la cantera de Talambo en la ciudad de Chepén - La Libertad" donde encontraron que la sustitución de la arena generó la reducción de la resistencia a compresión del concreto en 2.88 %; del mismo modo, con Falcon y Samanamud (2019) realizaron la tesis "Viabilidad del concreto f'c=210 kg/cm², utilizando escoria de piedra chancada como agregado fino,

Huacho 2019” que llegaron a concluir que al emplear la escoria de piedra chancada llegó a alcanzar hasta un 110.24 % de la resistencia de diseño, resaltando su viabilidad. Asimismo, Chavarry (2018) en la investigación “Elaboración de concreto de alta resistencia incorporando partículas residuales del chancado de piedra de la cantera Talambo, Chepén” menciona que, con 5 %, 10 % y 15 % de adición lograron incrementar la resistencia a compresión en 6.44 %, 9.19 %, 6.52 % y 9.12 %.

De los antecedentes internacionales, se concuerda con Gupta et al. (2019) que desarrollaron el artículo científico “Influencia del polvo de procesamiento de piedra en la mecánica, la durabilidad y la sostenibilidad del concreto” reemplazaron el agregado fino en 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 % y 100 %, donde la resistencia a flexión logró incrementarse hasta el empleo de 30 % de polvo. Asimismo, se concuerda con Lim, Cheah y Ramli (2019) quienes desarrollaron el artículo científico “El comportamiento de fraguado, las propiedades mecánicas y la contracción por secado del concreto mezclado con polvo de cantera de granito y agregado de escoria de acero procesado” donde reemplazaron el agregado fino en 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 %, encontrando así que la resistencia a flexión se incrementó en 0.85 %, 1.80 %, 2.54 %, 3.60 %, 5.30 % y 6.36 % en cada dosificación en comparación del concreto convencional. Por último, se concuerda con Rajput (2018) en el artículo científico “Un estudio experimental sobre el polvo de piedra triturada como agregado fino en el concreto de cemento”, donde al considerar reemplazar el agregado fino en 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % en relación al peso, lograron incrementar la resistencia a compresión en 1.49 %, 3.86 %, 6.79 %, 10.57 % y 13.13 % en comparación de lo encontrado para el concreto patrón.

Según MTC (2014) la resistencia mínima a la flexotracción para un $f'c$ de 280 kg/cm² es de 40 kg/cm², además en el MTC (2013) menciona que para la verificación de la resistencia a la flexotracción es a los 28 días, donde solo puede ser menor en 2 kg/cm² de acuerdo a la resistencia de diseño. Por lo tanto, al reemplazar el agregado fino en 20 % su promedio de resistencia a la flexión fue de 45.4 kg/cm², para el 40 % fue de 50.0 kg/cm², las muestras

con un reemplazo de 60 % presentaron una resistencia a la flexión de 47.1 kg/cm² y del mismo modo para un 80 % tuvo una resistencia de 41.7 kg/cm². Existe el cumplimiento de las resistencias a la flexotracción con la normativa vigente donde las resistencias son mayores a 38 kg/cm² que es el mínimo y la dosificación óptima del reemplazo de agregado fino por escoria de piedra chancada es del 40 %.

CONCLUSIONES

1. La calidad del concreto para pavimentos rígidos mejora al sustituir el agregado fino natural por escoria de piedra, pues se incrementa la consistencia, el contenido de aire y la resistencia a flexión.
2. La consistencia del concreto para pavimentos rígidos mejora al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra, pues el asentamiento llegó a incrementar en 11.61 %, 33.93 %, 47.32 %, 74.11 % y 100.89 %.
3. El contenido de aire del concreto para pavimentos rígidos no se reduce al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra, pues se incrementó en 22.22 %, 77.78 %, 111.11 %, 146.67 % y 204.44 %.
4. La resistencia del concreto para pavimentos rígidos se incrementa al sustituir 20 %, 40 % y 60 % del agregado fino natural por escoria de piedra, pues la resistencia a flexión a los 28 días se incrementó en 3.78 %, 11.56 % y 3.03 %; no obstante, con 80 % y 100 % de escoria de piedra se redujo la resistencia a flexión en 5.58 % y 12.38 %, cambios que estadísticamente no son significativos.

RECOMENDACIONES

1. Es factible reemplazar el agregado fino por escoria de piedra, pues se logró mejorar la calidad del concreto, recomendándose su uso en pavimentos para carreteras diseñadas para un $f'c$: 280 kg/cm².
2. Al incrementarse el asentamiento del concreto por acción de la escoria de piedra, se recomienda su empleo cuando se requiera incrementar la trabajabilidad de la mezcla.
3. Debido al incremento del contenido de aire del concreto con escoria de piedra como parte de agregado fino, se recomienda su empleo en zonas que se encuentren sometidas a heladas.
4. Se recomienda reemplazar el agregado fino en hasta 80 % por escoria de piedra chancada, pues a pesar que se reduce la resistencia a flexión, no es significativo estadísticamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNAL, C., 2010. *Metodología de la investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales* [en línea]. Tercera Ed. México: Pearson Educación. ISBN 978-958-699-128-5. Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigación-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>.
- BORJA, M., 2016. *Metodología de la investigación científica para ingenieros* [en línea]. 2016. Chiclayo: s.n. Disponible en: https://www.academia.edu/33692697/Metodología_de_Investigación_Científica_para_ingeniería_Civil.
- CHAVARRY, G., 2018. *Elaboración de concreto de alta resistencia incorporando partículas residuales del chancado de piedra de la cantera Talambo, Chepén*. S.I.: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- COLOMBO, J. y MENDOZA, G., 2021. *Piedra Pómez como agregado grueso para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto ligero estructural* [en línea]. S.I.: Universidad Ricardo Palma. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4783>.
- DÍAZ, J. y RODRÍGUEZ, J., 2019. *Mejoramiento de la resistencia de un concreto f_c 210 kg/cm², sustituyendo el 10 % de arena gruesa por polvo de roca granito de la cantera de Talambo en la ciudad de Chepén - La Libertad*. S.I.: Universidad Privada Antenor Orrego.
- FALCON, M. y SAMANAMUD, S., 2019. *Viabilidad del concreto $f'c=210$ kg/cm², utilizando escoria de piedra chancada como agregado fino, Huacho 2019*. S.I.: Universidad Nacional José Faustino Sanchez.
- GUPTA, T., KOTHARI, S., SIDDIQUE, S., SHARMA, R.K. y CHAUDHARY, S., 2019. Influence of stone processing dust on mechanical, durability and sustainability of concrete. *Construction and Building Materials*, vol. 223, pp. 918-927. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2019.07.188.
- HERNÁNDEZ, A., RAMOS, M., PLACENCIA, B., INDACOCHEA, B., QUIMES, A. y MORENO, L., 2018. *Metodología de la investigación científica* [en línea]. Primera Edi. Alicante: 3 Ciencias. ISBN 9788494825705. Disponible en:

<https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-del-chaco-austral/derecho-constitucional/3-c1-hernandez-escobar-y-otros-2018-metodologia-de-la-investigacion-cientifica-edit-area-de-innovacion-y-desarrollo/13898258>.

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. *Metodología de la investigación* [en línea]. Sexta Ed. México: Mac Graw Hill. ISBN 978-1-4562-2396-0. Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.Hernandez,Fernandez,yBaptista-MetodologíaInvestigacionCientífica6taed.pdf>.

LIM, J.S., CHEAH, C.B. y RAMLI, M.B., 2019. The setting behavior, mechanical properties and drying shrinkage of ternary blended concrete containing granite quarry dust and processed steel slag aggregate. *Construction and Building Materials*, vol. 215, pp. 447-461. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2019.04.162.

MANOTUPA, M., 2022. *Influencia de sustitución del agregado grueso por piedra pómez en permeabilidad y resistencia por compresión del concreto 210 kg/cm², 2022* [en línea]. S.l.: Universidad César Vallejo. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/109050>.

MTC, 2013. *Manual de carreteras - Especificaciones técnicas generales para construcción (EG-2013)* [en línea]. Tomo I. Lima - Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Disponible en: https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.

MTC, 2014. *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos* [en línea]. 2014. Lima - Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Disponible en: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf.

RAJPUT, S., 2018. An experimental study on crushed stone dust as fine aggregate in cement concrete. *Materials Today: Proceedings*, vol. 5, no. 9, pp. 17540-17547. ISSN 22147853. DOI 10.1016/j.matpr.2018.06.070.

ZHAO, Y., GOULIAS, D., DOBISZEWSKA, M. y MODRZYŃSKI, P., 2022. Life -

cycle sustainability assessment of using rock dust as a partial replacement of fine aggregate and cement in concrete pavements. *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 19. ISSN 20711050. DOI 10.3390/su141912449.

ANEXOS

Anexo N° 01: matriz de consistencia

Matriz de consistencia

Tesis: “Evaluación de la calidad del concreto para pavimentos rígidos al sustituir el agregado fino natural por escoria de piedra”

| Problema | Objetivos | Hipótesis | Variabes | Dimensiones | Indicadores | Metodología |
|---|--|--|--|---|--|--|
| <p>Problema general: ¿Cuál es el resultado de evaluar la calidad del concreto para pavimentos rígidos al sustituir el agregado fino natural por escoria de piedra?</p> <p>Problemas específicos: a) ¿Cuál es el efecto en la consistencia del concreto para pavimentos rígidos al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra? b) ¿Cuál es el efecto en el contenido de aire del concreto para pavimentos rígidos al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra? c) ¿Cuál es el efecto en la resistencia del concreto para pavimentos rígidos al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra?</p> | <p>Objetivo general: Evaluar la calidad del concreto para pavimentos rígidos al sustituir el agregado fino natural por escoria de piedra .</p> <p>Objetivos específicos: a) Determinar el efecto en la consistencia del concreto para pavimentos rígidos al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra. b) Establecer el efecto en el contenido de aire del concreto para pavimentos rígidos al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra. c) Determinar el efecto en la resistencia del concreto para pavimentos rígidos al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra</p> | <p>Hipótesis general: La calidad del concreto para pavimentos rígidos mejora al sustituir del agregado fino natural por escoria de piedra.</p> <p>Hipótesis específicas: a) La consistencia del concreto para pavimentos rígidos mejora al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra. b) El contenido de aire del concreto para pavimentos rígidos se reduce al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra. c) La resistencia del concreto para pavimentos rígidos se incrementa al sustituir 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 % del agregado fino natural por escoria de piedra.</p> | <p>Variable independiente (X): agregado fino</p> <p>Variable dependiente (Y): calidad del concreto</p> | <p>- Cantidad de agregado fino natural. - Cantidad de escoria de piedra triturada.</p> <p>- Consistencia. - Contenido de aire. - Resistencia.</p> | <p>- Granulometría - Durabilidad ante el sulfato de sodio - Durabilidad ante el sulfato de magnesio - Índice de plasticidad - Equivalente de arena - Cantidad de terrones de arcilla y partículas deleznable - Cantidad de carbón y lignito - Material que pasa el tamiz N° 200 - Color más oscuro permisible Contenido de sulfatos - Contenido de cloruros - Absorción de agua.</p> <p>- Asentamiento. - Aire. - Resistencia a flexotracción a los 7 días. - Resistencia a flexotracción a los 28 días.</p> | <p>Método de investigación: científico.</p> <p>Tipo de investigación: aplicada.</p> <p>Nivel de investigación: explicativo.</p> <p>Diseño de investigación: experimental.</p> <p>Población: La población correspondió al concreto para pavimento rígido elaborado para un f'c: 280 kg/cm² sin y con sustitución del agregado fino por escoria de piedra triturada.</p> <p>Muestra: Según el tipo de muestreo no probabilístico intencional correspondió a 36 vigas de concreto sin y con sustitución del agregado fino por escoria de piedra triturada.</p> |

Anexo N° 02: certificados de los ensayos realizados en laboratorio

| FECHA TOMA DE MUESTRAS | FECHA INICIO ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NÚMERO DE INFORME |
|------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| 01-06-22 | 06-06-22 | M-01 | SG N°323/022 |

SOLICITANTE:

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TESIS:

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S A C
 DISTRITO: CHILCA
 PROVINCIA: HUANCAYO
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGUN ASTM C33/C33M-19
 - METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA DENSIDAD APARENTE (PESO UNITARIO) Y HUECOS EN EL AGREGADO SEGUN ASTM C29/C29M-17

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad: Muestreo por el Cliente Profundidad: 0.00 m Altura (Cota): 3.213.00 m s.n.m.
 Muestra: Agregado Grueso y Fino Lugar de Muestreo: Carretera del Distrito de Chilca Coordenadas UTM: E-478650 N-898433
 Método de Muestreo: Muestra desde el Almacenaje o unidades de Transportación Según ASTM C75-03

CALIBRACIÓN DEL MOLDE DE PRUEBA

| Descripción | Und | Datos |
|---------------------------|-------------------|----------|
| Temperatura del Agua | °C | 23 °C |
| Densidad del Agua | Kg/m ³ | 997.54 |
| Peso del Agua en el Molde | Kg | 2.831 |
| Volumen del Molde | m ³ | 0.002838 |



DENSIDAD APARENTE DEL AGREGADO FINO

| Descripción | Und | Agregado Fino Suelto | | | Agregado Fino Compacto | | |
|--|-------------------|----------------------|----------|----------|---|----------|----------|
| | | Especimen | | | Especimen | | |
| | | E - 01 | E - 02 | E - 03 | E - 01 | E - 02 | E - 03 |
| Masa del Molde | gr | 1636 | 1636 | 1636 | 1636 | 1636 | 1636 |
| Volumen del Molde | m ³ | 0.002838 | 0.002838 | 0.002838 | 0.002838 | 0.002838 | 0.002838 |
| Masa del Molde + Muestra | gr | 6636 | 6652 | 6037 | 6389 | 6415 | 6428 |
| Masa de la Muestra | gr | 4400 | 4416 | 4401 | 4753 | 4779 | 4788 |
| Densidad Apparente | Kg/m ³ | 1550 | 1556 | 1551 | 1675 | 1684 | 1687 |
| Densidad Apparente Promedio | Kg/m ³ | 1552 | | | 1682 | | |
| Densidad Relat. (Gravedad específica) GD | | 2.61 | | | Método utilizado en la Consolidación de la Muestra: | | |
| % de Vacíos - muestra Suelta | | 40.4% | | | RODING (VARILLADO) | | |
| % de Vacíos - muestra Consolidada | | 35.5% | | | | | |

DENSIDAD APARENTE DEL AGREGADO GRUESO

| Descripción | Und | Agregado Grueso Suelto | | | Agregado Grueso Compacto | | |
|--|-------------------|------------------------|----------|----------|---|----------|----------|
| | | Especimen | | | Especimen | | |
| | | E - 01 | E - 02 | E - 03 | E - 01 | E - 02 | E - 03 |
| Masa del Molde | gr | 1636 | 1636 | 1636 | 1636 | 1636 | 1636 |
| Volumen del Molde | m ³ | 0.002838 | 0.002838 | 0.002838 | 0.002838 | 0.002838 | 0.002838 |
| Masa del Molde + Muestra | gr | 5874 | 5798 | 5854 | 6192 | 6205 | 6147 |
| Masa de la Muestra | gr | 4238 | 4162 | 4218 | 4556 | 4569 | 4511 |
| Densidad Apparente | Kg/m ³ | 1493 | 1467 | 1486 | 1565 | 1617 | 1500 |
| Densidad Apparente Promedio | Kg/m ³ | 1482 | | | 1504 | | |
| Densidad Relat. (Gravedad específica) GD | | 2.69 | | | Método utilizado en la Consolidación de la Muestra: | | |
| % de Vacíos - muestra Suelta | | 44.9% | | | RODING (VARILLADO) | | |
| % de Vacíos - muestra Consolidada | | 40.4% | | | | | |

Este informe de Resultados solo aplica a los materiales o elementos suministrados e ensayo y no garantiza ni la exactitud ni la precisión de los resultados.

OBSERVACIONES: Se determinó el volumen en frecuencias que no excedan los diez meses, o cuando haya razones para cuestionar la precisión de la capacidad volumétrica del molde

Realizado: Tec. Roy S.J.
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.
 Geotecnia Geofísica
 Laboratorio de Ensayos y Pavimentos

Ing. Civil Johnny R. OLIVERA RAMÍREZ
 C.F. N° 204.102

RUC 2060168524
 [Pág. 08]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOP con Resolución N° 004586-2016/DSD

| FECHA TOMA DE MUESTRAS | FECHA INICIO ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NUMERO DE INFORME |
|------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| 01-05-22 | 05-05-22 | M-01 | SG. N° 323/2022 |

SOLICITANTE:

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TESIS:

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
DISTRITO: CHILCA
PROVINCIA: HUANCAYO
DEPARTAMENTO: JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18
- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO SEGÚN ASTM C128-15
- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO SEGÚN ASTM C127-15

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad: Muestreo por el Cliente Profundidad: 0.00 m Altitud (Cota): 3.213.00 m s.n.m.
Muestra: Agregado Grueso y Fino Lugar de Muestreo: Carretera del Distrito de Chilca Coordenadas UTM: E 479605 N 985430
Método de Muestreo: Muestreo desde el Almacén o unidades de Transportación Según ASTM C75-03

Este informe de resultados solo aplica a las muestras o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO SEGÚN ASTM C128-15 - MÉTODO GRAVIMÉTRICO

| DESCRIPCIÓN | VARIABLE | UND | N° ESPÉCIMEN | |
|--|-------------------|-----------------|--------------|---------|
| | | | E-01 | E-02 |
| Masa del Picnómetro | | gr | 153.89 | 153.89 |
| Volumen del Picnómetro | | cm ³ | 500 | 500 |
| Temperatura del Agua | | °C | 23.0 °C | 23.0 °C |
| Número de Bandeja | | N° | N° 38 | N° 34 |
| Masa de la Bandeja | | gr | 468.63 | 460.19 |
| Masa de la Bandeja + Muestra seca al Horno | | gr | 950.30 | 953.06 |
| Masa de la Muestra Secada al Horno | [A] | gr | 506.73 | 503.41 |
| Masa del Picnómetro con Agua hasta la marca de Calibración | [B] | gr | 551.25 | 548.62 |
| Masa del Picnómetro con Agua + Muestra SSS | [C] | gr | 958.29 | 960.26 |
| Masa Saturada con Superficie Seca (SSS) | [S] | gr | 507.25 | 508.36 |
| Densidad Relativa (Gravedad específica) (GD) | [A] / [B - C] | | 2.66 | 2.56 |
| Densidad Relativa (Gravedad específica) (SSD) | [S] / [B - C] | | 2.87 | 2.59 |
| Densidad Relativa aparente (Gravedad específica) | [A] / [B - A - C] | | 2.67 | 2.63 |
| % Absorción | [(S) - (A)] / (A) | | 0.1 | 1.0 |

RESULTADO PROMEDIO DEL AGREGADO FINO

| | |
|--|------|
| Densidad Relativa (Gravedad específica) (GD) | 2.61 |
| Densidad Relativa (Gravedad específica) (SSD) | 2.63 |
| Densidad Relativa aparente (Gravedad específica) | 2.65 |
| % Absorción | 0.5 |

Método de Preparación de la Muestra: Desde su Humedad Natural



DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO SEGÚN ASTM C127-15

| DESCRIPCIÓN | VARIABLE | UND | N° ESPÉCIMEN | |
|--|-------------------|-----|--------------|---------|
| | | | E-01 | E-02 |
| Temperatura del Agua | | °C | 23.0 °C | 23.0 °C |
| Número de Bandeja | | N° | N° 35 | N° 35 |
| Masa de la Bandeja | | gr | 478.0 | 470.0 |
| Masa de la Bandeja + Masa de la Muestra Seca al aire SSD | | gr | 3649.0 | 3658.0 |
| Masa de la Muestra Seca al aire SSD | [B] | gr | 3181.0 | 3187.0 |
| Masa de la Canastilla Sumergida | | gr | 430.4 | 430.4 |
| Masa de la Canastilla + Masa de la Muestra Sumergida | | gr | 2415.6 | 2460.5 |
| Masa de la Muestra Sumergida | [C] | gr | 1885.1 | 2030.0 |
| Masa de la Bandeja + Masa de la Muestra Seca al Horno | | gr | 3638.0 | 3647.0 |
| Masa de la Muestra Secada al Horno | [A] | gr | 310.0 | 3177.0 |
| Densidad Relativa (Gravedad específica) (GD) | [A] / [B - C] | | 2.64 | 2.75 |
| Densidad Relativa (Gravedad específica) (SSD) | [B] / [B - C] | | 2.60 | 2.76 |
| Densidad Relativa aparente (Gravedad específica) | [A] / [A - C] | | 2.69 | 2.77 |
| % Absorción | [(B) - (A)] / (A) | | 0.6 | 0.3 |

RESULTADO PROMEDIO DEL AGREGADO GRUESO

| | |
|--|------|
| Densidad Relativa (Gravedad específica) (GD) | 2.69 |
| Densidad Relativa (Gravedad específica) (SSD) | 2.77 |
| Densidad Relativa aparente (Gravedad específica) | 2.73 |
| % Absorción | 0.6 |

Método de Preparación de la Muestra: Desde su Humedad Natural



OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.
Revisado: Ing. Johnny R. C.

| FECHA TOMA DE MUESTRAS | FECHA RECIBO ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NUMERO DE INFORME |
|------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| #JREF1 | #JREF1 | M-01 | #JREF1 |

| | |
|---------------------|---------------|
| SOLICITANTE: | TESIS: |
| #JREF1 | #JREF1 |

| | |
|---|---|
| UBICACIÓN DEL PROYECTO: | ENSAYOS REALIZADOS: |
| UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C. DISTRITO: CHILCA PROVINCIA: HUANCAYO DEPARTAMENTO: JUNÍN | - ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18 - DEGRADACIÓN EN AGREGADO GRUESO DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN MÁQUINA DE LOS ANGELES SEGÚN NORMA ASTM C131-C131M-14 |

| | |
|--------------------------------------|---|
| TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD: | Modalidad: Muestras por el Cliente Profundidad: 0.00 m Altitud (Cota): 3.213.00 m s.n.m. |
| | Muestra: Agregado Grueso Lugar de Muestreo: Carrera de Diseño de Chiles Coordenadas UTM: E 478895 N 699438 |
| | Método de Muestreo: Muestras desde el Almacenaje o unidades de Transportación Según ASTM D70-03 |

Degradación en Agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles según norma ASTM C131-C131M-14

| Resultados | | |
|-------------------------------|----------|--------------|
| Muestra | Variable | Resultados |
| Procedencia | | |
| Tipo de Muestra | | |
| Gradación Usada | | A |
| Nro de esferas | | 12 |
| Nro de revoluciones | | 500 |
| Peso muestra inicial | C | 5500 g |
| Peso muestra final | Y | 3620 g |
| Pérdida | | 1880 g |
| Porcentaje de Desgaste | | 34.2% |

| Tabla N° 1 - Carga de Esferas | | |
|-------------------------------|-------------------|----------------------|
| Gradación | Número de Esferas | Masa de la Carga (g) |
| A | 12 | 5000 ± 25 |
| B | 11 | 4584 ± 25 |
| C | 8 | 3330 ± 20 |
| D | 6 | 2500 ± 15 |

Porcentaje de pérdida = $[(C - Y) / C] \times 100$
 Donde:
 C = es la masa original de la muestra en gramos
 Y = es la masa final de la muestra en gramos

| Tabla N° 2 - Gradación de las muestras de ensayo | | | | | | | |
|--|---------------------|---------------------|--------------------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Tamiz mm (apertura cuadrada) | | | | Masa de tamaño indicada, g | | | |
| Que Pasa | | Retenido Sobre | | Gradación | | | |
| | | | | A | B | C | D |
| 37.50 mm [1 1/2 pulg] | 25.00 mm [1 pulg] | 12.50 mm [1/2 pulg] | 9.50 mm [3/8 pulg] | 1250 ± 25 | ----- | ----- | ----- |
| 25.00 mm [1 pulg] | 19.00 mm [3/4 pulg] | 12.50 mm [1/2 pulg] | 9.50 mm [3/8 pulg] | 1250 ± 25 | ----- | ----- | ----- |
| 19.00 mm [3/4 pulg] | 12.50 mm [1/2 pulg] | 9.50 mm [3/8 pulg] | 6.30 mm [1/4 pulg] | 1250 ± 10 | 2500 ± 10 | ----- | ----- |
| 12.50 mm [1/2 pulg] | 9.50 mm [3/8 pulg] | 6.30 mm [1/4 pulg] | 4.75 mm [N° 4] | 1250 ± 10 | 2500 ± 10 | ----- | ----- |
| 9.50 mm [3/8 pulg] | 6.30 mm [1/4 pulg] | 4.75 mm [N° 4] | 2.36 mm [N° 8] | ----- | ----- | 2500 ± 10 | ----- |
| 6.30 mm [1/4 pulg] | 4.75 mm [N° 4] | 2.36 mm [N° 8] | | ----- | ----- | 2500 ± 10 | ----- |
| 4.75 mm [N° 4] | 2.36 mm [N° 8] | | | ----- | ----- | ----- | 5000 ± 10 |
| Total | | | | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 |

Especificación: Para Gradación A, en seco, 500 revoluciones, 15 minutos.

OBSERVACIONES: La muestra no excede el 50% de desgaste por Abrasión, por lo cual se puede emplear para fines de construcción.

Realizado: Tec. Roy S.R.
 Revisado: Ing. Johnny R. G.

SILVER GEOTEC S.A.C.
 Laboratorio de Ensayos, Control y Frenado
 Ing. David Alberto OLIVERA
 C. EP. N° 204435

RUC: 20601685524
 [Pág. 06]

| FECHA TOMA DE MUESTRAS | FECHA INICIO ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NÚMERO DE INFORME |
|------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| 01-05-22 | 05-05-22 | M-01 | SG- N°323/2022 |

SOLICITANTE:

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TEMA:

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S A C
DISTRITO : CHILCA
PROVINCIA : HUANCAYO
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGUN ASTM C33/C33M-18
- DETERMINACIÓN DE LA INALTERABILIDAD DE AGREGADOS POR MEDIO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO SEGUN NTP NTP 400.016
- MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CLORUROS Y SULFATOS SOLUBLES EN AGREGADOS SEGUN NTP 400.042
- MÉTODO NORMALIZADO PARA TERNONES DE ARCILLA Y PARTICULAS DESMENJAZABLES EN LOS AGREGADOS SEGUN NTP 400.016

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por Laboratorio
Muestra : Agregado Grueso y Fino
Método de Muestreo : Muestreo desde el Almacén o unidades de Transportación
Lugar de Muestreo : Cantera de Distrito de Chilca
Segun ASTM D75-03
Altitud (Cota) : 3.215 (3) P.S.N.M.
Coordenadas UTM : E 479663 N 690400

Este informe de resultados solo aplica a los materiales o servicios especificados a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente en la reproducción por escrito del LABORATORIO

| DETERMINACIÓN DE LA INALTERABILIDAD DE AGREGADOS POR MEDIO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO SEGUN NTP NTP 400.016 | | | | | | |
|--|-----------------------------------|--------------|----------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
| Pasa | Retiene | Peso inicial | Número de Partículas | Peso despues del ensayo | % Pérdida | % Pérdida Corregida |
| 80 mm (3 1/8") | 37,5 mm (1 1/2") | 0 | | 0 | | |
| | 37,5 mm (1 1/2") a 19,0 mm (3/4") | 0 | | 0 | | |
| | 19,0 mm (3/4") a 9,5 mm (3/8") | 1325 | 212 | 1305 | 4.52 | 3.15 |
| | 9,5 mm (3/8") a 4,75 mm (N° 4) | 748 | 215 | 645 | 3.25 | 2.25 |

% Pérdida Agregado Grueso al Sulfato de Magnesio : 5.4%

% Pérdida Agregado Fino al Sulfato de Magnesio : 3.8%

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CLORUROS Y SULFATOS SOLUBLES EN AGUA PARA AGREGADOS EN CONCRETO SEGUN NTP 400.042

Muestra : Arena Gruesa

Muestra : Piedra Chancada 3/4"

| Resultados | |
|------------|-------|
| % Cloruros | 0.026 |
| % Sulfatos | 0.017 |

| Resultados | |
|------------|-------|
| % Cloruros | 0.075 |
| % Sulfatos | 0.041 |

MÉTODO NORMALIZADO PARA TERNONES DE ARCILLA Y PARTICULAS DESMENJAZABLES EN LOS AGREGADOS SEGUN NTP 400.016

$$P = \left(\frac{M - R}{M} \right) \cdot 100$$

Arena Gruesa : P = 0.1%

Piedra Chancada 3/4" : P = 0.2%

- P: Porcentaje de partículas desmenjables y terrones de arcilla
M: Masa de la muestra de ensayo (para el agregado fino la masa de las partículas retenidas en el tamiz normalizado de 1,18mm (N° 16)
R: Masa de las partículas retenidas sobre el tamiz designado

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.
CANTONAL GEOTÉCNICA
Laboratorio de Análisis, Control y Fomento
Ing. Johnny R. OLIVERA RAMÍREZ
C.E.P. N° 2016

RUC: 20601983524
[Pág. 05]

| FECHA TOMA DE MUESTRAS | FECHA INICIO ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NÚMERO DE INFORME |
|------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| 01-05-22 | 05-05-22 | M-01 | SG N° 303/2022 |

SOLICITANTE:

TESIS:

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

ENSAYOS REALIZADOS:

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S A C
DISTRITO: CHILCA
PROVINCIA: HUANCAYO
DEPARTAMENTO: JUNÍN

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-15
- PRUEBA ESTÁNDAR PARA MATERIALES MÁS FINOS QUE 75 MM (NO. 200) TAM. EN AGREGADOS MINERALES POR LAVADO SEGÚN ASTM C117-17

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad: Muestreo por Laboratorio Profundidad: 0.05 m Altitud (Cota): 3.213.00 m s.n.m.
Muestra: Agregado Grueso y Fino Lugar de Muestreo: Carretera del Distrito de Chilca Coordenadas UTM: E 476655 N 906430
Método de Muestreo: Muestreo desde el Almacén o unidades de Transporte Según ASTM D75-03

DATOS Y RESULTADOS DEL AGREGADO FINO

| ITEM | DESCRIPCIÓN | UND | M-01 | M-02 | M-03 |
|------|-------------------------------------|-----|--------|--------|--------|
| 01 | N° Bandeja | N° | N° 32 | N° 25 | N° 15 |
| 02 | Peso Bandeja | gr | 175.0 | 181.0 | 176.0 |
| 03 | Peso muestra Seca Inicial - Bandeja | gr | 1325.0 | 1342.0 | 1361.0 |
| 04 | Peso muestra Seca Final - Bandeja | gr | 1319.0 | 1339.0 | 1358.0 |
| 05 | Peso muestra Seca Inicial sin Lavar | gr | 1150.0 | 1161.0 | 1187.0 |
| 06 | Peso muestra Seca Final Lavada | gr | 1144.0 | 1158.0 | 1182.0 |
| 07 | Material Fino que Pasa | gr | 6.0 | 3.0 | 5.0 |
| 08 | Cantidad de Material Fino Contenido | % | 0.5% | 0.3% | 0.4% |
| 09 | Cantidad de Material Fino Promedio | % | | 0.4% | |

DATOS Y RESULTADOS DEL AGREGADO GRUESO

| ITEM | DESCRIPCIÓN | UND | M-01 | M-02 | M-03 |
|------|-------------------------------------|-----|--------|--------|--------|
| 01 | N° Bandeja | N° | N° 23 | N° 18 | N° 21 |
| 02 | Peso Bandeja | gr | 185.0 | 198.0 | 175.0 |
| 03 | Peso muestra Seca Inicial - Bandeja | gr | 2956.0 | 2945.0 | 2826.0 |
| 04 | Peso muestra Seca Final - Bandeja | gr | 2941.0 | 2836.0 | 2815.0 |
| 05 | Peso muestra Seca Inicial sin Lavar | gr | 2771.0 | 2647.0 | 2581.0 |
| 06 | Peso muestra Seca Final Lavada | gr | 2758.0 | 2638.0 | 2540.0 |
| 07 | Material Fino que Pasa | gr | 15.0 | 9.0 | 21.0 |
| 08 | Cantidad de Material Fino Contenido | % | 0.5% | 0.3% | 0.8% |
| 09 | Cantidad de Material Fino Promedio | % | | 0.8% | |

Este informe de resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcial en la impresión por escrito del LABORATORIO

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.
UNIVERSIDAD GEOTÉCNICA
Laboratorio de Ruido, Control y Prevención

Ing. Chad Johnny OLIVERA RAMÍREZ
C.E.P. N° 204432

RUC: 20601665524
[Pág. 04]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2019/OBD

| FECHA TOMA DE MUESTRAS | FECHA INICIO ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NÚMERO DE INFORME |
|------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| 01-05-22 | 05-05-22 | M-01 | SG- N°333/2022 |

SOLICITANTE

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TESIS

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
 DISTRITO : CHILCA
 PROVINCIA : HUANCAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18
- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS SEGÚN ASTM C136/C136M-19
- HUMEDAD EVAPORABLE SEGÚN ASTM C566-13

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD

Modalidad : Muestras por al Cierzo Profundidad : 0.00 m Altitud (Cota) : 3 213.00 m s.n.m.
 Muestra : Agregado Grueso Lugar de Muestreo : Carretera del Distrito de Chilca Coordenadas UTM : E: 476900 N: 699430
 Método de Muestreo : Muestra desde el Almacenaje o unidades de Transportación Según ASTM C175-C3

Este informe de Resultados solo aplica a los materiales, o especímenes sometidos a ensayo y no cubre la responsabilidad total del participante en la aprobación por escrito del LABORATORIO

Análisis Granulométrico agregado grueso ASTM C136/C136M-18

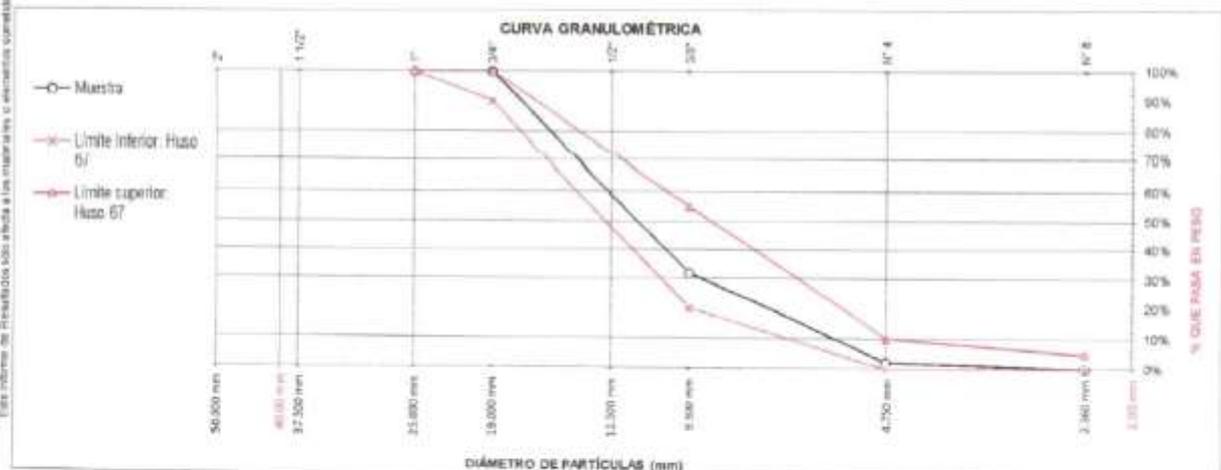
| Tamices ASTM E11 | Abertura (mm) | Peso Retenido | % Retenido | % Retenido Acumulado | % Pasante Acumulado |
|------------------|---------------|------------------|------------|----------------------|---------------------|
| 2" | 50.00 mm | 0.00 g | 0.0% | 0.0% | 100.0% |
| 1 1/2" | 37.50 mm | 0.00 g | 0.0% | 0.0% | 100.0% |
| 1" | 25.00 mm | 0.00 g | 0.0% | 0.0% | 100.0% |
| 3/4" | 19.00 mm | 0.00 g | 0.0% | 0.0% | 100.0% |
| 1/2" | 12.50 mm | 458.00 g | 8.7% | 8.7% | 91.3% |
| 3/8" | 9.50 mm | 3145.00 g | 59.5% | 68.1% | 31.9% |
| N° 4 | 4.75 mm | 1569.00 g | 29.7% | 97.8% | 2.2% |
| N° 8 | 2.36 mm | 114.00 g | 2.2% | 100.0% | 0.0% |
| FONDO | | 2.00 g | 0.0% | 100.0% | 0.0% |
| | | 5286.00 g | | 100.0% | 100% |

Humedad evaporable según ASTM C566-13

| Variable | Nro | | Muestra |
|--|------------------|--------|----------------|
| | Var. | Unidad | |
| Recipiente N° | --- | --- | 0-21 |
| (A) Peso de Tazo Vacío | M ₁ | (g) | 484.00 |
| (B) Peso de Tazo & Suelo Húmedo | M ₁₊₂ | (g) | 1825.00 |
| (C) Peso de Tazo & Suelo Seco | M ₂₊₃ | (g) | 1619.00 |
| (D) Peso de Suelo Seco (C-A) | M ₃ | (g) | 1334.00 |
| (E) Peso de Agua (B-C) | M ₂ | (g) | 6.00 |
| (F) Contenido Humedad (100 * E/D) | w | (%) | 0.4% |
| Tamaño máximo, tanto por el que para toda la muestra de agregado | | | 19 mm [3/4"] |
| Tamaño máximo nominal, corresponde al primer retenido | | | 17.5 mm [3/4"] |
| Según ASTM C33 la granulometría de la muestra corresponde al | | | Huso 67 |

Límites Granulométricos en agregado grueso según ASTM C33/C33M-18

| Huso | Tamaño máximo nominal | | Porcentaje que pasa por los tamices normalizados ASTM E11 | | | | | | | |
|------|-----------------------|------------------|---|---------------|-----------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|
| | Medida en, mm | Medida en, pulg. | 50 mm | 37.5 mm | 25 mm | 19 mm | 12.5 mm | 9.5 mm | 4.75 mm | 2.36 mm |
| | | | [2 pulg.] | [1 1/2 pulg.] | [1 pulg.] | [3/4 pulg.] | [1/2 pulg.] | [3/8 pulg.] | [N° 4] | [N° 8] |
| 4 | 37.5 mm a 19 mm | [1 1/2" a 3/4"] | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 5 | --- | 0 a 5 | --- | --- |
| 46/ | 37.5 mm a 4.75 mm | [1 1/2" a N° 4] | 100 | 90 a 100 | --- | 35 a 70 | --- | 10 a 30 | 0 a 5 | --- |
| 5 | 25 mm a 12.5 mm | [1" a 1/2"] | --- | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | --- | --- |
| 56 | 25 mm a 9.5 mm | [1" a 3/8"] | --- | 100 | 90 a 100 | 40 a 65 | 0 a 40 | 0 a 15 | 0 a 5 | --- |
| 57 | 25 mm a 4.75 mm | [1" a N° 4] | --- | --- | 95 a 100 | --- | 25 a 60 | --- | 0 a 10 | 0 a 5 |
| 6 | 19 mm a 9.5 mm | [3/4" a 3/8"] | --- | --- | --- | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 15 | 0 a 5 | --- |
| 67 | 19 mm a 4 mm | [3/4" a N° 4] | --- | --- | --- | 90 a 100 | --- | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 |
| 7 | 12.5 mm a 4.75 mm | [1/2" a N° 4] | --- | --- | --- | 100 | 90 a 100 | 40 a 70 | 0 a 5 | 0 a 5 |



OBSERVACIONES: Los agregados han sido producidos en laboratorio de tal manera que cumplen con un Huso granulométrico y cumplen con una Franja granulométrica que establece el diseño de mezclas del ACI.

Realizado: Tac. Roy S.A.
 Revisado: Ing. Johnny R. G.

SILVER GEOTEC S.A.C.
 CONSULTORA URBANÍSTICA
 Laboratorio de Ingenieros, Arquitectos y Peritos
 Ing. Cheo Johnny R. OLIVERA RAMÍREZ

RUC: 20601665524 [Pág. 01]

| FECHA TOMA DE MUESTRAS | FECHA INICIO ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NÚMERO DE INFORME |
|------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| 01-08-22 | 06-06-22 | M-01 | SG. N°3232022 |

SOLICITANTE:

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TESIS:

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
DISTRITO : CHILCA
PROVINCIA : HUANCAYO
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18
- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS SEGÚN ASTM C136/C136M-19
- HUMEDAD EVAPORABLE SEGÚN ASTM C566-13

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modelado : Muestro por el Cliente Profundidad : 0,00 m. Altitud (Cota) : 3,213,00 m s.n.m.
Muestra : Agregado Fino Lugar de Muestro : Cantero del Distrito de Chilca Coordenadas UTM : E:478685 N:866430
Método de Muestro : Muestro desde el Almacén o unidades de Transportación Según ASTM D75-03

Análisis Granulométrico Escoria de Piedra ASTM C136/C136M-18

| Tamices ASTM E11 | Abertura (mm) | Peso Retenido | % Retenido | % Retenido Acumulado | % Pasante Acumulado |
|------------------|---------------|---------------|------------|----------------------|---------------------|
| 3/8" | 9,50 mm | 0,00 g | 0,0% | 0,0% | 100,0% |
| N° 4 | 4,75 mm | 10,00 g | 1,4% | 1,4% | 98,6% |
| N° 8 | 2,36 mm | 31,00 g | 4,2% | 5,5% | 94,5% |
| N° 16 | 1,18 mm | 79,00 g | 10,7% | 16,2% | 83,8% |
| N° 30 | 0,60 mm | 167,00 g | 25,3% | 41,5% | 58,5% |
| N° 50 | 0,30 mm | 250,00 g | 33,6% | 75,4% | 24,6% |
| N° 100 | 0,15 mm | 116,00 g | 15,7% | 91,1% | 8,9% |
| N° 200 | 0,07 mm | 59,00 g | 8,0% | 99,1% | 0,9% |
| FUNDO | | 7,00 g | 0,9% | 100,0% | 0,0% |
| | | 739,00 g | | 100,0% | 100% |

Humedad evaporable según ASTM C566-13

| Variable | Nro | | Muestra |
|----------------------------------|-----------------|--------|---------|
| | Var. | Unidad | |
| Recipiente M° | — | — | N° 38 |
| (A) Peso de Tara Vacia | M _t | (g) | 422,50 |
| (B) Peso de Tara A Suelo Húmedo | M _{hú} | (g) | 1502,50 |
| (C) Peso de Tara B Suelo Seco | M _{se} | (g) | 1478,50 |
| (D) Peso de Suelo Seco (C-A) | M _s | (g) | 1057,00 |
| (E) Peso de Agua (B-C) | M _w | (g) | 23,00 |
| (F) Contenido Humedad (100° S/O) | w | (%) | 2,2% |

Según ASTM C136 el módulo de finos corresponde al valor de: **2,31**

Límites Granulométricos agregado fino ASTM C33/C33M-18

| Ítem | Tamaño máximo nominal | | Porcentaje que pasa |
|------|-----------------------|------------------|---------------------|
| | Medida en, mm | Medida en, pulg. | |
| 1 | 9,5 mm | (3/8") | 100 |
| 2 | 4,75 mm | (N° 4) | 95 a 100 |
| 3 | 2,36 mm | (N° 8) | 80 a 100 |
| 4 | 1,18 mm | (N° 16) | 50 a 85 |
| 5 | 600 µm | (N° 30) | 25 a 60 |
| 6 | 300 µm | (N° 50) | 5 a 30 |
| 7 | 150 µm | (N° 100) | 0 a 10 |
| 8 | 75 µm | (N° 200) | 0 a 5 |



RESERVACIONES:

Los agregados han sido producidos en laboratorio de tal manera que cumplen con un Huevo granulométrico y cumplen con una Franja granulométrica que establece el diseño de mezclas del ACI.

Realizado: Tec. Roy S.A.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.
Geotecnia Geométrica
Laboratorio de Rieles, Cuarteros y Pavimentos
Ing. Civil Johnny R. FAYRUCO OLIVERA
C. U. N° 304352

RUC: 20601685524
[Pag. 03]

| FECHA TOMA DE MUESTRAS | FECHA INICIO ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NUMERO DE INFORME |
|------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| 01-05-22 | 05-05-22 | M-01 | SG N°13232022 |

SOLICITANTE

TESIS:

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO

ENSAYOS REALIZADOS:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S A C
 DISTRITO : CHILCA
 PROVINCIA : HUANCAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18
 - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS SEGÚN ASTM C136/C136M-18
 - HUMEDAD EVAPORABLE SEGÚN ASTM C566-13

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD

Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 0.00 m Altitud (Citta) : 3.273.03 m s n.m
 Muestra : Agregado Fino Lugar de Muestreo : Carretera del Distrito de Chilca Coordenadas UTM : E: 476600 N: 890400
 Método de Muestreo : Muestreo desde el Almacenaje o unidades de Transportación Según ASTM C75-03

Análisis Granulométrico agregado fino ASTM C136/C136M-18

| Tamizos ASTM E11 | Abertura (mm) | Peso Retenido | % Retenido | % Retenido Acumulado | % Pasante Acumulado |
|------------------|---------------|---------------|------------|----------------------|---------------------|
| 3/8" | 9.50 mm | 0.00 g | 0.0% | 0.0% | 100.0% |
| N° 4 | 4.75 mm | 30.00 g | 4.1% | 4.1% | 95.9% |
| N° 5 | 2.36 mm | 51.00 g | 6.9% | 11.0% | 89.0% |
| N° 16 | 1.18 mm | 82.00 g | 11.1% | 22.1% | 77.9% |
| N° 30 | 0.60 mm | 198.00 g | 26.8% | 48.9% | 51.1% |
| N° 50 | 0.30 mm | 212.00 g | 28.7% | 77.5% | 22.5% |
| N° 100 | 0.15 mm | 95.00 g | 12.9% | 90.4% | 9.6% |
| N° 200 | 0.07 mm | 63.00 g | 8.5% | 98.9% | 1.1% |
| FONDO | | 8.00 g | 1.1% | 100.0% | 0.0% |
| | | 739.00 g | | 100.0% | 100% |

Humedad evaporable según ASTM C566-13

| Variable | Uno | | Muestra |
|--|-------------------|--------|---------|
| | Var. | Unidad | |
| Recipiente N° | — | — | N° 15 |
| (A) Peso de Tara Vacío | M ₁ | (g) | 490.00 |
| (B) Peso de Tara & Suelo Húmedo | M _{2(a)} | (g) | 1264.00 |
| (C) Peso de Tara & Suelo Seco | M _{2(b)} | (g) | 1250.00 |
| (D) Peso de Suelo Seco (C-A) | M ₃ | (g) | 820.00 |
| (E) Peso de Agua (B-C) | M ₄ | (g) | 5.00 |
| (F) Contenido Humedad (100* E/D) | w | (%) | 0.7% |
| Según ASTM C136 el módulo de finza corresponde al valor de | | | 2.34 |

Límites Granulométricos agregado fino ASTM C33/C33M-18

| Ítem | Tamaño máxima nominal | | Porcentaje que pasa |
|------|-----------------------|-----------------|---------------------|
| | Medida en mm | Medida en pulg. | |
| 1 | 9.5 mm | [3/8 pulg] | 100 |
| 2 | 4.75 mm | [N° 4] | 95 a 100 |
| 3 | 2.36 mm | [N° 8] | 80 a 100 |
| 4 | 1.18 mm | [N° 16] | 50 a 85 |
| 5 | 600 µm | [N° 30] | 25 a 60 |
| 6 | 300 µm | [N° 50] | 5 a 30 |
| 7 | 150 µm | [N° 100] | 0 a 10 |
| 8 | 75 µm | [N° 200] | 0 a 3 |



OBSERVACIONES: Los agregados han sido producidos en laboratorio de tal manera que cumplan con un Hizo granulométrico y controlen con una Franja granulométrica que establece el diseño de mezclas del ACI.

Realizado: Ttc. Ray S.R.
 Revisado: Ing. Johnny R. D.

SILVER GEOTEC S.A.C.
 Ingeniería Geotécnica
 Laboratorio de Soils, Puntos y Puntajes
 Tte. Civil Johnny R. OLIVERA RAMÍREZ
 C.I.P. N° 100352

RUC 2060168524
 (Pág. 02)

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004886-2016/DSD

| FECHA TOMA DE MUESTRAS | FECHA INICIO ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NÚMERO DE INFORME |
|------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| 01-05-22 | 05-06-22 | M-01 | SG_N° 3232022 |

SOLICITANTE:

Bach. **JUAN OLIVERA RAMÍREZ**

TÍTULO:

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
DISTRITO: CHILCA
PROVINCIA: HUANCAYO
DEPARTAMENTO: JUNÍN

ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18
- ACI 308-211.1-91 PRACTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, PESADO Y MASIVO

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Agregados en Uso: Agregado Grueso y Agregado Fino Profundidad: 0.00 m Altitud (Cota): 3.213.00 m s.n.m.
Cemento en Uso: Aditivo Tipo I Cartera en Estudio: Cartera del Distrito de Chilca Coordenadas UTM: E: 478885 N: 656430
Aditivos en Uso: Sin Aditivo

DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO ACI 211.1-91

MUESTRA: PATRÓN

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO

| | | | |
|---|-------------|-----|--------------------|
| Resistencia a la Compresión especificada del Concreto | $f'_{c} =$ | 290 | Kg/cm ² |
| Resistencia promedio a la compresión del Concreto | $f'_{cr} =$ | 364 | Kg/cm ² |

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

| Agregado Fino | | Agregado Grueso | |
|------------------------|----------------|-----------------------|------------------------|
| Peso Específico (SSD) | 2.65 | Tamaño Máximo Nominal | 1/2" |
| Absorción | 0.5 % | Peso Seco Compactado | 1604 Kg/m ³ |
| Contenido de Humedad | 0.2 % | Peso Específico (SSD) | 2.71 |
| Módulo de Finura | 2.54 | Absorción | 0.5 % |
| | | Contenido de Humedad | 0.9 % |
| Cemento | | Aditivo | |
| Tipo de Cemento a Usar | Aditivo Tipo I | Tipo de Aditivo | --- |
| Peso Específico | 3.15 | Marca del Aditivo | --- |
| | | Densidad | --- |
| Agua | | Dosificación | --- |
| | Potable | | |

DISEÑO DE MEZCLA

| | | |
|---|--|---|
| Selección del Asestamiento (slump) | Tipo de Consistencia Asestamiento | Practica |
| Contenido de Aire a Considerar | Concreto Sin Aire Incorporado | 2.50 % |
| Volumen Unitario de Agua | | 216 Litro/m ³ |
| Relación Agua / Cemento | | 0.47 |
| Factor Cemento | Factor Cemento | 459.6 Kg/m ³ |
| | | 10.8 Bolsas |
| Estimación del Contenido de Agregado Grueso | Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto : Peso del Agregado Grueso : | 0.58 930 Kg/m ³ |
| Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los Materiales | Cemento | 0.146 m ³ |
| | Agua | 0.216 m ³ |
| | Aire | 0.025 m ³ |
| | Agregado Grueso | 0.344 m ³ |
| | Suma de Volúmenes | 0.731 m ³ |
| Estimación del Contenido de Agregado Fino | Volumen Absoluto del Agregado Fino Peso Seco del Agregado Fino | 0.269 m ³ 707.6 Kg/m ³ |
| Cantidad de Materiales a ser empleados como Valores de Diseño por m ³ | Cemento | 459.6 Kg/m ³ |
| | Agua | 216 Litro/m ³ |
| | Agregado Fino Seco | 707.6 Kg/m ³ |
| | Agregado Grueso Seco | 930 Kg/m ³ |
| | Suma | 1613.8 Kg/m ³ |
| Cantidad de Materiales en Peso que se emplea en una Tarda de una Bolsa de Cemento | Cemento | 42.5 Kg/bolsa |
| | Agua | 16.975 Litro/bolsa |
| | Agregado Fino Seco | 65.4 Kg/bolsa |
| | Agregado Grueso Seco | 86.0 Kg/bolsa |
| | Suma | 1613.8 Kg/m ³ |

OBSERVACIONES:

Revisado: Tec. Roy S.F.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

| FECHA TOMA DE MUESTRAS | FECHA INICIO ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NUMERO DE INFORME |
|------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| 01-05-22 | 05-06-22 | M-01 | SG- N° 323/2022 |

SOLICITANTE:

TESIS:

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
 DISTRITO: CHILCA
 PROVINCIA: HUANCAYO
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C30/C30M-18
 - ACS PRC-211 (1-81) PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, PESADO Y MASIVO

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Agregados en Uso: Agregado Grueso y Agregado Fino Profundidad: 0.00 m Altitud (Cota): 3.213.00 m s.n.m.
 Cemento en Uso: Andino Tipo I Cartera en Estudio: Cartera del Distrito de Chilca Coordenadas UTM: E 478865 N 865430
 Activos en Uso: Sin Activos

Este Informe de Resultados solo aplica a los materiales o cementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito de LABORATORIO

| | | | |
|---|------------------------|-------|-------------------|
| Proporción de los materiales sin ser corregidos por Humedad del Agregado | Cemento | 1 | Bolsa |
| | Agua | 19.96 | L/bolsa |
| | Agregado Fino Seco | 1.54 | |
| | Agregado Grueso Seco | 2.02 | |
| Corrección por Humedad de los Agregados | | | |
| Contenido de Humedad de los Agregados | Agregado Fino | 0.732 | % |
| | Agregado Grueso | 0.9 | % |
| Peso Húmedo de los Agregados | Agregado Fino | 712.8 | Kg/m ³ |
| | Agregado Grueso | 938.7 | Kg/m ³ |
| Humedad Superficial de los Agregados | Agregado Fino | 0.2 | % |
| | Agregado Grueso | 0.4 | % |
| Aporte de Humedad de los Agregados | Agregado Fino | 1.3 | L/m ³ |
| | Agregado Grueso | 4.0 | L/m ³ |
| | Aporte Total | 5.3 | L/m ³ |
| Agua Efectiva | Agua Efectiva | 210.7 | L/m ³ |
| Relación Agua / Cemento de Diseño | | 0.47 | |
| Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m ³ . | Cemento | 459.6 | Kg/m ³ |
| | Agua Efectiva | 210.7 | L/m ³ |
| | Agregado Fino Húmedo | 712.8 | Kg/m ³ |
| | Agregado Grueso Húmedo | 938.7 | Kg/m ³ |
| Relación Agua / Cemento Efectiva | | 0.46 | |
| Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de una bolsa de Cemento. | Cemento | 42.5 | Kg/bolsa |
| | Agua Efectiva | 19.5 | L/bolsa |
| | Agregado Fino Húmedo | 65.9 | Kg/bolsa |
| | Agregado Grueso Húmedo | 86.8 | Kg/bolsa |
| Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado | Cemento | 1 | |
| | Agua Efectiva | 19.5 | L/bolsa |
| | Agregado Fino Húmedo | 1.55 | |
| | Agregado Grueso Húmedo | 2.04 | |
| Proporción por Bolsa de Cemento: C / AGUA / AF / AG / | | | |
| 1 / 19.5 L / 1.55 / 2.04 / | | | |

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.
 Revisado: Ing. Johnny R. G.

SILVER GEOTEC S.A.C.
 GEOTECNIA GRÁFICA
 Laboratorio de Soles, Depueto y Ferrocarril

Ing. Claudio J. OLIVERA RAMÍREZ
 C.E.P. 100000000

RUC: 20601685024
 [Pag. 10]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOP con Resolución N° 004588-2018/D60

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

| FECHA TOBA DE MUESTRAS | FECHA INICIO ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NÚMERO DE INFORME |
|------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| 01-06-22 | 05-06-22 | M-01 | SQ N°323/2022 |

SOLICITANTE:

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TESIS:

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
DISTRITO : CHILCA
PROVINCIA : HUANCAYO
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGUN ASTM C33/C33M-18
- ACI PRC-211.1-81, PRÁCTICA ESTANDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, PEGADO Y MASIVO

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Agregados en Uso : Agregado Grueso y Agregado Fino Profundidad : 0.00 m ARBUD (Cota) : 3.213.00 m a n m
Cemento en Uso : Andro Tipo I Cartera en Estado : Cartera del Distrito de Chloa Coordenadas UTM : E 476955 N 888430
Aditivos en Uso : Sin Aditivo

Este Informe de Resultados solo aplica a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO.

| DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO ACI 211.1-91 | | | |
|--|--------------|------------------------|------------------------|
| CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO | | | |
| Resistencia a la Compresión especificada del Concreto: | $f'c =$ | 280 | Kg/cm ² |
| Resistencia promedio a la compresión del Concreto: | $f'cr =$ | 384 | Kg/cm ² |
| MUESTRA: SUSTITUCIÓN DEL 20% DE AGREGADO FINO POR ESCORIA DE PIEDRA | | | |
| CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES | | | |
| Agregado Fino | | Agregado Grueso | |
| Peso Específico (SSD) | 2.63 | Tamaño Máximo Nominal | 1.2" |
| Absorción | 0.5 % | Peso Seco Compactado | 1604 Kg/m ³ |
| Contenido de Humedad | 0.7 % | Peso Específico (SSD) | 2.71 |
| Módulo de Finura | 2.54 | Absorción | 0.5 % |
| | | Contenido de Humedad | 0.9 % |
| Cemento | | Aditivo | |
| Tipo de Cemento a Usar | Andro Tipo I | Tipo de Aditivo | — |
| Peso Específico | 3.15 | Marcas del Aditivo | — |
| | | Densidad | — |
| | | Dosificación | — |

| DISEÑO DE MEZCLA | | |
|--|--|---|
| Selección del Asentamiento (Slump) | Tipo de Consistencia | Plástica |
| Contenido de Aire a Considerar | Asentamiento | 3" x 4" |
| Volumen Unitario de Agua | Concreto Sin Aire Incorporado | 2.50 % |
| Relación Agua / Cemento | | 216 Lt/m ³ |
| | | 0.47 |
| Factor Cemento | Factor Cemento | 459.6 Kg/m ³ |
| | Factor Cemento | 10.8 Bolsas |
| Estimación del Contenido de Agregado Grueso | Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto : Peso del Agregado Grueso : | 0.96 930 Kg/m ³ |
| Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los Materiales | Cemento | 0.146 m ³ |
| | Agua | 0.216 m ³ |
| | Aire | 0.025 m ³ |
| | Agregado Grueso | 0.344 m ³ |
| | Suma de Volúmenes | 0.731 m ³ |
| Estimación del Contenido de Agregado Fino | Volumen Absoluto del Agregado Fino Peso Seco del Agregado Fino | 0.269 m ³ 707.6 Kg/m ³ |
| Cantidad de Materiales a ser empleados como Valores de Diseño por m ³ | Cemento | 459.6 Kg/m ³ |
| | Agua | 216 Lt/m ³ |
| | Agregado Fino Seco | 707.6 Kg/m ³ |
| | Agregado Grueso Seco | 930 Kg/m ³ |
| Cantidad de Materiales en Peso que se emplea en una Tanda de una Bolsa de Cemento: | Cemento | 42.5 Kg/bolsa |
| | Agua | 19.975 Lt/bolsa |
| | Agregado Fino Seco | 65.4 Kg/bolsa |
| | Agregado Grueso Seco | 86.0 Kg/bolsa |

OBSERVACIONES:

Realizado: Ing. Roy S.F.
Revisado: Ing. Johnny R. D.

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

| FECHA TOMA DE MUESTRAS | FECHA INICIO ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NUMERO DE INFORME |
|------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| 01-08-22 | 06-06-22 | M-01 | SG N°020/2022 |

SOLICITANTE:

TEMA:

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
DISTRITO: CHILCA
PROVINCIA: HUANCAYO
DEPARTAMENTO: JUNÍN

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGUN ASTM C33/C33M-19
- ACI PRO-211.1-01- PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, PESADO Y MASIVO (REAFORZADO EN 300)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Agregados en Uso: Agregado Grueso y Agregado Fino Profundidad: 0.30 m Altitud (Cota): 3.213.00 m s.n.m.
Cemento en Uso: Andino Tipo 1 Cantera en Estudio: Cantera del Distrito de Chilca Coordenadas UTM: E 478805 N 806430
Activos en Uso: Sin Activos

Este informe de Resultados solo afecta a los materiales o elementos suministrados a ensayo y no deberá ser utilizado para fines que no sean los autorizados por escrito por el LABORATORIO

| | | | |
|---|--|-------------|-------------------|
| Proporción de los materiales sin ser corregidos por Humedad del Agregado | Cemento | 1 | Bolsa |
| | Agua | 19.55 | L/bolsa |
| | Agregado Fino Seco | 1.54 | |
| | Agregado Grueso Seco | 2.02 | |
| Corrección por Humedad de los Agregados | | | |
| Contenido de Humedad de los Agregados | Agregado Fino | 0.732 | % |
| | Agregado Grueso | 0.9 | % |
| Peso Húmedo de los Agregados | Agregado Fino | 712.8 | Kg/m ³ |
| | Agregado Grueso | 938.7 | Kg/m ³ |
| Humedad Superficial de los Agregados | Agregado Fino | 0.2 | % |
| | Agregado Grueso | 0.4 | % |
| Aporte de Humedad de los Agregados | Agregado Fino | 1.3 | L/m ³ |
| | Agregado Grueso | 4.0 | L/m ³ |
| | Aporte Total | 5.3 | L/m ³ |
| Agua Electiva | Agua Electiva | 210.7 | L/m ³ |
| Relación Agua / Cemento de Diseño | | 0.47 | |
| Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m ³ | Cemento | 455.5 | Kg/m ³ |
| | Agua Electiva | 210.7 | L/m ³ |
| | Agregado Fino Húmedo | 712.8 | Kg/m ³ |
| | Agregado Grueso Húmedo | 938.7 | Kg/m ³ |
| | Porcentaje de Sustitución del A.F | 20 | % |
| | Agregado Fino Húmedo Corregido Escoria de Piedra | 570.2 | |
| Relación Agua / Cemento Efectiva | | 0.46 | |
| Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de una bolsa de Cemento. | Cemento | 42.5 | Kg/bolsa |
| | Agua Electiva | 19.5 | L/bolsa |
| | Agregado Fino Húmedo | 52.7 | Kg/bolsa |
| | Agregado Grueso Húmedo | 86.8 | Kg/bolsa |
| | Escoria de Piedra | 15.2 | Kg/bolsa |
| Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado | Cemento | 1 | |
| | Agua Electiva | 19.6 | L/bolsa |
| Proporción por Bolsa de Cemento: | Agregado Fino Húmedo | 1.24 | |
| | Agregado Grueso Húmedo | 2.04 | |
| | Escoria de Piedra | 0.31 | |
| | | | |
| | | | |

OBSERVACIONES:

Realizado: Ing. Ney S.R.
Revisado: Ing. Johnny R. D.

SILVER GEOTEC S.A.C.
Laboratorio de Ensayos
Laboratorio de Suelos, Geotecnia y Pavimentos

Ing. Camilo Jarama SANCHEZ OLIVERA
C.I. 14 000 000

RUC 20601655524
[Pag. 12]

| FECHA TOMA DE MUESTRAS | FECHA INICIO ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NÚMERO DE INFORME |
|------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| 01-06-22 | 06-06-22 | M-01 | GG_N°323/2022 |

SOLICITANTE:

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TESIS:

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
DISTRITO : CHILCA
PROVINCIA : HUANCAYO
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN NTM C330.33M-18
- ACI PRC-211.1-91. PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, PESADO Y MASIVO

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Agregados en Uso : Agregado Grueso y Agregado Fino Profundidad : 0.00 m Altitud (Cota) : 3,213.00 m s.n.m.
Cemento en Uso : Andino Tipo I Canchero en Estudio : Canchero del Distrito de Chilca Coordenadas UTM : E-478655 N-895430
Activos en Uso : Sin Activos

Este informe de resultados solo aplica a los materiales o elementos concretos a ensayar y no deberá reproducirse total o parcialmente en su totalidad LABORATORIO

| DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO ACI 211.1-91 | | | |
|---|---------------|-----------------------|------------------------|
| CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO | | | |
| Resistencia a la Compresión especificada del Concreto | f'c | = | 280 kg/cm ² |
| Resistencia promedio a la compresión del Concreto | f'cr | = | 394 kg/cm ² |
| MUESTRA: SUSTITUCIÓN DEL 20% DE AGREGADO FINO POR ESCORIA DE PIEDRA | | | |
| CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES | | | |
| Agregado Fino | | Agregado Grueso | |
| Peso Específico (SSD) | 2.63 | Tamaño Máximo Nominal | 1/2" |
| Absorción | 0.5 % | Peso Seco Compactado | 1604 kg/m ³ |
| Contenido de Humedad | 0.7 % | Peso Específico (SSD) | 2.71 |
| Módulo de Finura | 2.54 | Absorción | 0.5 % |
| | | Contenido de Humedad | 0.0 % |
| Cemento | | Aditivo | |
| Tipo de Cemento a Usar | Andino Tipo I | Tipo de Aditivo | --- |
| Peso Específico | 3.15 | Marca del Aditivo | --- |
| Agua | | Densidad | |
| Potable | | --- | |
| | | Dosisificación | |
| | | --- | |

| DISEÑO DE MEZCLA | | |
|--|---|--|
| Selección del Asestamiento (Slump) | Tipo de Consistencia Asestamiento | Plástico 3" ± 4" |
| Contenido de Aire a Considerar | Concreto Sin Aire Incorporado | 2.50 % |
| Volumen Unitario de Agua | | 216 Litros |
| Relación Agua / Cemento | | 0.47 |
| Factor Cemento | Factor Cemento | 459.6 kg/m ³ |
| | Factor Cemento | 10.6 Bolsas |
| Estimación del Contenido de Agregado Grueso | Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto / Peso del Agregado Grueso | 0.56 / 930 kg/m ³ |
| Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los Materiales | Cemento | 0.146 m ³ |
| | Agua | 0.216 m ³ |
| | Aire | 0.025 m ³ |
| | Agregado Grueso | 0.344 m ³ |
| | Suma de Volúmenes | 0.731 m ³ |
| Estimación del Contenido de Agregado Fino | Volumen Absoluto del Agregado Fino / Peso Seco del Agregado Fino | 0.269 m ³ / 707.6 kg/m ³ |
| Cantidad de Materiales a ser empleados como Valores de Diseño por m ³ | Cemento | 459.6 kg/m ³ |
| | Agua | 216 Lt/m ³ |
| | Agregado Fino Seco | 707.6 kg/m ³ |
| | Agregado Grueso Seco | 930 kg/m ³ |
| Cantidad de Materiales en Peso que se emplea en una Tarda de una Bolsa de Cemento: | Cemento | 42.5 kg/bolsa |
| | Agua | 19.975 Lt/bolsa |
| | Agregado Fino Seco | 65.4 kg/bolsa |
| | Agregado Grueso Seco | 86.0 kg/bolsa |

OBSERVACIONES:

Realizado: Tcn. Roy E.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

| FECHA TOMA DE MUESTRAS | FECHA INICIO ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NUMERO DE INFORME |
|------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| 01-06-22 | 06-06-22 | M-01 | SG- N° 323/2022 |

SOLICITANTE:

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TESIS:

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
DISTRITO: CHILCA
PROVINCIA: HUANCAYO
DEPARTAMENTO: JUNÍN

ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGUN ASTM C33/C33M 18
- ACI PTC-211.1-91 PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL PEGAZO Y MASNO

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Agregados en Uso: Agregado Grueso y Agregado Fino Profundidad: 0.00 m Altitud (Cota): 3 213.00 m s.n.m.
Cemento en Uso: Aniano Tipo I Cantera en Estudio: Cantera del Distrito de Chila Coordenadas UTM: E 478665 N 805430
Aditivos en Uso: Sin Aditivo

Este informe de resultados solo aplica a los materiales y dispositivos sometidos a ensayo y no debe reproducirse total y/o parcialmente sin la autorización por escrito del LABORATORIO

| DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO ACI 211.1-91 | | | |
|--|---------------|------------------------|------------------------|
| CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO | | | |
| Resistencia a la Compresión especificada del Concreto: | $f'_{cr} =$ | 280 | Kg/cm ² |
| Resistencia promedio a la compresión del Concreto: | $f'_{cr} =$ | 364 | Kg/cm ² |
| MUESTRA: SUSTITUCIÓN DEL 40% DE AGREGADO FINO POR ESCORIA DE PIEDRA | | | |
| CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES | | | |
| Agregado Fino | | Agregado Grueso | |
| Peso Específico (SSD) | 2.63 | Tamaño Máximo Nominal | 1/2" |
| Absorción | 0.5 % | Peso Seco Compactado | 1604 Kg/m ³ |
| Contenido de Humedad | 0.7 % | Peso Específico (SSD) | 2.71 |
| Módulo de Finura | 2.54 | Absorción | 0.5 % |
| | | Contenido de Humedad | 0.9 % |
| Cemento | | Aditivo | |
| Tipo de Cemento a Usar | Aniano Tipo I | Tipo de Aditivo | — |
| Peso Específico | 3.15 | Marca del Aditivo | — |
| Agua | | Densidad | — |
| Potable | | Dosificación | — |

| DISEÑO DE MEZCLA | | |
|---|---|-------------------------|
| Selección del Asentamiento (Slump) | Tipo de Consistencia | Plástica |
| | Asentamiento | 3" a 4" |
| Contenido de Aire a Considerar | Concreto Sin Aire Incorporado | 2.50 % |
| Volumen Unitario de Agua | | 216 Lt/m ³ |
| Relación Agua / Cemento | | 0.47 |
| Factor Cemento | Factor Cemento | 459.6 Kg/m ³ |
| | Factor Ormento | 10.8 Bolsas |
| Estimación del Contenido de Agregado Grueso | Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto: | 0.58 |
| | Peso del Agregado Grueso : | 930 Kg/m ³ |
| Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los Materiales | Cemento | 0.146 m ³ |
| | Agua | 0.216 m ³ |
| | Aire | 0.025 m ³ |
| | Agregado Grueso | 0.344 m ³ |
| | Suma de Volúmenes | 0.731 m ³ |
| Estimación del Contenido de Agregado Fino | Volumen Absoluto del Agregado Fino | 0.269 m ³ |
| | Peso Seco del Agregado Fino | 707.6 Kg/m ³ |
| Cantidad de Materiales a ser empleados como Valores de Diseño por m ³ | Cemento | 459.6 Kg/m ³ |
| | Agua | 216 Lt/m ³ |
| | Agregado Fino Seco | 707.6 Kg/m ³ |
| | Agregado Grueso Seco | 930 Kg/m ³ |
| Cantidad de Materiales en Peso que se emplea en una Tanda de una Bolsa de Cemento | Cemento | 42.5 Kg/bolsa |
| | Agua | 19.975 Lt/bolsa |
| | Agregado Fino Seco | 65.4 Kg/bolsa |
| | Agregado Grueso Seco | 85.0 Kg/bolsa |

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy J.R.
Revisado: Ing. Johnny P. O.

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

| FECHA TOMA DE MUESTRAS | FECHA INICIO ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NÚMERO DE INFORME |
|------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| 01-06-22 | 05-06-22 | M-01 | SG- N°323/2022 |

| | |
|--|--|
| SOLICITANTE: | TESES: |
| Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ | "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA" |
| UBICACIÓN DEL PROYECTO: | ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS: |
| UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C. DISTRITO: CHILCA PROVINCIA: HUANCAYO DEPARTAMENTO: JUNÍN | - ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGUN ASTM C33/C33M-18 - ACI PRC.211.1-91 PRACTICA ESTANDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, PESADO Y MARINO |
| TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD: | |
| Agregados en Uso: Agregado Grueso y Agregado Fino Profundidad: 0.10 m Altitud (Cota): 2.213.00 m s.n.m. Cemento en Uso: Andino Tipo I Cartera en Estudio: Cartera del Distrito de Chicla Coordenadas UTM: E 479485 N 266430 Aditivos en Uso: Sin Aditivo | |

Este informe de resultados sólo aplica a las muestras o parametrías sometidas a ensayo y no para las negociaciones, las y/o, por cualquier otro medio, por escrito o por electrónico.

| DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO ACI 211.1-91 | | | |
|---|---|---|-------------------------|
| CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO | | | |
| Resistencia a la Compresión especificada del Concreto: | f'c = | 280 | Kg/cm ² |
| Resistencia promedio a la compresión del Concreto: | f'cd = | 304 | Kg/cm ² |
| MUESTRA: SUSTITUCIÓN DEL 60% DE AGREGADO FINO POR ESCORIA DE PIEDRA | | | |
| CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES | | | |
| Agregado Fino | | Agregado Grueso | |
| Peso Específico (SSD) | 2.63 | Tamaño Máximo Nominal | 1/2" |
| Absorción | 0.3 % | Peso Seco Compactado | 1804 Kg/m ³ |
| Contenido de Humedad | 0.7 % | Peso Específico (SSD) | 2.71 |
| Módulo de Finura | 2.54 | Absorción | 0.3 % |
| | | Contenido de Humedad | 0.3 % |
| Cemento | | Aditivo | |
| Tipo de Cemento a Usar | Andino Tipo I | Tipo de Aditivo | --- |
| Peso Específico | 3.15 | Marca del Aditivo | --- |
| Agua | | Densidad | --- |
| | potable | Dosificación | --- |
| DISEÑO DE MEZCLA | | | |
| Selección del Asentamiento (Slump) | Tipo de Consistencia Asentamiento | Plasticidad 3" a 4" | |
| Contenido de Aire a Considerar | Concreto Sin Aire Incorporado | 2.50 % | |
| Volumen Unitario de Agua | | 216 l/m ³ | |
| Relación Agua / Cemento | | 0.47 | |
| Factor Cemento | Factor Cemento | 459.5 Kg/m ³ | |
| | Factor Cemento | 10.8 Bolsas | |
| Estimación del Contenido de Agregado Grueso | Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto: Peso del Agregado Grueso : | 0.56 930 Kg/m ³ | |
| Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los Materiales | | Cemento | 0.148 m ³ |
| | | Agua | 0.216 m ³ |
| | | Aire | 0.025 m ³ |
| | | Agregado Grueso | 0.344 m ³ |
| | | Suma de Volúmenes | 0.731 m ³ |
| Estimación del Contenido de Agregado Fino | Volumen Absoluto del Agregado Fino Peso Seco del Agregado Fino | 0.369 m ³ 707.6 Kg/m ³ | |
| Cantidad de Materiales a ser empleados como Valores de Diseño por m³ | | Cemento | 459.5 Kg/m ³ |
| | | Agua | 216 l/m ³ |
| | | Agregado Fino Seco | 707.6 Kg/m ³ |
| | | Agregado Grueso Seco | 930 Kg/m ³ |
| Cantidad de Materiales en Peso que se emplea en una Tanda de una Bolsa de Cemento: | | Cemento | 42.5 Kg/bolsa |
| | | Agua | 19.975 l/bolsa |
| | | Agregado Fino Seco | 65.4 Kg/bolsa |
| | | Agregado Grueso Seco | 86.0 Kg/bolsa |

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

| FECHA TOMA DE MUESTRAS | FECHA INICIO ENSAYO | CDG. MUESTRA O ACTIVIDAD | NÚMERO DE INFORME |
|------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| 01-05-22 | 06-05-22 | M-01 | SG. N° 323/2022 |

SOLICITANTE

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TÍTULO

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
 DISTRITO: CHILCA
 PROVINCIA: HUANCAYO
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGUN ASTM C33/C33M-18
- ACI PRC-211.1-81, PRACTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, PESADO Y MASIVO

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Agregados en Uso: Agregado Grueso y Agregado Fino Profundidad: 0.00 m Altitud (Cota): 3,213.00 m s.n.m.
 Cemento en Uso: Anilino Tipo I Cartera en Estudio: Cartera del Distrito de Chilca Coordenadas UTM: E: 472600 N: 696430
 Aditivos en Uso: Sin Aditivos

Este informe de resultados solo aplica a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no cubre reproducción total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO.

| DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO ACI 211.1-91 | | | |
|--|----------------|------------------------|------------------------|
| CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO | | | |
| Resistencia a la Compresión especificada del Concreto: | $f'_{c} =$ | 280 | Kg/cm ² |
| Resistencia promedio a la compresión del Concreto: | $f'_{cr} =$ | 364 | Kg/cm ² |
| MUESTRA: SUSTITUCIÓN DEL 80% DE AGREGADO FINO POR ESCORIA DE PIEDRA | | | |
| CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES | | | |
| Agregado Fino | | Agregado Grueso | |
| Peso Específico (SSD) | 2.63 | Tamaño Máximo Nominal | 1/2" |
| Absorción | 0.3 % | Peso Seco Compactado | 1604 Kg/m ³ |
| Contenido de Humedad | 0.7 % | Peso Específico (SSD) | 2.71 |
| Módulo de Flexión | 2.54 | Absorción | 0.5 % |
| Cemento | | Aditivo | |
| Tipo de Cemento a Usar | Anilino Tipo I | Tipo de Aditivo | --- |
| Peso Específico | 3.13 | Marca del Aditivo | --- |
| Agua | | Densidad | --- |
| Potable | | Dosificación | --- |

| DISEÑO DE MEZCLA | | |
|--|---|--|
| Selección del Asentamiento (Slump) | Tipo de Consistencia | Plástica |
| Contenido de Aire a Considerar | Asentamiento | 3" a 4" |
| Volumen Unitario de Agua | Concreto Sin Aire Incorporado | 216 Lt/m ³ |
| Relación Agua / Cemento | | 0.47 |
| Factor Cemento | | Factor Cemento |
| | | 459.6 Kg/m ³ |
| | | 10.8 Bolsas |
| Estimación del Contenido de Agregado Grueso | Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto: | 0.58 |
| | | Peso del Agregado Grueso: 930 Kg/m ³ |
| Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los Materiales | | |
| | | Cemento: 0.146 m ³ |
| | | Agua: 0.216 m ³ |
| | | Aire: 0.025 m ³ |
| | | Agregado Grueso: 0.344 m ³ |
| | | Suma de Volúmenes: 0.731 m ³ |
| Estimación del Contenido de Agregado Fino | Volumen Absoluto del Agregado Fino | 0.269 m ³ |
| | | Peso Seco del Agregado Fino: 707.6 Kg/m ³ |
| Cantidad de Materiales a ser empleados como Valores de Diseño por m ³ | | |
| | | Cemento: 459.6 Kg/m ³ |
| | | Agua: 216 Lt/m ³ |
| | | Agregado Fino Seco: 707.6 Kg/m ³ |
| | | Agregado Grueso Seco: 930 Kg/m ³ |
| Cantidad de Materiales en Peso que se emplea en una Tonda de una Bolsa de Cemento: | | |
| | | Cemento: 42.5 Kg/bolsa |
| | | Agua: 19.975 Lt/bolsa |
| | | Agregado Fino Seco: 65.4 Kg/bolsa |
| | | Agregado Grueso Seco: 86.0 Kg/bolsa |

OBSERVACIONES:

Revisado: Tcn. Roy S.R.
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

| FECHA TOMA DE MUESTRAS | FECHA INICIO ENSAYO | CDG. BUESTRAS O ACTIVIDAD | NÚMERO DE INFORME |
|------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------|
| 01-05-22 | 06-05-22 | M-01 | SG. N° 323/2022 |

SOLICITANTE

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TÍTULO

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
 DISTRITO: CHILCA
 PROVINCIA: HUANCAYO
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGUN ASTM C33/C33M-18
- ACI PRC-211.1-81, PRACTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, PESADO Y MASIVO

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Agregados en Uso: Agregado Grueso y Agregado Fino Profundidad: 0.00 m Altitud (Cota): 3,213.00 m s.n.m.
 Cemento en Uso: Anilino Tipo I Cartera en Estudio: Cartera del Distrito de Chilca Coordenadas UTM: E: 472600 N: 696430
 Aditivos en Uso: Sin Aditivos

Este informe de resultados solo aplica a los materiales y elementos sometidos a ensayo y no cubre reproducción total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO.

| DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO ACI 211.1-91 | | | |
|--|----------------|------------------------|------------------------|
| CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO | | | |
| Resistencia a la Compresión especificada del Concreto: | $f'_{c} =$ | 280 | Kg/cm ² |
| Resistencia promedio a la compresión del Concreto: | $f'_{cr} =$ | 364 | Kg/cm ² |
| MUESTRA: SUSTITUCIÓN DEL 80% DE AGREGADO FINO POR ESCORIA DE PIEDRA | | | |
| CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES | | | |
| Agregado Fino | | Agregado Grueso | |
| Peso Específico (SSD) | 2.63 | Tamaño Máximo Nominal | 1/2" |
| Absorción | 0.3 % | Peso Seco Compactado | 1604 Kg/m ³ |
| Contenido de Humedad | 0.7 % | Peso Específico (SSD) | 2.71 |
| Módulo de Flexión | 2.54 | Absorción | 0.5 % |
| Cemento | | Aditivo | |
| Tipo de Cemento a Usar | Anilino Tipo I | Tipo de Aditivo | --- |
| Peso Específico | 3.13 | Marca del Aditivo | --- |
| Agua | | Densidad | --- |
| Potable | | Dosificación | --- |

| DISEÑO DE MEZCLA | | | |
|--|---|-----------------------------|-------------------------|
| Selección del Asentamiento (Slump) | Tipo de Consistencia | Plástica | |
| Contenido de Aire a Considerar | Asentamiento | 3" a 4" | |
| Volumen Unitario de Agua | Concreto Sin Aire Incorporado | 216 % | |
| Relación Agua / Cemento | | 0.47 | |
| Factor Cemento | | | |
| | | Factor Cemento | 459.6 Kg/m ³ |
| | | Factor Cemento | 10.8 Bolsas |
| Estimación del Contenido de Agregado Grueso | Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto: | 0.58 | |
| | | Peso del Agregado Grueso: | 930 Kg/m ³ |
| Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los Materiales | | | |
| | | Cemento | 0.146 m ³ |
| | | Agua | 0.216 m ³ |
| | | Aire | 0.025 m ³ |
| | | Agregado Grueso | 0.344 m ³ |
| | | Suma de Volúmenes | 0.731 m ³ |
| Estimación del Contenido de Agregado Fino | Volumen Absoluto del Agregado Fino | 0.269 m ³ | |
| | | Peso Seco del Agregado Fino | 707.6 Kg/m ³ |
| Cantidad de Materiales a ser empleados como Valores de Diseño por m ³ | | | |
| | | Cemento | 459.6 Kg/m ³ |
| | | Agua | 216 Lt/m ³ |
| | | Agregado Fino Seco | 707.5 Kg/m ³ |
| | | Agregado Grueso Seco | 930 Kg/m ³ |
| Cantidad de Materiales en Peso que se emplea en una Tonda de una Bolsa de Cemento: | | | |
| | | Cemento | 42.5 Kg/bolsa |
| | | Agua | 19.975 Lt/bolsa |
| | | Agregado Fino Seco | 65.4 Kg/bolsa |
| | | Agregado Grueso Seco | 86.0 Kg/bolsa |

OBSERVACIONES:

Revisado: Tcn. Roy S.R.
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

| FECHA TOMA DE MUESTRAS | FECHA INICIO ENSAYO | COD. BUESTRAS O ACTIVIDAD | NUMERO DE INFORME |
|------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------|
| 01-06-22 | 06-06-22 | M-01 | SG- N°323/2022 |

SOLICITANTE:

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TÍTULO:

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
 DISTRITO : CHILCA
 PROVINCIA : HUANCAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGUN ASTM C33/C33M-18
- ACI PRC-211.1-91 PRACTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, PISADO + MASIVO

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Agregados en Uso : Agregado Grueso y Agregado Fino Profundidad : 0.00 m Altitud (Cota) : 3.213.00 m s.n.m.
 Cemento en Uso : Andino Tipo I Cantidad en Estado : Cantara del Distrito de Chusa Coordenadas UTM : H-47993 N 065430
 Aditivos en Uso : Sin Aditivo

Este Informe de Resultados solo afecta a los materiales e ensayos especificados en el contrato y no garantiza la calidad de los materiales suministrados por el contratista.

| DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO ACI 211.1-91 | | | |
|---|---------------|------------------------|------------------------|
| CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO | | | |
| Resistencia a la Compresión especificada del Concreto | f'c = | 280 | kg/cm ² |
| Resistencia promedio a la compresión del Concreto | f'cr = | 354 | kg/cm ² |
| MUESTRA: SUSTITUCIÓN DEL 100% DE AGREGADO FINO POR ESCORIA DE PIEDRA | | | |
| CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES | | | |
| Agregado Fino | | Agregado Grueso | |
| Peso Específico (SSD) | 2.63 | Tamaño Máximo Nominal | 1/2" |
| Absorción | 0.5 % | Peso Seco Compactado | 1604 kg/m ³ |
| Contenido de Humedad | 0.7 % | Peso Específico (SSD) | 2.71 |
| Módulo de Finura | 2.54 | Absorción | 0.5 % |
| | | Contenido de Humedad | 0.9 % |
| Cemento | | Aditivo | |
| Tipo de Cemento a Usar | Andino Tipo I | Tipo de Aditivo | --- |
| Peso Específico | 3.15 | Marca del Aditivo | --- |
| | | Densidad | --- |
| Agua | | Dosificación | |
| | Potable | | --- |

| DISEÑO DE MEZCLA | | |
|--|--|---|
| Selección del Asentamiento (Slump) | Tipo de Consistencia Asentamiento | Plástica 3" x 4" |
| Contenido de Aire a Considerar | Concreto Sin Aire Incorporado | 2.50 % |
| Volumen Unitario de Agua | | 216 Lt/m ³ |
| Relación Agua / Cemento | | 0.47 |
| Factor Cemento | Factor Cemento | 459.6 kg/m ³ |
| | Factor Cemento | 10.8 Bolsas |
| Estimación del Contenido de Agregado Grueso | Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto Peso del Agregado Grueso | 0.58 930 kg/m ³ |
| Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los Materiales | Cemento | 0.146 m ³ |
| | Agua | 0.216 m ³ |
| | Aire | 0.025 m ³ |
| | Agregado Grueso | 0.344 m ³ |
| | Suma de Volúmenes | 0.731 m ³ |
| Estimación del Contenido de Agregado Fino | Volúmen Absoluto del Agregado Fino Peso Seco del Agregado Fino | 0.269 m ³ 707.6 kg/m ³ |
| Cantidad de Materiales a ser empleados como Valores de Diseño por m ³ | Cemento | 459.6 kg/m ³ |
| | Agua | 216 Lt/m ³ |
| | Agregado Fino Seco | 707.6 kg/m ³ |
| | Agregado Grueso Seco | 930 kg/m ³ |
| Cantidad de Materiales en Peso que se emplea en una Tanda de una Bolsa de Cemento: | Cemento | 42.5 kg/bolsa |
| | Agua | 19.975 Lt/bolsa |
| | Agregado Fino Seco | 65.4 kg/bolsa |
| | Agregado Grueso Seco | 86.0 kg/bolsa |

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R.
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

| FECHA TOMA DE MUESTRAS | FECHA INICIO ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NÚMERO DE INFORME |
|------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| 01-06-22 | 06-06-22 | M-01 | SG. N°323/2022 |

SOLICITANTE:

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TÍTULO:
"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
 DISTRITO: CHILCA
 PROVINCIA: HUANCAYO
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGUN ASTM C39/C39M-18
- ACI PRC-311.1-01 PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, RESADO Y MASAS (REAPROBADO EN 2008).

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Agregados en Uso: Agregado Grueso y Agregado Fino Profundidad: 0.00 m Altitud (Cota): 3.213.00 m s.n.m.
 Cemento en Uso: Aceite Tipo I Cartera en Estudio: Cartera del Distrito de Chilca Coordenadas UTM: E 47585 N 89640
 Aditivos en Uso: Sin Aditivo

Este Informe de Resultados sólo aplica a los materiales o servicios suministrados en el laboratorio por escrito al LABORATORIO

| | | | |
|---|--|-------|-------------------|
| Proporción de los materiales sin ser corregidos por Humedad del Agregado | Cemento | 1 | Bolsa |
| | Agua | 19.98 | l/bolsa |
| | Agregado Fino Seco | 1.54 | |
| | Agregado Grueso Seco | 2.02 | |
| Corrección por Humedad de los Agregados | | | |
| Contenido de Humedad de los Agregados | Agregado Fino | 0.732 | % |
| | Agregado Grueso | 0.9 | % |
| Peso Húmedo de los Agregados | Agregado Fino | 712.8 | Kg/m ³ |
| | Agregado Grueso | 935.7 | Kg/m ³ |
| Humedad Superficial de los Agregados | Agregado Fino | 0.2 | % |
| | Agregado Grueso | 0.4 | % |
| Aporte de Humedad de los Agregados | Agregado Fino | 1.3 | l/m ³ |
| | Agregado Grueso | 4.0 | l/m ³ |
| | Aporte Total | 5.3 | l/m ³ |
| Agua Efectiva | Agua Efectiva | 210.7 | l/m ³ |
| Relación Agua / Cemento de Diseño | | 0.47 | |
| Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m ³ | Cemento | 459.5 | Kg/m ³ |
| | Agua Efectiva | 210.7 | l/m ³ |
| | Agregado Fino Húmedo | 712.8 | Kg/m ³ |
| | Agregado Grueso Húmedo | 935.7 | Kg/m ³ |
| | Porcentaje de Sustitución del A.F. | 100 | % |
| | Agregado Fino Húmedo Corregido Escoria de Piedra | 712.8 | |
| Relación Agua / Cemento Efectiva | | 0.46 | |
| Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de una bolsa de Cemento | Cemento | 42.5 | Kg/bolsa |
| | Agua Efectiva | 19.5 | l/bolsa |
| | Agregado Fino Húmedo | 0.0 | Kg/bolsa |
| | Agregado Grueso Húmedo | 86.9 | Kg/bolsa |
| | Escoria de Piedra | 85.9 | Kg/bolsa |
| Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado | Cemento | 1 | |
| | Agua Efectiva | 19.5 | l/bolsa |
| | Agregado Fino Húmedo | 0.00 | |
| | Agregado Grueso Húmedo Escoria de Piedra | 2.04 | |
| Proporción por Bolsa de Cemento: | C / AGUA / AF / AG / Escoria P | | |
| | 1 / 19.5 l / 0.00 / 2.04 / 1.55 | | |

OBSERVACIONES:

Revisado: Ing. Johnny R. D.
 Revisado: Ing. Johnny R. D.

SILVER GEOTEC S.A.C.
 Geotecnia y Geotecnia
 Laboratorio de Soles, Cienfuegos y Pinar del Rio

Ing. Ciro Johnny R. OLIVERA RAMÍREZ RUC 20601685624
 C.F.P. N° 001562 (Pag. 22)

| FECHA INICIAL DE ENSAYO | FECHA FINAL DE ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NÚMERO DE INFORME |
|-------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| 11-12-21 | 15-12-21 | M-01 | SG N° 013/2022 |

TSBR

BACH. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
 DISTRITO: CHILCA
 PROVINCIA: HUANCAYO
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

- PRÁCTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE CONCRETO RECIENTE MEZCLADO SEGUN ASTM C172-00
- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL ASENTAMIENTO DEL HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO SEGUN ASTM C-43 / C143M - 20

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modidad: Muestras por Laboratorio

Este informe de Resultados solo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO RECIENTE MEZCLADO

| Muestra | Tipo de Muestra | Asentamiento del Concreto (pulg) |
|---------|-----------------|----------------------------------|
| M-01 | Patrón | 3.5 pulg |
| M-02 | Patrón | 4.0 pulg |
| M-03 | Patrón | 3.7 pulg |

RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO RECIENTE MEZCLADO

| Muestra | Tipo de Muestra | Asentamiento del Concreto (pulg) |
|---------|--|----------------------------------|
| M-01 | Sustitución del 20% de Agregado fino por Escoria de Piedra | 4.0 pulg |
| M-02 | Sustitución del 20% de Agregado fino por Escoria de Piedra | 4.5 pulg |
| M-03 | Sustitución del 20% de Agregado fino por Escoria de Piedra | 4.0 pulg |

RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO RECIENTE MEZCLADO

| Muestra | Tipo de Muestra | Asentamiento del Concreto (pulg) |
|---------|--|----------------------------------|
| M-01 | Sustitución del 40% de Agregado fino por Escoria de Piedra | 5.0 pulg |
| M-02 | Sustitución del 40% de Agregado fino por Escoria de Piedra | 4.5 pulg |
| M-03 | Sustitución del 40% de Agregado fino por Escoria de Piedra | 5.5 pulg |

RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO RECIENTE MEZCLADO

| Muestra | Tipo de Muestra | Asentamiento del Concreto (pulg) |
|---------|--|----------------------------------|
| M-01 | Sustitución del 60% de Agregado fino por Escoria de Piedra | 5.5 pulg |
| M-02 | Sustitución del 60% de Agregado fino por Escoria de Piedra | 5.0 pulg |
| M-03 | Sustitución del 60% de Agregado fino por Escoria de Piedra | 6.0 pulg |

RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO RECIENTE MEZCLADO

| Muestra | Tipo de Muestra | Asentamiento del Concreto (pulg) |
|---------|--|----------------------------------|
| M-01 | Sustitución del 80% de Agregado fino por Escoria de Piedra | 6.0 pulg |
| M-02 | Sustitución del 80% de Agregado fino por Escoria de Piedra | 7.0 pulg |
| M-03 | Sustitución del 80% de Agregado fino por Escoria de Piedra | 6.5 pulg |

RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO RECIENTE MEZCLADO

| Muestra | Tipo de Muestra | Asentamiento del Concreto (pulg) |
|---------|---|----------------------------------|
| M-01 | Sustitución del 100% de Agregado fino por Escoria de Piedra | 6.0 pulg |
| M-02 | Sustitución del 100% de Agregado fino por Escoria de Piedra | 7.0 pulg |
| M-03 | Sustitución del 100% de Agregado fino por Escoria de Piedra | 7.5 pulg |

Realizado: Tec. Roy S.R.
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.
 Geotecnia Geofísica
 Laboratorio de Materiales, Geotecnia y Pavimentos
 Ing. Civil Johnny R. RAMÍREZ OLIVERA
 C.I.P. N° 204.183

RUC: 20901685524
 [Pag. 02]

| FECHA INICIO DE MUESTREO | FECHA FINAL DE ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NÚMERO DE INFORME |
|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| 28/06/2022 | 26/07/2022 | FE-12 | SG N°323/2022 |

SOLICITANTE:

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TESIS:

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
 DISTRITO: CHILCA
 PROVINCIA: HUANCAYO
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS:

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes de concreto (Laboratorio)
 ASTM C78/C78M-18 Resistencia a flexión en vigas con cargas en tercios del tramo

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Tipo de Ensayo: Flexión de vigas de 150 mm x 150 mm x 480 mm de longitud a los 7 días
 Modalidad: Muestreo, curado, molde y curado en Laboratorio
 Método de Muestreo: ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS CON CARGAS EN TERCIOS DEL TRAMO SEGÚN ASTM C78/C78M-18

| N° | Código de la Viga | Fecha de Muestreo | Fecha de Ensayo | Edad Ensayo (días) | Ancho y Alto Promedio (mm) | Longitud Promedio (mm) | Carga Máxima (kN) | Módulo de Rotura (Mpa) | Módulo de Rotura (kg/cm ²) | Zona de Fractura | Tipo de Estructura |
|----|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|--|------------------|---|
| 1 | FE-12-01 | 26/06/2022 | 26/07/2022 | 28 días | 150 mm | 480 mm | 32.26 kN | 4.59 | 46.79 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 100% Escoria P. f _c = 280 kg/cm ² |
| 2 | FE-12-02 | 28/06/2022 | 26/07/2022 | 28 días | 150 mm | 480 mm | 34.12 kN | 4.85 | 49.48 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 100% Escoria P. f _c = 280 kg/cm ² |
| 3 | FE-12-03 | 28/06/2022 | 26/07/2022 | 28 días | 150 mm | 480 mm | 33.15 kN | 4.71 | 48.08 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 100% Escoria P. f _c = 280 kg/cm ² |
| | | | | | | | 33.18 kN | 4.72 | 48.12 | | |

Este Informe de Resultados sólo sirve a los efectos de información y no deberá utilizarse para nada que se le atribuya por escrito al LABORATORIO.

NOTAS:

- Las vigas han sido moldeadas en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado.
- Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PRINZLAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-16.

CRISTIANOS/UMLS:

Revisado: Tec. Hcy S.R.
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.
 GEOTECNIA GEOFINCA
 Laboratorio de Ensayos, Diseño y Peritaje

Ing. Civil Johnny R. JUAN OLIVERA
 C.I.P. N° 251432

RUC: 20601685524
 [Pag. 12]

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

| FECHA INICIO DE MUESTREO | FECHA FINAL DE ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NUMERO DE INFORME |
|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| 28/06/2022 | 12/07/2022 | FE-11 | SG N°323/2022 |

SOLICITANTE:

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TESIS:
"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
DISTRITO: CHILCA
PROVINCIA: HUANCAYO
DEPARTAMENTO: JUNÍN

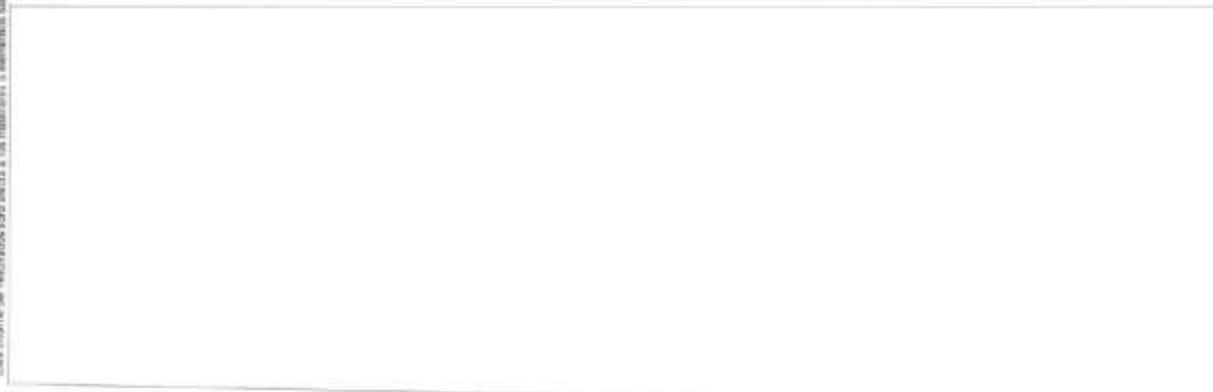
REFERENCIAS NORMATIVAS:
ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes cilíndricos (laboratorio)
ASTM C78/C78M-18 Resistencia a flexión en vigas con cargas en tercios del tramo

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:
Tipo de Ensayo: Flexión de vigas de 150 mm x 150 mm x 480 mm de longitud a 106.7 días
Modalidad: Muestras, curado, molde y cubiertas en Laboratorio
Método de Muestreo: ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS CON CARGAS EN TERCIOS DEL TRAMO SEGÚN ASTM C78/C78M-18

| N° | Código de la Viga | Fecha de Muestreo | Fecha de Ensayo | Edad Ensayo (días) | Ancho y Alto Promedio (mm) | Longitud Promedio (mm) | Carga Máxima (kN) | Módulo de Rotura (Mpa) | Módulo de Rotura (kg/cm²) | Zona de Fractura | Tipo de Estructura |
|----|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|------------------|--|
| 1 | FE-11_01 | 28/06/2022 | 12/07/2022 | 14 días | 150 mm | 480 mm | 27.52 kN | 3.91 | 39.91 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 100% Escoria P. f.c = 280 kg/cm² |
| 2 | FE-11_02 | 28/06/2022 | 12/07/2022 | 14 días | 150 mm | 480 mm | 25.12 kN | 3.57 | 36.43 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 100% Escoria P. f.c = 280 kg/cm² |
| 3 | FE-11_03 | 28/06/2022 | 12/07/2022 | 14 días | 150 mm | 480 mm | 24.36 kN | 3.46 | 35.33 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 100% Escoria P. f.c = 280 kg/cm² |
| | | | | | | | 25.67 kN | 3.65 | 37.22 | | |

Este informe de resultados solo afecta a las matrices o elementos sometidos a ensayo y no abarca representativa plenamente en la aplicación por estar en LABORATORIO



- NOTAS:**
- 1) Las vigas han sido moldeadas en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
 - 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PNEUMATICA, modelo PC-42, serie 497 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/s en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

ELABORACION:

Elaborado: Tec. Roly S.R.
Revisado: Ing. Johnny B.O.

SILVER GEOTEC S.A.C.
CENTRAL GEOTECNICA
Laboratorio de Resistencia de Concreto y Pavimentos

Ing. Civil Johnny B. OLIVERA RAMÍREZ
C.C.P. N° 20433

RUC: 2060186524
[Pág. 11]

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

| FECHA INICIO DE MUESTREO | FECHA FINAL DE ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NUMERO DE INFORME |
|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| 26/06/2022 | 24/07/2022 | FE-10 | SG N°323/2022 |

SOLICITANTE:
 Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TESIS:
 "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:
 UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
 DISTRITO : CHILCA
 PROVINCIA : HUANCAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS:
 ASTM C193/C193M-15 Elaboración y curado / experimentos conéctos (Laboratorio)
 ASTM C78/C78M-18 Resistencia a flexión en vigas con cargas en tercios del tramo

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:
 Tipo de Ensayo : Flexión de vigas de 150 mm x 150 mm x 480 mm de longitud a los 28 días
 Modalidad : Muestreo, curado, inspección y custodia en Laboratorio
 Método de Muestreo : ASTM C193/C193M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS CON CARGAS EN TERCIOS DEL TRAMO SEGÚN ASTM C78/C78M-18

| N° | Código de la Viga | Fecha de Muestreo | Fecha de Ensayo | Edad Ensayo (días) | Ancho y Alto Promedio (mm) | Longitud Promedio (mm) | Carga Máxima (kN) | Módulo de Rotura (Mpa) | Módulo de Rotura (kg/cm²) | Zona de Fractura | Tipo de Estructura |
|----|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|------------------|--|
| 1 | FE-10_01 | 26/06/2022 | 24/07/2022 | 28 días | 150 mm | 480 mm | 37.15 kN | 5.28 | 53.86 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 80% Escoria P. fc=280 kg/cm2 |
| 2 | FE-10_02 | 26/06/2022 | 24/07/2022 | 28 días | 150 mm | 480 mm | 35.26 kN | 5.01 | 51.14 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 80% Escoria P. fc=280 kg/cm2 |
| 3 | FE-10_03 | 26/06/2022 | 24/07/2022 | 28 días | 150 mm | 480 mm | 34.85 kN | 4.96 | 50.54 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 80% Escoria P. fc=280 kg/cm2 |
| | | | | | | | 35.75 kN | 5.08 | 51.85 | | |

Este Informe de Resultados solo sirve a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO.

NOTAS:
 1) Las Vigas han sido moldeadas en conformidad con la Norma ASTM C193/C193M-15 por personal técnico capacitado
 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PMZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 KN. Aplicado una velocidad de carga de 2.0 kN/sig en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-16

REGISTRACIONES:
 Realizado: Dc. Rly S.R.
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

 **SILVER GEOTEC S.A.C.**
 Geotecnia Geotécnica
 Laboratorio de Suelos, Cemento y Perforación
 Ing. Civil Johnny R. OLIVERA
 C.I.P. N° 2041303

RUC: 20601685524
 [Pág. 10]

| FECHA INICIO DE MUESTREO | FECHA FINAL DE ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NUMERO DE INFORME |
|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| 26/06/2022 | 10/07/2022 | FE-09 | SG. N°323/2022 |

SOLICITANTE

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TESIS

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S A C
 DISTRITO : CHILCA
 PROVINCIA : HUANCAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS:

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes cilindro (Laboratorio)
 ASTM C78/C78M-16 Resistencia a flexión en vigas con cargas en tercios del tramo

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Tipo de Ensayo : Flexión de vigas de 150 mm x 150 mm x 480 mm de longitud a los 14 días
 Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y curado en Laboratorio
 Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS CON CARGAS EN TERCIOS DEL TRAMO SEGÚN ASTM C78/C78M-16

| N° | Código de la Viga | Fecha de Muestreo | Fecha de Ensayo | Edad Ensayo (días) | Ancho y Alto Promedio (mm) | Longitud Promedio (mm) | Carga Máxima (kN) | Módulo de Rotura (Mpa) | Módulo de Rotura (kg/cm ²) | Zona de Fractura | Tipo de Estructura |
|----|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|--|------------------|---|
| 1 | FE-09_01 | 26/06/2022 | 10/07/2022 | 14 días | 150 mm | 480 mm | 30.25 kN | 4.30 | 43.87 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 80% Escoria P. f _c =280 Kg/cm ² |
| 2 | FE-09_02 | 26/06/2022 | 10/07/2022 | 14 días | 150 mm | 480 mm | 29.55 kN | 4.25 | 43.29 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 80% Escoria P. f _c =280 Kg/cm ² |
| 3 | FE-09_03 | 26/06/2022 | 10/07/2022 | 14 días | 150 mm | 480 mm | 28.53 kN | 4.07 | 41.52 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 80% Escoria P. f _c =280 Kg/cm ² |
| | | | | | | | 29.58 kN | 4.21 | 42.89 | | |

Este informe de resultados sólo aplica a los materiales o cementos especificados a menos que se indique lo contrario en la aprobación por escrito del LABORATORIO.

NOTAS:

- Las vigas fueron moldeadas en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado.
- Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PRUZAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/sq en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15.

OBSERVACIONES:

Realizado: Tec. Rby S.R.
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.
 GEOTECNIA CONSULTING
 Laboratorio de Suelos, Cemento y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. EMMANUEL OLIVERA
 C.I. N° 2017392

RUC: 2060168524
 [Fºq. GR]



Angel Fernández Guerra N° 2099 las 104 Dpto. Lima
 Felipe Nietes N° 122 152 Chilca Huancayo
 Telf: 064712621/796408888/7925291504
 Correo: administracion@silvergeotec.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

| FECHA INICIO DE MUESTREO | FECHA FINAL DE ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NÚMERO DE INFORME |
|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| 23/06/2022 | 21/07/2022 | FE-06 | SG N°323/2022 |

SOLICITANTE:

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TESIS

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
 DISTRITO: CHILCA
 PROVINCIA: HUANCAYO
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS:

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado de especímenes cilíndricos (Laboratorio)
 ASTM C78/C78M-18 Resistencia a flexión en vigas con cargas en tercios del tramo

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Tipo de Ensayo: Flexión de vigas de 150 mm x 150 mm x 480 mm de longitud a los 28 días
 Modalidad: Muestras curadas, moldeadas y curadas en Laboratorio
 Método de Muestreo: ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS CON CARGAS EN TERCIOS DEL TRAMO SEGÚN ASTM C78/C78M-18

| N° | Código de la Viga | Fecha de Muestreo | Fecha de Ensayo | Edad Ensayo (días) | Ancho y Alto Promedio (mm) | Longitud Promedio (mm) | Carga Máxima (kN) | Módulo de Rotura (Mpa) | Módulo de Rotura (kg/cm²) | Zona de Fractura | Tipo de Estructura |
|----|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|------------------|--|
| 1 | FE-06-01 | 23/06/2022 | 21/07/2022 | 28 días | 150 mm | 480 mm | 39.27 kN | 5.59 | 56.96 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 60% Escoria P. f _c = 283 Kg/cm ² |
| 2 | FE-06-02 | 23/06/2022 | 21/07/2022 | 28 días | 150 mm | 480 mm | 37.63 kN | 5.35 | 54.57 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 60% Escoria P. f _c = 283 Kg/cm ² |
| 3 | FE-06-03 | 23/06/2022 | 21/07/2022 | 28 días | 150 mm | 480 mm | 40.15 kN | 5.71 | 58.23 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 60% Escoria P. f _c = 280 Kg/cm ² |
| | | | | | | | 39.02 kN | 5.55 | 56.58 | | |

Este informe de resultados solo aplica a los materiales o elementos, símbolos e ensayos y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO.

NOTAS

- Las vigas fueron moldeadas en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicaron una velocidad de carga de 2.0 kN/sig en conformidad con la Norma ASTM C78/C78M-18

REGISTRACIONES:

Realizado: Tec. Roy S.R
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

Ing. Civil Johnny R. JAYMUNDO OLIVERA
 C.I.P. N° 2043462

RUC: 20601605524
 (Pág. 05)



Av. José Pardo 1000, Lima 1000, Perú
 Calle 1000, Lima 1000, Perú
 Telf: 00511 252111 / 00511 25211111
 E-mail: geotec@silvergeotec.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

| FECHA INICIO DE MUESTREO | FECHA FINAL DE ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NÚMERO DE REPORTE |
|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| 23/06/2022 | 07/07/2022 | FE-07 | SG. N° 323/2022 |

SOLICITANTE:

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TEMAS:

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
 DISTRITO: CHILCA
 PROVINCIA: HUANCAYO
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS:

ASTM C190/C190M-15 Preparación y curado de especímenes de concreto (Laboratorio)
 ASTM C78/C78M-18 Resistencia a flexión en vigas con cargas en tercios del tramo

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Tipo de Ensayo: Flexión de vigas de 150 mm x 150 mm x 480 mm de longitud a los 14 días
 Modalidad: Muestras cubros, rodaje y curado en Laboratorio
 Método de Muestreo: ASTM C190/C190M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS CON CARGAS EN TERCIOS DEL TRAMO SEGÚN ASTM C78/C78M-18

| N° | Código de la Viga | Fecha de Muestras | Fecha de Ensayo | Edad Ensayo (días) | Ancho y Alto Promedio (mm) | Longitud Promedio (mm) | Carga Máxima (kN) | Módulo de Rotura (Mpa) | Módulo de Rotura (kg/cm²) | Zona de Fractura | Tipo de Estructura |
|----|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|------------------|--|
| 1 | FE-07-01 | 23/06/2022 | 07/07/2022 | 14 días | 150 mm | 480 mm | 33.25 kN | 4.73 | 40.22 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 60% Escoria P. fc=280 kg/cm2 |
| 2 | FE-07-02 | 23/06/2022 | 07/07/2022 | 14 días | 150 mm | 480 mm | 32.63 kN | 4.64 | 47.32 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 50% Escoria P. fc=280 kg/cm2 |
| 3 | FE-07-03 | 23/06/2022 | 07/07/2022 | 14 días | 150 mm | 480 mm | 34.68 kN | 4.93 | 50.30 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 50% Escoria P. fc=280 kg/cm2 |
| | | | | | | | 33.52 kN | 4.77 | 48.61 | | |

Este informe de resultados solo afecta a los materiales o elementos sometidos a determinados ensayos y no deberá reproducirse parcialmente en la impresión por escrito en LABORATORIO

NOTAS:
 1) Las vigas han sido moldeadas en conformidad con la Norma ASTM C190/C190M-15 por personal técnico capacitado
 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/sq en conformidad con la Norma ASTM C29/C29M-15.

DESIGNACIONES:

 Realizado: Tte. Roy S.R.
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
 C.T.P. N° 504333

RUC 20601685524
(Pg. 07)

| FECHA INICIO DE MUESTRO | FECHA FINAL DE ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NÚMERO DE INFORME |
|-------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| 21/06/2022 | 19/07/2022 | FE-06 | SG N°303/2022 |

SOLICITANTE:

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TESIS:

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S A C
 DISTRITO : CHILCA
 PROVINCIA : HUANCAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS:

ASTM C192/C192M-15 Fijación y curado (especímenes concretos) (laboratorio)
 ASTM C78/C78M-18 Resistencia a flexión en vigas con cargas en tercios del tramo

TOMA DE MUESTRAS O ACTUANDO:

Tipo de Ensayo : Flexión de vigas de 150 mm x 150 mm x 480 mm de longitud a los 28 días
 Modalidad : Muestreo, curado, ensayo y evaluación en Laboratorio
 Método de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS CON CARGAS EN TERCIOS DEL TRAMO SEGÚN ASTM C78/C78M-18

| N° | Código de la viga | Fecha de Muestreo | Fecha de Ensayo | Edad Ensayo (días) | Ancho y Alto Promedio (mm) | Longitud Promedio (mm) | Carga Máxima (kN) | Módulo de Rotura (Mpa) | Módulo de Rotura (kg/cm ²) | Zona de Fractura | Tipo de Estructura |
|----|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|--|------------------|--|
| 1 | FE-06_01 | 21/06/2022 | 19/07/2022 | 28 días | 150 mm | 480 mm | 42.12 kN | 5.99 | 61.09 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 40% Escoria P. f _c = 263 kg/cm ² |
| 2 | FE-06_02 | 21/06/2022 | 19/07/2022 | 28 días | 150 mm | 480 mm | 44.36 kN | 5.31 | 64.33 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 40% Escoria P. f _c = 263 kg/cm ² |
| 3 | FE-06_03 | 21/06/2022 | 19/07/2022 | 28 días | 150 mm | 480 mm | 40.25 kN | 5.72 | 58.37 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 40% Escoria P. f _c = 260 kg/cm ² |
| | | | | | | | 42.24 kN | 6.01 | 61.26 | | |

Este informe de resultados solo aplica a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá replicarse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

NOTAS:

- Las vigas han sido moldeadas en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal debidamente capacitado
- Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/sig en conformidad con la Norma ASTM C29/C39M-15.

ORGANIZACIONES:

Realizado: Tec. Pety S.P.
 Revisado: Ing. Johnny R. G.

 **SILVER GEOTEC S.A.C.**
 Competencia, Calidad
 Laboratorio de Ensayos, Control y Percepción

Ing. Civil Johnny R. RAMÍREZ OLIVERA
 0-137- 97 251412

RUC: 20601635524
 [Pág. 06]

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

| FECHA INICIO DE MUESTREO | FECHA FINAL DE ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NÚMERO DE INFORME |
|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| 21/06/2022 | 05/07/2022 | FE-05 | IG. N° 323/2022 |

SOLICITANTE:
 Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TÍTULO:
 "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:
 UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S A C
 DISTRITO: CHILCA
 PROVINCIA: HUANCAYO
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS:
 ASTM C193/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concretos (Laboratorio)
 ASTM C78/C78M-18 Resistencia a flexión en vigas con cargas en tercios del tramo

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:
 Tipo de Ensayo: Flexión de vigas de 150 mm x 150 mm x 480 mm de longitud a los 14 días
 Modalidad: Muestreo, curado, moldeo y curado en Laboratorio
 Método de Muestreo: ASTM C193/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS CON CARGAS EN TERCIOS DEL TRAMO SEGÚN ASTM C78/C78M-18

| N° | Código de la Viga | Fecha de Muestreo | Fecha de Ensayo | Edad Ensayo (días) | Ancho y Alto Promedio (mm) | Longitud Promedio (mm) | Carga Máxima (kN) | Módulo de Rotura (Mpa) | Módulo de Rotura (kg/cm ²) | Zona de Fractura | Tipo de Estructura |
|----|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|--|------------------|--|
| 1 | FE-05_01 | 21/06/2022 | 05/07/2022 | 14 días | 150 mm | 480 mm | 34.36 kN | 4.89 | 49.63 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 40% Escoria P. Fc = 280 Kg/cm ² |
| 2 | FE-05_02 | 21/06/2022 | 05/07/2022 | 14 días | 150 mm | 480 mm | 36.62 kN | 5.21 | 53.11 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 40% Escoria P. Fc = 280 Kg/cm ² |
| 3 | FE-05_03 | 21/06/2022 | 05/07/2022 | 14 días | 150 mm | 480 mm | 38.12 kN | 5.42 | 55.78 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 40% Escoria P. Fc = 280 Kg/cm ² |
| | | | | | | | 36.37 kN | 5.17 | 52.74 | | |

Este informe de resultados solo aplica a los materiales, a muestras, a series de muestras, a series de ensayos y no a otros representativos parámetros de la aplicación por escrito de LABORATORIO.

NOTAS:
 1) Las vigas han sido moldeadas en conformidad con la norma ASTM C193/C192M-15 por personal técnico capacitado.
 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZAR LTDA, modelo PC 42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicado una velocidad de carga de 2.0 kN/s en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15.

RESERVACIONES:
 Realizado: Fco. Ruy S.R.
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.
 Ingeniería Civil
 Laboratorio de Suelos, Cemento y Pavimentos

Ing. Civil Johnny R. RAMÍREZ OLIVERA
 C.E.P. N° 204332

RUC: 20801685524
 [Pág. 05]



Av. José Pardo 1000, Urb. Los Olivos, Lima
 Pasaje N° 122, 150 Chloa, Huancayo
 Telf: 043 12071 / 76484688 / 765497544
 E-mail: info@silvergeotec.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

| FECHA INICIO DE MUESTREO | FECHA FINAL DE ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NÚMERO DE INFORME |
|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| 19/06/2022 | 17/07/2022 | FE-04 | SG N°323/2022 |

SOLICITANTE

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TESIS

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C
 DISTRITO : CHILCA
 PROVINCIA : HUANCAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS:

ASTM C150/C150M-15 Elaboración y curado / especímenes concieno (Laboratorio)
 ASTM C78/C78M-18 Resistencia a flexión en vigas con cargas en tercios del tramo

TOMA DE MUESTRAS O ECTIVIDAD:

Tipo de Ensayo : Flexión de vigas de 150 mm x 150 mm x 480 mm de longitud a los 28 días
 Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio
 Metodo de Muestreo : ASTM C150/C150M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS CON CARGAS EN TERCIOS DEL TRAMO SEGÚN ASTM C78/C78M-18

| N° | Código de la Viga | Fecha de Muestreo | Fecha de Ensayo | Edad Ensayo (días) | Ancho y Alto Promedio (mm) | Longitud Promedio (mm) | Carga Máxima (kN) | Módulo de Rotura (Mpa) | Módulo de Rotura (kg/cm²) | Zona de Fractura | Tipo de Estructura |
|----|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|------------------|--|
| 1 | FE-04-01 | 19/06/2022 | 17/07/2022 | 28 días | 150 mm | 480 mm | 40.12 kN | 5.71 | 55.18 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 20% Escoria P. fc = 280 Kg/cm2 |
| 2 | FE-04-02 | 19/06/2022 | 17/07/2022 | 28 días | 150 mm | 480 mm | 39.39 kN | 5.60 | 57.13 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 20% Escoria P. fc = 280 Kg/cm2 |
| 3 | FE-04-03 | 19/06/2022 | 17/07/2022 | 28 días | 150 mm | 480 mm | 38.38 kN | 5.46 | 55.66 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 20% Escoria P. fc = 280 Kg/cm2 |
| | | | | | | | 39.30 kN | 5.59 | 55.99 | | |

Este informe de resultados solo aplica a los materiales o cementos, separados e ensayados y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

NOTAS

- Las vigas han sido moldeadas en conformidad con la Norma ASTM C150/C150M-15 por personal técnico capacitado
- Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PRUJAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/sig en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

ORIGINACIONES

Realizado: Tec. Aty S.R.
 Revisado: Ing. Jhony S. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.
 Ingeniería Geotécnica
 Laboratorio de Soles, Cimentación y Pavimentos

Ing. Civil Jhony S. RAMÍREZ OLIVERA
 C.E.P. N° 2043122

RUC: 20601685574
 [Pág. 04]

| FECHA INICIO DE MUESTREO | FECHA FINAL DE ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NUMERO DE INFORME |
|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| 19/06/2022 | 03/07/2022 | FE-03 | SG N°323/2022 |

SOLICITANTE:

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TESIS:

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
DISTRITO: CHILCA
PROVINCIA: HUANCAYO
DEPARTAMENTO: JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS:

ASTM C190/C190M-15 Especificación y curado / especímenes concritos (Laboratorio)
ASTM C78/C78M-18 Resistencia a flexión en vigas con cargas en tercios del tramo

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Tipo de Ensayo: Flexión de vigas de 150 mm x 150 mm x 480 mm de longitud a los 14 días
Modalidad: Muestras curadas, moldeo y curado en Laboratorio
Metodo de Muestreo: ASTM C190/C190M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS CON CARGAS EN TERCIOS DEL TRAMO SEGÚN ASTM C78/C78M-18

| N° | Código de la Viga | Fecha de Muestreo | Fecha de Ensayo | Edad Ensayo (días) | Ancho y Alto Promedio (mm) | Longitud Promedio (mm) | Carga Máxima (kN) | Módulo de Rotura (Mpa) | Módulo de Rotura (kg/cm ²) | Zona de Fractura | Tipo de Estructura |
|----|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|--|------------------|--|
| 1 | FE-03_01 | 19/06/2022 | 03/07/2022 | 14 días | 150 mm | 480 mm | 33.30 kN | 4.74 | 48.29 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 20% Escoria P. f _c = 280 Kg/cm ² |
| 2 | FE-03_02 | 19/06/2022 | 03/07/2022 | 14 días | 150 mm | 480 mm | 32.14 kN | 4.57 | 46.61 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 20% Escoria P. f _c = 280 Kg/cm ² |
| 3 | FE-03_03 | 19/06/2022 | 03/07/2022 | 14 días | 150 mm | 480 mm | 31.31 kN | 4.45 | 45.41 | Tercio medio | ACI 211 - Sust. 20% Escoria P. f _c = 280 Kg/cm ² |
| | | | | | | | 32.25 kN | 4.50 | 46.77 | | |

Este informe de resultados sólo afecta a los muestreos o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente en la aprobación por escrito de LABORATORIO.

NOTAS:

- Las vigas fueron moldeadas en conformidad con la Norma ASTM C190/C190M-15 por personal técnico capacitado.
- Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PRUZAR LTDA, modelo PC-42, serie 407 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/s en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-19.

PREPARADO:

Elaborado: Tec. Rly S.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.
Geotecnia Civil
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

Ing. Civil Johnny R. OLIVERA RAMÍREZ
C.T.P. N° 204332

RUC: 2060166324
[Pág. 03]

| FECHA INICIO DE MUESTREO | FECHA FINAL DE ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NÚMERO DE INFORME |
|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| 11/06/2022 | 09/07/2022 | FE-02 | SG N°323/2022 |

SOLICITANTE
Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TESIS
"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:
UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
DISTRITO: CHILCA
PROVINCIA: HUANCAYO
DEPARTAMENTO: JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS:
ASTM C193C/192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)
ASTM C78/C78M-18 Resistencia a flexión en vigas con cargas en tercios del tramo

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:
Tipo de Ensayo: Flexión de vigas de 150 mm x 150 mm x 480 mm de longitud x 28 días
Modalidad: Muestras: curado, moldeo y colado en Laboratorio
Método de Muestreo: ASTM C193C/192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS CON CARGAS EN TERCIOS DEL TRAMO SEGÚN ASTM C78/C78M-18

| N° | Código de la Viga | Fecha de Muestreo | Fecha de Ensayo | Edad Ensayo (días) | Ancho y Alto Promedio (mm) | Longitud Promedio (mm) | Carga Máxima (kN) | Módulo de Rotura (MPa) | Módulo de Rotura (kg/cm ²) | Zona de Fractura | Tipo de Esímchen |
|----|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|--|------------------|--|
| 1 | FE-02_01 | 11/06/2022 | 09/07/2022 | 28 días | 150 mm | 480 mm | 36.66 kN | 5.50 | 56.07 | Tercio medio | ACI 211 - PATRÓN f _c = 280 kg/cm ² |
| 2 | FE-02_02 | 11/06/2022 | 09/07/2022 | 28 días | 150 mm | 480 mm | 39.53 kN | 5.62 | 57.33 | Tercio medio | ACI 211 - PATRÓN f _c = 280 kg/cm ² |
| 3 | FE-02_03 | 11/06/2022 | 09/07/2022 | 28 días | 150 mm | 480 mm | 35.41 kN | 5.04 | 51.35 | Tercio medio | ACI 211 - PATRÓN f _c = 280 kg/cm ² |
| | | | | | | | 37.87 kN | 5.39 | 54.92 | | |

Este informe de resultados está sujeto a los términos y condiciones de uso de los servicios de este laboratorio.

NOTAS:
1) Las vigas han sido moldeadas en conformidad con la Norma ASTM C193C/192M-15 por personal técnico capacitado
2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PRUJAR LTDA, modelo PC-47, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicó una velocidad de carga de 2.0 kN/sig en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15.

ORGANIZACIÓN:
Realizado: Prc. Pby S.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

 **SILVER GEOTEC S.A.C.**
CENTRO GERENTE
Laboratorio de Ensayos, Control y Peritaje

Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.P. 87204128

RUC: 20601685524
(Pág. 02)

| FECHA INICIO DE MUESTREO | FECHA FINAL DE ENSAYO | COD. MUESTRA O ACTIVIDAD | NÚMERO DE INFORME |
|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| 11/06/2022 | 25/06/2022 | FE-01 | SG_N°323/2022 |

SOLICITANTE

Bach. JUAN OLIVERA RAMÍREZ

TESIS

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS AL SUSTITUIR EL AGREGADO FINO NATURAL POR ESCORIA DE PIEDRA"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
 DISTRITO : CHILCA
 PROVINCIA : HUANCAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM C150/C150M-15 Elaboración y curado / especificaciones concreto (Laboratorio)
 ASTM C78/C78M-18 Resistencia a flexión en vigas con cargas en tercios del tramo

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Tipo de Ensayo : Flexión de vigas de 150 mm x 150 mm x 480 mm de longitud a los 14 días
 Modalidad : Muestreo, curado, ensayo y curado en Laboratorio
 Método de Muestreo : ASTM C150/C150M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS CON CARGAS EN TERCIOS DEL TRAMO SEGÚN ASTM C78/C78M-18

| N° | Código de la Viga | Fecha de Muestreo | Fecha de Ensayo | Edad Ensayo (días) | Ancho y Alto Promedio (mm) | Longitud Promedio (mm) | Carga Máxima (kN) | Módulo de Rotura (Mpa) | Módulo de Rotura (kg/cm²) | Zona de Fractura | Tipo de Estructura |
|----|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|------------------|----------------------------------|
| 1 | FE-01_01 | 11/06/2022 | 25/06/2022 | 14 días | 150 mm | 480 mm | 29.40 kN | 4.18 | 42.64 | Tercio medio | ACI 211 - PATRÓN Fc = 280 kg/cm² |
| 2 | FE-01_02 | 11/06/2022 | 25/06/2022 | 14 días | 150 mm | 480 mm | 29.46 kN | 4.19 | 42.72 | Tercio medio | ACI 211 - PATRÓN Fc = 280 kg/cm² |
| 3 | FE-01_03 | 11/06/2022 | 25/06/2022 | 14 días | 150 mm | 480 mm | 34.18 kN | 4.86 | 49.57 | Tercio medio | ACI 211 - PATRÓN Fc = 280 kg/cm² |
| | | | | | | | 31.01 kN | 4.41 | 44.98 | | |

Este Informe de Resultados sólo sirve a los materiales o elementos ensayados y no deberá repetirse para otros materiales sin la aprobación por escrito de LABORATORIO.

NOTAS:

- Las vigas han sido moldeadas en conformidad con la Norma ASTM C150/C150M-15 por personal técnico capacitado.
- Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PNUJAR LTDA, modelo PG-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 7.0 kN/sig en conformidad con la Norma ASTM C38/C38M-18.

REGISTRACIONES:

Realizado: Tec. Roly S.R.
 Revisado: Ing. Johnny R. O.



SILVER GEOTEC S.A.C.
 Ingeniería Geotécnica
 Laboratorio de Suelos, Cimentación y Pavimentos
 Ing. PhD. Johnny R. OLIVERA RAMIRO
 C.P. N° 201175

RUC: 20601605574
 [Pg. 01]

Anexo N° 03: certificados de calibración de los instrumentos de laboratorio

Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

TEST & CONTROL S.A.C.

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Calle Condesa de Lemos N° 117, Urb. San Miguelito, distrito de San Miguel, provincia de Lima y departamento de Lima

Con base en la norma:

NTP-ISO/IEC 17025 2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-05P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo

Fecha de Renovación: 24 de marzo de 2019

Fecha de Vencimiento: 23 de marzo de 2023

ESTELA CONTRERAS JUGO
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Celula N° : 230-2019-INACAL/DA
Contrato N° : Admón al Contrato de Acreditación 17004-18/INACAL/DA
Registro N° : LC-016

Fecha de emisión: 05 de junio de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Acuerdo de Acreditación y validez de modificación (tanto que el mismo puede estar sujeto a modificaciones, actualizaciones y ampliaciones) siempre que el titular y sus representantes estén inscritos en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion de conformidad al contenido de la presente certificación.
La Dirección de Acreditación de INACAL es formada del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (ARM) del Inter American Accreditation Co-operation (IAAC) e Internacional Accreditation Forum (IAAF) y de Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M-Vol. 02

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 09902 - 2022

Proforma : 11317 Fecha de Emisión : 2022-08-10

SOLICITANTE : SILVER GEOTEC S.A.C.
Dirección : P.J. NUÑEZ NRO. 122 JUNÍN-HUANCAYO-CHILCA

EQUIPO : HORNO
Marca : A&A INSTRUMENTS
Modelo : STHX-1A
Número de Serie : 16635
Identificación : NO INDICA
Procedencia : NO INDICA
Circulación del aire : Ventilación natural
Ubicación : LABORATORIO
Fecha de Calibración : 2022-06-07

Instrumento de Medición del Equipo :

| | Tipo | Alcance | Resolución |
|------------|---------|---------------|------------|
| Termómetro | DIGITAL | 0 °C a 300 °C | 0,1 °C |
| Selector | DIGITAL | 0 °C a 300 °C | 0,1 °C |

LUGAR DE LA CALIBRACIÓN
Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-018 2da edición, Junio 2009: "Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático" publicada por el SNM/ INDECOPI.

CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

| | Temperatura | Humedad | Tensión |
|---------|-------------|---------|---------|
| Inicial | 14,6 °C | 56 %hr | 221 V |
| Final | 15 °C | 51 %hr | 221 V |

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

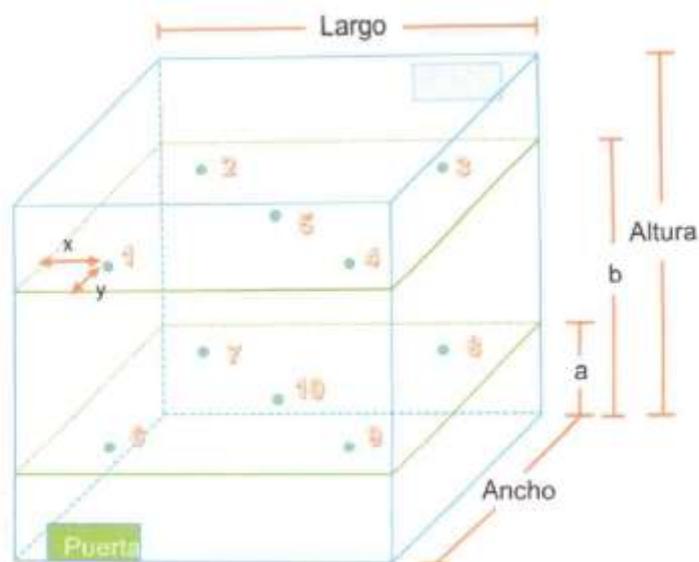


Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

TRAZABILIDAD

| Trazabilidad | Patrones de Trabajo | Certificado de Calibración |
|--------------------------------|---|----------------------------|
| Patrones de Referencia del SAT | Indicador digital con termopares tipo K con incertidumbres del orden desde 0,16 °C hasta 0,18 °C. | LT-0849-2021 |

UBICACIÓN DE LOS SENSORES DENTRO DEL MEDIO ISOTERMO



Largo : 50,0 cm a : 5,0 cm x : 6,0 cm
 Ancho : 38,0 cm b : 34,0 cm y : 5,0 cm
 Altura : 50,0 cm

Los termopares 5 y 10 se ubicaron en el centro de su respectivos niveles.
 El medio isoterma tenía 2 parrillas al momento de iniciar la calibración.

NOMENCLATURA DE ABREVIATURAS

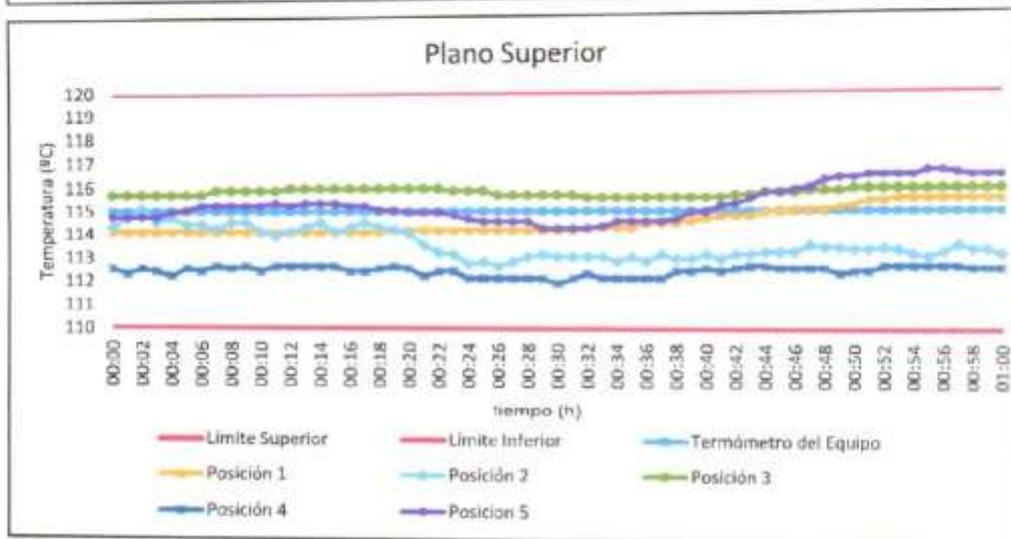
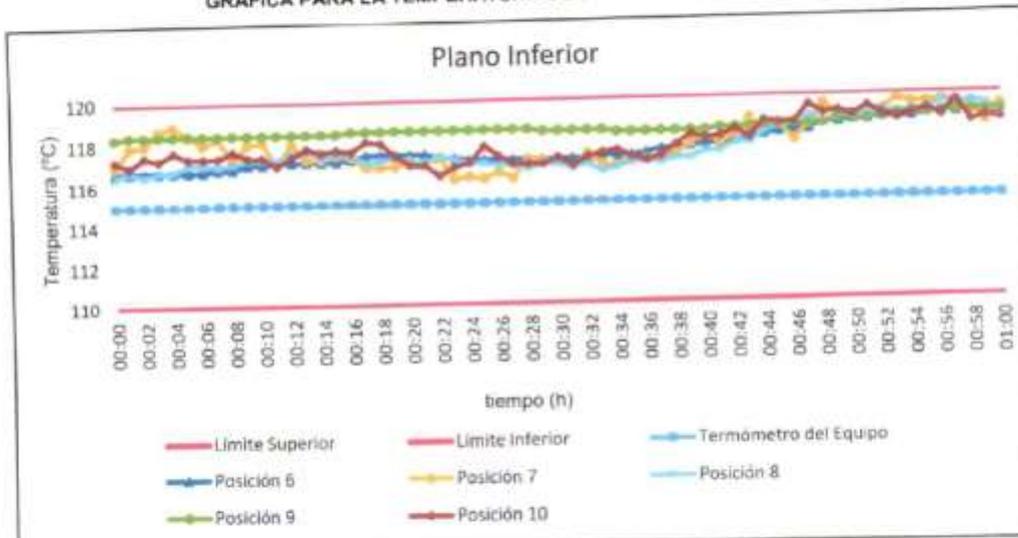
- | | | | |
|---------------|---|---------------|--|
| t | : Instante de tiempo en minutos. | T.PROM | : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de |
| I | : Indicación del termómetro del equipo. | Tprom | : Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante |
| T. MÁX | : Temperatura máxima por sensor | DTT | : Desviación de temperatura en el tiempo. |
| T. MÍN | : Temperatura mínima por sensor | | |
| T. max | : Temperatura máxima para un instante dado. | | |
| T. min | : Temperatura mínima para un instante dado. | | |

| t (h) | l (°C) | Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C) | | | | | | | | | | T _{prom} (°C) | T _{máx} - T _{mín} (°C) |
|----------|-----------|---|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|---------------------------|--|
| | | Nivel Superior | | | | | Nivel Inferior | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 00:31 | 115,0 | 114,2 | 113,0 | 115,7 | 112,1 | 114,3 | 117,1 | 116,7 | 116,6 | 118,4 | 116,7 | 115,5 | 6,3 |
| 00:32 | 115,0 | 114,3 | 113,0 | 115,6 | 112,3 | 114,3 | 117,1 | 117,3 | 116,8 | 118,4 | 117,1 | 115,6 | 6,1 |
| 00:33 | 115,0 | 114,3 | 113,0 | 115,8 | 112,1 | 114,4 | 117,2 | 116,8 | 116,4 | 118,4 | 117,3 | 115,6 | 6,3 |
| 00:34 | 115,0 | 114,3 | 112,8 | 115,6 | 112,1 | 114,6 | 117,2 | 116,7 | 116,6 | 118,3 | 117,4 | 115,6 | 6,2 |
| 00:35 | 115,0 | 114,3 | 113,0 | 115,6 | 112,1 | 114,6 | 117,2 | 117,1 | 116,8 | 118,3 | 117,1 | 115,6 | 6,2 |
| 00:36 | 115,0 | 114,5 | 112,8 | 115,6 | 112,1 | 114,6 | 117,3 | 117,0 | 116,9 | 118,3 | 116,9 | 115,6 | 6,2 |
| 00:37 | 115,0 | 114,5 | 113,1 | 115,6 | 112,1 | 114,6 | 117,5 | 117,1 | 116,8 | 118,3 | 117,1 | 115,7 | 6,2 |
| 00:38 | 115,0 | 114,5 | 112,9 | 115,6 | 112,4 | 114,7 | 117,5 | 117,2 | 117,0 | 118,3 | 117,6 | 115,8 | 5,9 |
| 00:39 | 115,0 | 114,6 | 112,9 | 115,6 | 112,4 | 115,0 | 117,6 | 117,7 | 117,0 | 118,3 | 118,1 | 115,9 | 5,9 |
| 00:40 | 115,0 | 114,7 | 113,1 | 115,6 | 112,5 | 115,0 | 117,7 | 118,1 | 117,3 | 118,3 | 117,9 | 116,0 | 5,8 |
| 00:41 | 115,0 | 114,8 | 112,9 | 115,6 | 112,4 | 115,2 | 117,7 | 117,7 | 117,3 | 118,4 | 118,0 | 116,0 | 6,0 |
| 00:42 | 115,0 | 114,8 | 113,1 | 115,7 | 112,5 | 115,3 | 117,8 | 118,1 | 117,7 | 118,4 | 118,3 | 116,2 | 5,9 |
| 00:43 | 115,0 | 114,8 | 113,1 | 115,7 | 112,6 | 115,5 | 117,9 | 118,9 | 117,7 | 118,4 | 117,9 | 116,3 | 6,2 |
| 00:44 | 115,0 | 115,0 | 113,2 | 115,8 | 112,6 | 115,8 | 118,1 | 118,3 | 118,2 | 118,5 | 118,7 | 116,4 | 6,1 |
| 00:45 | 115,0 | 115,0 | 113,2 | 115,8 | 112,5 | 115,8 | 118,2 | 118,5 | 118,4 | 118,5 | 118,6 | 116,5 | 6,1 |
| 00:46 | 115,0 | 115,1 | 113,2 | 115,8 | 112,5 | 115,9 | 118,3 | 117,8 | 118,6 | 118,5 | 118,6 | 116,4 | 6,1 |
| 00:47 | 115,0 | 115,1 | 113,5 | 115,9 | 112,5 | 116,0 | 118,3 | 118,5 | 118,9 | 118,5 | 119,4 | 116,7 | 6,9 |
| 00:48 | 115,0 | 115,1 | 113,4 | 115,9 | 112,5 | 116,3 | 118,6 | 119,4 | 118,6 | 118,5 | 119,0 | 116,7 | 6,9 |
| 00:49 | 115,0 | 115,2 | 113,4 | 115,9 | 112,3 | 116,4 | 118,6 | 119,0 | 118,9 | 118,7 | 119,1 | 116,7 | 6,8 |
| 00:50 | 115,0 | 115,3 | 113,3 | 116,0 | 112,4 | 116,4 | 118,7 | 118,9 | 118,9 | 118,7 | 118,9 | 116,7 | 6,5 |
| 00:51 | 115,0 | 115,5 | 113,3 | 116,0 | 112,4 | 116,5 | 118,7 | 118,8 | 118,9 | 118,7 | 119,3 | 116,8 | 6,9 |
| 00:52 | 115,0 | 115,5 | 113,4 | 116,0 | 112,6 | 116,5 | 118,8 | 119,1 | 119,1 | 118,8 | 118,9 | 116,9 | 6,5 |
| 00:53 | 115,0 | 115,8 | 113,3 | 116,0 | 112,6 | 116,5 | 118,8 | 119,6 | 119,0 | 118,9 | 118,7 | 116,9 | 7,0 |
| 00:54 | 115,0 | 115,6 | 113,1 | 116,0 | 112,6 | 116,5 | 118,8 | 119,4 | 119,1 | 118,9 | 118,9 | 116,9 | 6,8 |
| 00:55 | 115,0 | 115,6 | 113,0 | 116,0 | 112,6 | 116,7 | 119,0 | 119,4 | 119,1 | 118,9 | 119,1 | 116,9 | 6,8 |
| 00:56 | 115,0 | 115,6 | 113,2 | 116,0 | 112,6 | 116,7 | 119,0 | 119,5 | 119,5 | 119,0 | 118,8 | 117,0 | 6,9 |
| 00:57 | 115,0 | 115,6 | 113,5 | 116,0 | 112,6 | 116,6 | 119,0 | 119,4 | 119,3 | 119,0 | 119,5 | 117,1 | 6,9 |
| 00:58 | 115,0 | 115,6 | 113,3 | 116,0 | 112,5 | 116,5 | 119,1 | 119,1 | 119,5 | 119,0 | 118,5 | 116,9 | 6,9 |
| 00:59 | 115,0 | 115,6 | 113,3 | 116,0 | 112,5 | 116,5 | 119,1 | 118,5 | 119,3 | 119,0 | 118,7 | 116,8 | 6,7 |
| 01:00 | 115,0 | 115,6 | 113,1 | 116,0 | 112,5 | 116,5 | 119,1 | 119,2 | 119,0 | 119,0 | 118,6 | 116,9 | 6,7 |
| T.PROM | 115,0 | 114,6 | 113,6 | 115,8 | 112,4 | 115,3 | 117,6 | 117,8 | 117,5 | 118,5 | 117,6 | 116,1 | |
| T.MAX | 115,0 | 115,6 | 115,1 | 116,0 | 112,6 | 116,7 | 119,1 | 119,6 | 119,5 | 119,0 | 119,5 | | |
| T.MIN | 115,0 | 114,1 | 112,7 | 115,6 | 111,9 | 114,3 | 116,7 | 116,2 | 116,4 | 116,3 | 116,3 | | |
| DTT | 0,0 | 1,5 | 2,5 | 0,4 | 0,7 | 2,5 | 2,4 | 3,5 | 3,1 | 0,7 | 3,2 | | |

RESUMEN DE RESULTADOS

| Parámetro | Valor (°C) | Incertidumbre Expandida (°C) |
|---|------------|------------------------------|
| Temperatura Máxima Medida | 119,6 | 0,8 |
| Temperatura Mínima Medida | 111,9 | 0,3 |
| Desviación de Temperatura en el Espacio | 6,1 | 0,2 |
| Desviación de Temperatura en el Tiempo | 3,5 | 0,1 |
| Estabilidad Medida (±) | 1,7 | 0,05 |
| Uniformidad Medida | 7,0 | 0,7 |

GRÁFICA PARA LA TEMPERATURA DE TRABAJO DE 115 °C ± 5 °C



DECLARACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES ESPECIFICADOS DE TEMPERATURA

Durante la calibración y bajo las condiciones en que esta ha sido hecha, el medio isoterma:

- Cumple con los límites especificados de temperatura.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperaturas registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del equipo es 0,03 °C.
La estabilidad es considerada igual a la mitad de la máxima DTT.

Fotografía del medio isotermo:



OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%

Fin del Documento

Certificado de Calibración

TC - 09248 - 2022

Proforma : 11317A Fecha de emisión : 2022-06-09

Solicitante : **SILVER GEOTEC S.A.C.**
Dirección : Pj. Nuñez Nro. 122 Junin-Huancayo-Chilca

Instrumento de medición : **Balanza**
Tipo : Electrónica
Marca : OHAUS
Modelo : R31P30
N° de Serie : 8336130194
Capacidad Máxima : 30000 g
Resolución : 10 g
División de Verificación : 10 g
Clase de Exactitud : III
Capacidad Mínima : 200 g
Procedencia : CHINA
Identificación : No Indica
Ubicación : Laboratorio
Variación de ΔT Local : 5 °C
Fecha de Calibración : 2022-06-07

Lugar de calibración
Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

Método de calibración
La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-001 "Procedimiento para la Calibración de Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático Clase III y III". Primera Edición - Mayo 2019. DM - INACAL.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



Trazabilidad

| Trazabilidad | Patrón de trabajo | Certificado de calibración |
|--|--|-----------------------------|
| Patrones de Referencia de TEST & CONTROL | Juego de Pesas 100 mg a 1 kg Clase de Exactitud M2 | TC-00555-2022 Abril 2022 |
| Patrones de Referencia de TEST & CONTROL | Juego de Pesas 2 kg Clase de Exactitud M2 | TC-06242-2022 Abril 2022 |
| Patrones de Referencia de TEST & CONTROL | Juego de Pesas 5 kg Clase de Exactitud M2 | TC-06243-2022 Abril 2022 |
| Patrones de Referencia de TEST & CONTROL | Juego de Pesas 10 kg Clase de Exactitud M2 | TC-06244-2022 Abril 2022 |
| Patrones de Referencia de TEST & CONTROL | Juego de Pesas 20 kg Clase de Exactitud M2 | TC-06809-2021 Julio 2021 |

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Inspección visual

| | | | |
|------------------|----------|------------|----------|
| Ajuste de Cero | Tiene | Escala | No Tiene |
| Oscilación Libre | Tiene | Cursor | No Tiene |
| Plataforma | Tiene | Nivelación | Tiene |
| Sistema de Traba | No Tiene | | |

Ensayo de repetibilidad

| Magnitud | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 15,2 °C | 15,2 °C |
| Humedad Relativa | 57 % | 58 % |

| Medición N° | Carga (g) | I (g) | ΔL (g) | E (g) | Medición N° | Carga (g) | I (g) | ΔL (g) | E (g) |
|---|-----------|--------|--------|-------|---|-----------|--------|--------|-------|
| 1 | 15000 | 15 000 | 7 | -2 | 1 | 30000 | 30 000 | 8 | -3 |
| 2 | | 15 000 | 5 | 0 | 2 | | 30 000 | 8 | -3 |
| 3 | | 15 000 | 5 | 0 | 3 | | 30 000 | 8 | -3 |
| 4 | | 15 000 | 6 | -1 | 4 | | 30 000 | 7 | -2 |
| 5 | | 15 000 | 6 | -1 | 5 | | 30 000 | 7 | -2 |
| 6 | | 15 000 | 5 | 0 | 6 | | 30 000 | 8 | -3 |
| 7 | | 15 000 | 7 | -2 | 7 | | 30 000 | 8 | -3 |
| 8 | | 15 000 | 7 | -2 | 8 | | 30 000 | 7 | -2 |
| 9 | | 15 000 | 6 | -1 | 9 | | 30 000 | 8 | -3 |
| 10 | | 15 000 | 5 | 0 | 10 | | 30 000 | 8 | -3 |
| E _{max} - E _{min} (g) | | | | 2 | E _{max} - E _{min} (g) | | | | 1 |
| e.m.p. ± (g) | | | | 20 | e.m.p. ± (g) | | | | 30 |

Certificado de Calibración
TC - 09248 - 2022

| | |
|---|---|
| 2 | 5 |
| 1 | |
| 3 | 4 |

Ensayo de excentricidad

| Magnitud | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 15,2 °C | 15,2 °C |
| Humedad Relativa | 58 % | 58 % |

| N° | Determinación de Eo | | | | Determinación del Error Corregido Ec | | | | e.m.p. ± (g) | |
|----|---------------------|-------|--------|--------|--------------------------------------|--------|--------|-------|-----------------|--------|
| | Carga (g) | I (g) | ΔL (g) | Eo (g) | Carga (g) | I (g) | ΔL (g) | E (g) | | Ec (g) |
| 1 | 100 | 100 | 6 | -1 | 10000 | 10 000 | 7 | -2 | -1 | 20 |
| 2 | | 100 | 4 | 1 | | 10 000 | 5 | 0 | -1 | |
| 3 | | 100 | 7 | -2 | | 10 000 | 6 | -1 | 1 | |
| 4 | | 100 | 7 | -2 | | 10 000 | 6 | -1 | -1 | |
| 5 | | 100 | 5 | 0 | | 10 000 | 5 | 0 | 0 | |

Ensayo de pesaje

| Magnitud | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 15,2 °C | 15,2 °C |
| Humedad Relativa | 58 % | 57 % |

| Carga (g) | Carga Creciente | | | | Carga Decreciente | | | | e.m.p. ± (g) |
|-----------|-----------------|--------|-------|--------|-------------------|--------|-------|--------|-----------------|
| | I (g) | ΔL (g) | E (g) | Ec (g) | I (g) | ΔL (g) | E (g) | Ec (g) | |
| 100 | 100 | 6 | -1 | | | | | | |
| 200 | 200 | 7 | -2 | -1 | 200 | 6 | -1 | 0 | 10 |
| 1 000 | 1 000 | 6 | -1 | 0 | 1 000 | 7 | -2 | -1 | 10 |
| 5 000 | 5 000 | 6 | -1 | 0 | 5 000 | 6 | -1 | 0 | 10 |
| 7 000 | 7 000 | 4 | 1 | 2 | 7 000 | 5 | 0 | 1 | 20 |
| 10 000 | 10 000 | 5 | 0 | 1 | 10 000 | 6 | -1 | 0 | 20 |
| 15 000 | 15 000 | 7 | -2 | -1 | 15 000 | 7 | -2 | -1 | 20 |
| 17 000 | 17 000 | 6 | -1 | 0 | 17 000 | 7 | -2 | -1 | 20 |
| 20 000 | 20 000 | 7 | -2 | -1 | 20 000 | 6 | -1 | 0 | 20 |
| 25 000 | 25 000 | 7 | -2 | -1 | 25 000 | 7 | -2 | -1 | 30 |
| 30 001 | 30 000 | 8 | -4 | -3 | 30 000 | 7 | -3 | -2 | 30 |

Donde:

I : Indicación de la balanza
e.m.p. : Error máximo permitido
ΔL : Carga incrementada
E : Error encontrado
Eo : Error en cero
Ec : Error corregido

Lectura corregida e incertidumbre de la balanza

$$\text{Lectura Corregida} = R + 3,60 \times 10^{-6} \times R$$

$$\text{Incertidumbre Expandida} = 2 \times \sqrt{7,83 \times 10^{-9} \text{ g}^2 + 3,55 \times 10^{-6} \times R^2}$$

R : Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración (g)

Observaciones

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado. La indicación de la balanza fue de 29 960 g para una carga de valor nominal 30000 g.

Incertidumbre

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Fin del documento



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC-09901-2022

PROFORMA : 11317A

Fecha de emisión : 2022 - 06 - 08

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : SILVER GEOTEC S.A.C.

Dirección : Pj. Nuñez Nro. 122 Junín-Huancayo-Chilca

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA DE CONCRETO
 Marca : PINZUAR
 Modelo : PC-42
 N° Serie : 457
 Intervalo de indicación : 1000 kN
 Resolución : 0,01 kN
 Procedencia : No Indica
 Código de Identificación : No Indica
 Ubicación : Laboratorio
 Fecha de Calibración : 2022 - 06 - 07

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando un instrumento patrón calibrado.

CONDICIONES AMBIENTALES

| MAGNITUD | INICIAL | FINAL |
|------------------|---------|--------|
| TEMPERATURA | 16,5°C | 16,4°C |
| HUMEDAD RELATIVA | 48,0% | 48,0% |

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes. Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
C.F.P. N° 0316

TRAZABILIDAD

| Patrón de Referencia | Patrón de Trabajo | Certificado de Calibración |
|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Balanza de Presión AEP Transducers | Celda de Carga 3MN 5000 Kn | 12821C |

RESULTADOS DE MEDICIÓN

| Indicación del Equipo (kN) | Lectura Convencionalmente Verdadera (kN) | Error (kN) | Incertidumbre (kN) |
|---------------------------------|--|-----------------|-------------------------|
| 10,12 | 9,94 | 0,18 | 0,01 |
| 50,08 | 49,13 | 0,95 | 0,01 |
| 100,13 | 98,21 | 1,92 | 0,01 |
| 200,06 | 196,22 | 3,86 | 0,01 |
| 300,12 | 294,33 | 5,79 | 0,01 |
| 400,08 | 392,32 | 7,76 | 0,01 |
| 500,10 | 490,37 | 9,73 | 0,01 |
| 600,08 | 588,45 | 11,62 | 0,01 |

OBSERVACIONES.

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN N° 568

Solicitante: SILVER GEOTEC S A C
Direccion: P.J. NUÑEZ NRO. 122 (A 2 CDRS MERCADO DE CHILCA)
JUNIN- HUANCAYO- CHILCA
Proveedor: PINZUAR LTDA
Dureza Shore A: 61.18 Shore A

JUEGO DE ALMOHADILLAS DE NEOPRENO 6"

Norma: ASTM C-1231

Referencia: PC124

| CARACTERISTICAS | RESULTADO | UNIDAD |
|----------------------------|-----------|--------|
| Diámetro de la almohadilla | 158.16 | mm |
| Espesor de la almohadilla | 13.04 | mm |

| DUREZA SHORE A DURÓMETRO | CLASIFICACIÓN ASTM D 2000 |
|-----------------------------|------------------------------|
| 50 | M28C514 |
| 60 | M26C614 |
| 70 | M28C714 |

* La tolerancia de la dureza A es ± 5

Fecha: 2021-09-28

Firma

Henry Leon Masgo
Metrólogo Laboratorio Metrología

AC-P-01-F-14/Rev 01 Válido desde 2017-11-15.



CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN N° 494

Solicitante: SILVER GEOTEC S.A.C.

Dirección: P.J. NUÑEZ NRO 122 (A 2 CDRAS DE MERCADO DE CHILCA) JUNIN -
HUANCAYO - CHILCA

DISPOSITIVO PARA ENSAYOS DE VIGAS A LA FLEXIÓN

Norma: INV E-414

Referencia: PC105

| CARACTERISTICAS | RESULTADO | UNIDAD |
|--|-----------|--------|
| Distancia de desplazamiento de la placa inferior | 600.50 | mm |
| Diámetro de los rodillos | 31.47 | mm |
| Longitud de los rodillos | 171.95 | mm |
| Ancho de la caja porta-rodillo | 31.54 | mm |
| Distancia de desplazamiento de la placa superior | 203.50 | mm |

Fecha: 2021-08-19

Firma: 

AC-P-01-F-14/Rev 0// Válido desde 2017-11-15

Anexo N° 04: panel fotográfico



Fotografía 1. Vista del agregado fino y grueso en cantera para la elaboración del concreto.



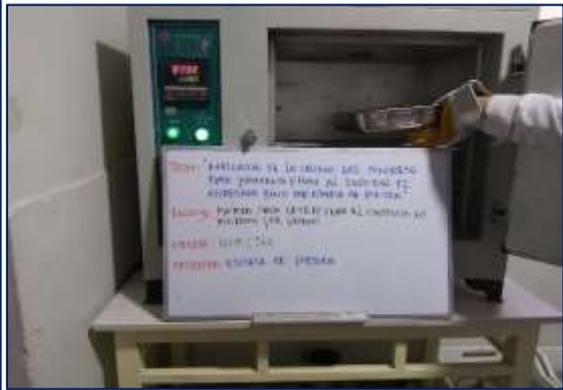
Fotografía 2. Traslado de agregados y puesta en laboratorio.



Fotografía 3. Cuarteo del agregado grueso y fino para la ejecución de ensayos.



Fotografía 4. Determinación del contenido de humedad de los agregados gruesos y finos.



Fotografía 5. Vista de la escoria de piedra chancada y la determinación de su contenido de humedad.



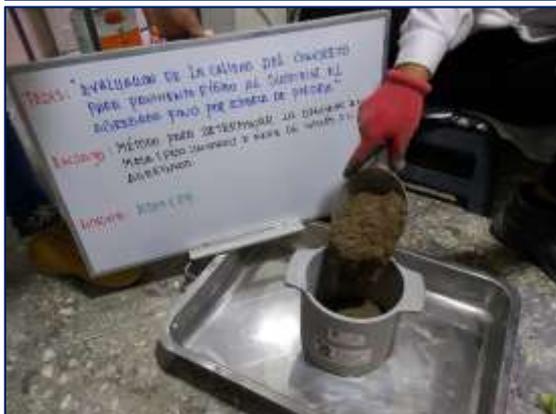
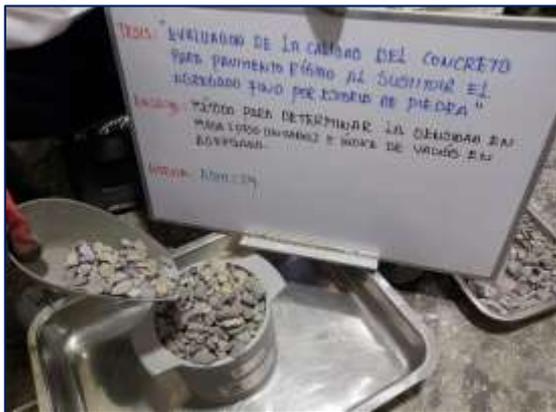
Fotografía 6. Pesado de muestra de agregado grueso y su correspondiente análisis granulométrico.



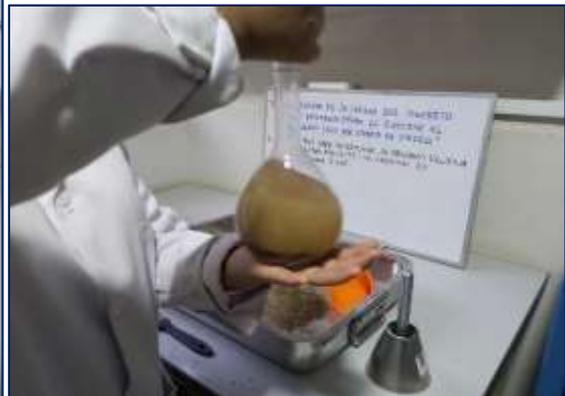
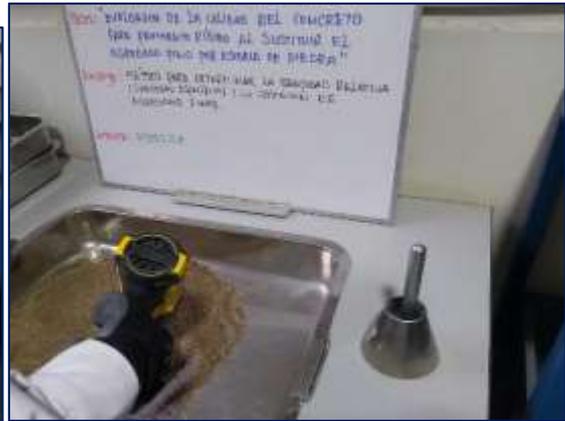
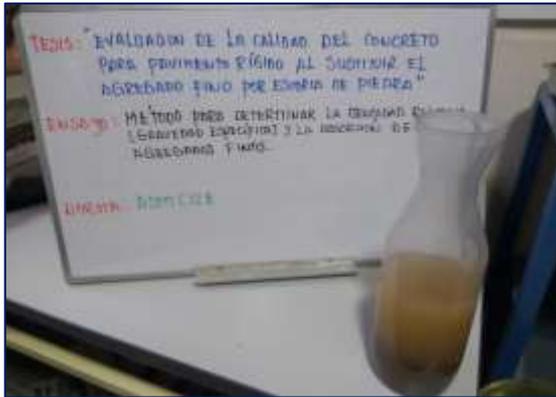
Fotografía 7. Análisis granulométrico del agregado fino.



Fotografía 8. Pesado y análisis granulométrico de la escoria de piedra triturada.



Fotografía 9. Determinación de la densidad en masa e índice de vacíos de los agregados.



Fotografía 10. Medición de la densidad, densidad relativa y absorción de los agregados finos.



Fotografía 11. Medición de la densidad, densidad relativa y absorción de los agregados gruesos.



Fotografía 12. Vista de los moldes para la elaboración de las vigas de concreto.



Fotografía 13. Vista de los materiales y la elaboración del concreto patrón sin sustitución del agregado fino por escoria de piedra.



Fotografía 14. Vista de las vigas del concreto patrón.



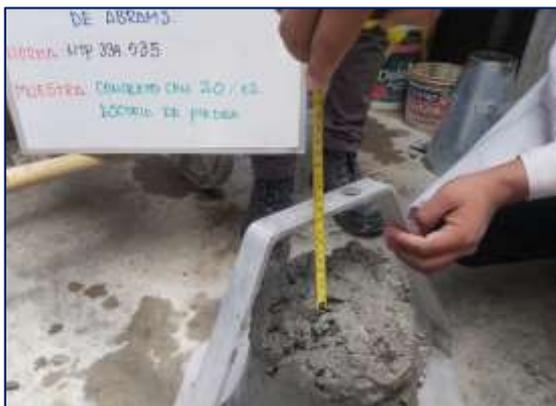
Fotografía 15. Medición del asentamiento del concreto patrón.



Fotografía 16. Vista de la medición del contenido de aire del concreto patrón.



Fotografía 17. Vista de materiales para la elaboración del concreto con 20 % de escoria de piedra.



Fotografía 18. Medición del asentamiento y el contenido de aire del concreto con 20 % de escoria de piedra.



Fotografía 19. Vista de los materiales para el concreto con 40 % de escoria de piedra y vigas elaboradas.



Fotografía 20. Medición del asentamiento y el contenido de aire del concreto con 40 % de escoria de piedra.



Fotografía 21. Vista de materiales para la elaboración del concreto con 60 % de escoria de piedra.



Fotografía 22. Medición del asentamiento y el contenido de aire del concreto con 60 % de escoria de piedra.



Fotografía 23. Vista de materiales y la elaboración del concreto con 80 % de escoria de piedra.



Fotografía 24. Medición del asentamiento y contenido de aire del concreto con 80 % de escoria de piedra.



Fotografía 25. Vista de materiales y la elaboración del concreto con 100 % de escoria de piedra.



Fotografía 26. Medición del asentamiento y contenido de aire del concreto con 100 % de escoria de piedra.



Fotografía 27. Vista del curado de vigas de concreto.



Fotografía 28. Medición de la resistencia a flexión a los 14 días del concreto patrón.



Fotografía 29. Medición de la resistencia a flexión a los 28 días del concreto patrón.



Fotografía 30. Medición de la resistencia a flexión a los 14 días del concreto con 20 % de escoria de piedra.



Fotografía 31. Medición de la resistencia a flexión a los 28 días del concreto con 20 % de escoria de piedra.



Fotografía 32. Medición de la resistencia a flexión a los 14 días del concreto con 40 % de escoria de piedra.



Fotografía 33. Medición de la resistencia a flexión a los 28 días del concreto con 40 % de escoria de piedra.



Fotografía 34. Medición de la resistencia a flexión a los 14 días del concreto con 60 % de escoria de piedra.



Fotografía 35. Medición de la resistencia a flexión a los 28 días del concreto con 60 % de escoria de piedra.



Fotografía 36. Medición de la resistencia a flexión a los 14 días del concreto con 80 % de escoria de piedra.



Fotografía 37. Medición de la resistencia a flexión a los 28 días del concreto con 80 % de escoria de piedra.



Fotografía 38. Medición de la resistencia a flexión a los 28 días del concreto con 100 % de escoria de piedra.