

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO

TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES DEL
HORMIGÓN PARA PAVIMENTO RÍGIDO”**

Por:

ORTEGA CORTEZ LUIS EDUARDO

Proyecto presentado a consideración de la “**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE I -2023

TARIJA-BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO

TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES DEL
HORMIGÓN PARA PAVIMENTO RÍGIDO”**

Por:

ORTEGA CORTEZ LUIS EDUARDO

SEMESTRE I - 2023

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

Este trabajo le dedico a mis padres, Alejandro Ortega Chávez y Carmen Saideth Cortez Valdez, por inculcarme valores y hacer un gran esfuerzo en todo momento para poder desarrollarme en mis estudios y hermanos, Gabriel, Cecilia y Camila por el apoyo que me brindaron todo este tiempo y que me han sabido guiar en esta vida, a mis amistades en especial a mi amigo Erwin Batallanos por todas las desveladas estudiando y el apoyo en materias no entendidas.

ÍNDICE
CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

| | Página |
|---|---------------|
| 1.1. Antecedentes..... | 1 |
| 1.2. Situación del problema | 2 |
| 1.2.1. Problema | 2 |
| 1.2.2. Relevancia y factibilidad del problema | 2 |
| 1.2.3. Delimitación espacio y tiempo | 3 |
| 1.3. Justificación | 3 |
| 1.4. Objetivos..... | 3 |
| 1.4.1. Objetivo general | 3 |
| 1.4.2. Objetivos específicos | 3 |
| 1.5. Hipótesis | 4 |
| 1.6. Operacionalización de las variables | 4 |
| 1.7. Identificación del tipo de investigación..... | 5 |
| 1.8. Unidades de estudio y decisión muestral..... | 5 |
| 1.8.1. Unidad de estudio | 5 |
| 1.8.2. Población | 6 |
| 1.8.3. Muestra | 6 |
| 1.8.4. Selección de técnicas de muestreo..... | 6 |
| 1.9. Métodos y técnicas empleadas | 6 |
| 1.9.1. Métodos | 6 |
| 1.9.2. Técnicas | 6 |

| | |
|--|---|
| 1.10. Procesamiento de la información..... | 6 |
| 1.11. Alcance de la investigación | 6 |

CAPÍTULO II

GENERALIDADES DEL HORMIGÓN

| | Página |
|---|---------------|
| 2.1. El pavimento rígido | 8 |
| 2.2. Hormigón..... | 10 |
| 2.2.1. Composición | 10 |
| 2.2.2. Propiedades mecánicas del hormigón..... | 10 |
| 2.2.3. Propiedades del hormigón fresco | 11 |
| 2.2.4. Manejabilidad | 11 |
| 2.2.5. Consistencia..... | 11 |
| 2.2.6. Propiedades del hormigón en pavimentos rígidos | 12 |
| 2.2.7. Resistencia a la compresión del hormigón | 14 |
| 2.2.8. Fraguado del cemento..... | 16 |
| 2.2.9. Componentes del hormigón..... | 16 |
| 2.3. Aditivos | 24 |
| 2.3.1. Reductor de agua (Plastificante)..... | 24 |
| 2.3.2. Reductor de Agua de Alto Rango (Súper – Plastificante) | 25 |
| 2.3.3. Aceleradores | 25 |
| 2.3.4. Retardadores | 25 |
| 2.3.5. Agentes Incluidores de aire | 25 |
| 2.3.6. Impermeabilizantes..... | 25 |
| 2.3.7. Expansores..... | 26 |

| | |
|--|----|
| 2.4. Azúcar..... | 26 |
| 2.4.1. Calidad del azúcar | 26 |
| 2.4.2. Tipos de azúcar | 26 |
| 2.4.3. Azúcares | 27 |
| 2.4.4. Efecto de la adición del azúcar en el hormigón..... | 28 |
| 2.4.5. Uso del azúcar como aditivo en el Hormigón | 29 |
| 2.5. Porosidad en el hormigón | 29 |
| 2.6. Marco normativo | 30 |
| 2.6.1. Método A.C.I. (American Concrete Institute)..... | 30 |
| 2.7. Ensayos a realizar | 34 |
| 2.8. Marco referencial..... | 34 |
| 2.9. Análisis de aporte teórico | 35 |

CAPÍTULO III

CRITERIOS DE RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

| | Página |
|--|---------------|
| 3.1. Criterios del diseño metodológico..... | 36 |
| 3.1.1. Unidad de estudio o muestra | 36 |
| 3.1.2. Población | 36 |
| 3.1.3. Muestra | 37 |
| 3.1.4. Tamaño de muestra..... | 37 |
| 3.1.5. Localización de los materiales..... | 40 |
| 3.2. Control y validación interna | 41 |
| 3.2.1. Identificación de los elementos | 41 |
| 3.2.2. Descripción de las acciones..... | 41 |

| | |
|--|----|
| 3.2.3. Descripción de los equipos y herramientas | 42 |
| 3.3. Caracterización de materiales | 47 |
| 3.3.1. Criterios de extracción..... | 47 |
| 3.4. Determinación de los Materiales para 1m ³ de Hormigón..... | 48 |
| 3.5. Determinación de la resistencia a compresión y flexión (Fmc) | 48 |
| 3.5.1. Relación agua/cemento (a/c)..... | 48 |
| 3.5.2. Requerimiento de agua (A)..... | 49 |
| 3.5.3. Cálculo del peso del agregado grueso (Gr)..... | 49 |
| 3.5.4. Cálculo de la cantidad de cemento (Cc) | 49 |
| 3.5.5. Cálculo del peso del agregado fino (Ar)..... | 49 |

CAPÍTULO IV

PROCESAMIENTO Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS

| | Página |
|--|---------------|
| 4.1. Análisis de resultados obtenidos en laboratorio | 52 |
| 4.2. Calculo para la resistencia a flexión | 52 |
| 4.3. Análisis de vigas ensayadas a flexo tracción..... | 53 |
| 4.4. Análisis individual de los resultados | 56 |
| 4.5. Análisis del tiempo de fraguado con la aguja de Vicat | 58 |
| 4.6. Análisis del asentamiento mediante el cono de Abrams | 64 |
| 4.7. Peso específico del agua con azúcar..... | 67 |
| 4.8. Estadística descriptiva | 69 |
| 4.8.1. Cálculo de curva de frecuencia relativas | 69 |
| 4.8.2. Cálculo de curva de frecuencia acumulada | 69 |
| 4.8.3. Determinación del Histograma | 69 |

| | |
|---|----|
| 4.8.4. Cálculos de medidas de tendencia central | 70 |
| 4.8.5. Cálculo de medidas de dispersión | 70 |
| 4.9. Estadística inferencial..... | 70 |
| 4.9.1. Rango de confiabilidad T-Student..... | 70 |
| 4.10. Prueba de Hipótesis | 72 |

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | Página |
|----------------------------|---------------|
| 5.1. Conclusiones..... | 74 |
| 5.2. Recomendaciones | 75 |

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---------|--|
| ANEXO A | CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS |
| ANEXO B | PLANILLAS DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO |
| ANEXO C | REPORTES FOTOGRÁFICOS |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Página |
|--|---------------|
| Tabla N°1-1 Operacionalización de la variable dependiente..... | 4 |
| Tabla N°1-2 Operacionalización de la variable independiente..... | 5 |
| Tabla N°2-1 Consistencia del hormigón..... | 12 |
| Tabla N°2-2 Resistencia a la flexión..... | 14 |
| Tabla N°2-3 Clasificación y composición del cemento según la NB-011..... | 18 |
| Tabla N°2-4 Tipos de cemento elaborados por las productoras según la NB-011..... | 19 |
| Tabla N°2-5 Procedimiento de diseño..... | 30 |
| Tabla N°2-6 Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción..... | 31 |
| Tabla N°2-7 Tamaños máximos de agregados según el tipo de construcción..... | 31 |
| Tabla N°2-8 Cantidad aproximada de aire esperado en concreto sin aire incluido..... | 32 |
| Tabla N°2-9 Requerimiento aproximado de agua para diferentes asentamientos..... | 32 |
| Tabla N°2-10 Requerimiento aproximado de agua de mezclado para diferentes..... | 33 |
| Tabla N°2-11 Resistencia de diseño..... | 33 |
| Tabla N°2-12 Correspondencia entre la resistencia a la compresión y la relación A/C..... | 33 |
| Tabla N°2-13 Volumen de agregado grueso..... | 34 |
| Tabla N°2-14 Caracterización de los materiales..... | 34 |
| Tabla N°3-1 Ensayos a realizarse en la investigación..... | 36 |
| Tabla N°3-2 Número total de muestras..... | 37 |
| Tabla N°3-3 Variables de la varianza en función al tiempo..... | 38 |
| Tabla N°3-4 Nivel de confianza..... | 38 |
| Tabla N°3-5 Numero de ensayos a realizar en laboratorio..... | 39 |
| Tabla N°3-6 Serie de tamices escogidos..... | 42 |

| | |
|--|----|
| Tabla N°3-7 Resultados de los ensayos de laboratorio..... | 48 |
| Tabla N°3-8 Cantidades para 1 m ³ de hormigón, para el diseño de mezclas patrón. | 50 |
| Tabla N°3-9 Proporciones de mezcla seca..... | 51 |
| Tabla N°3-10 Proporciones de mezcla húmeda..... | 51 |
| Tabla N°4-1 Resistencia a la compresión 31Mpa..... | 52 |
| Tabla N°4-2 Resistencia a flexión calculo ACI 363..... | 53 |
| Tabla N°4-3 Rotura de vigas ensayadas a flexo tracción..... | 53 |
| Tabla N°4-4 Rotura de vigas con adición de azúcar de 0,03%..... | 54 |
| Tabla N°4-5 Rotura de vigas con adición de azúcar de 0,08%..... | 54 |
| Tabla N°4-6 Rotura de vigas con adición de azúcar de 0,15%..... | 54 |
| Tabla N°4-7 Medida del tiempo de fraguado primer ensayo sin azúcar..... | 58 |
| Tabla N°4-8 Medida del tiempo de fraguado segundo ensayo sin azúcar..... | 59 |
| Tabla N°4-9 Medida del tiempo de fraguado tercer ensayo sin azúcar..... | 60 |
| Tabla N°4-10 Medida del tiempo de fraguado primer ensayo con 0,15% de azúcar..... | 62 |
| Tabla N°4-11 Medida del tiempo de fraguado segundo ensayo con 0,15% de azúcar.... | 62 |
| Tabla N°4-12 Medida del tiempo de fraguado tercer ensayo con 0,15% de azúcar..... | 63 |
| Tabla N°4-13 Medida del asentamiento del hormigón patrón..... | 65 |
| Tabla N°4-14 Medida del asentamiento del hormigón con 0,03% de azúcar..... | 65 |
| Tabla N°4-15 Medida del asentamiento del hormigón con 0,08% de azúcar..... | 66 |
| Tabla N°4-16 Medida del asentamiento del hormigón con 0,15% de azúcar..... | 66 |
| Tabla N°4-17 Resultado de los asentamientos promedio..... | 66 |
| Tabla N°4-18 Ensayo con el porcentaje de 0,03% de azúcar..... | 67 |
| Tabla N°4-19 Ensayo con el porcentaje de 0,08% de azúcar..... | 68 |
| Tabla N°4-20 Ensayo con el porcentaje de 0,15% de azúcar..... | 68 |

| | |
|---|----|
| Tabla N°4-21 Cálculo de frecuencia relativa con los datos patrón..... | 69 |
| Tabla N°4-22 Cálculo de frecuencia acumulada con los datos patrón | 69 |
| Tabla N°4-23 Resultados de las medidas de tendencia central..... | 70 |
| Tabla N°4-24 Resultados de las medidas de dispersión | 70 |
| Tabla N°4-25 Parámetros estadístico | 70 |
| Tabla N°4-26 Datos que se encuentran el límite superior e inferior..... | 71 |
| Tabla N°4-27 Datos para hipótesis nula | 72 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|---|---------------|
| Figura N°2-1 Cono de Abrams..... | 12 |
| Figura N°2-2 Prueba para la obtención del módulo de ruptura | 13 |
| Figura N°2-3 Resistencia a la compresión | 14 |
| Figura N°2-4 Probetas cilíndricas | 15 |
| Figura N°3-1 Planta chancadora Garzón | 40 |
| Figura N°3-2 Planta chancadora Vargas | 41 |
| Figura N°3-3 Tamices | 42 |
| Figura N°3-4 Varilla pisón..... | 43 |
| Figura N°3-5 Canastillo porta muestra | 43 |
| Figura N°3-6 Matraz | 44 |
| Figura N°3-7 Máquina del desgaste de los ángeles | 45 |
| Figura N°3-8 Mezcladora..... | 45 |
| Figura N°3-9 Moldes | 46 |
| Figura N°3-10 Cono de Abrams | 46 |
| Figura N°3-11 Varilla pisón..... | 47 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | Página |
|--|---------------|
| Gráfica N°4-1 Comparación de las resistencias patrón y con azúcar | 55 |
| Gráfica N°4-2 Efecto del azúcar en la resistencia a flexión..... | 55 |
| Gráfica N°4-3 Adición de 0,03% de azúcar en el hormigón | 56 |
| Gráfica N°4-4 Adición de 0,08% de azúcar en el hormigón | 57 |
| Gráfica N°4-5 Adición de 0,15% de azúcar en el hormigón | 57 |
| Gráfica N°4-6 Medida del tiempo de fraguado del cemento hidráulico | 61 |
| Gráfica N°4-7 Tiempo de fraguado del cemento Fancesa IP-40 | 61 |
| Gráfica N°4-8 Medida del tiempo de fraguado con adición del 0,15% de azúcar..... | 63 |
| Gráfica N°4-9 Comparación entre el tiempo de fraguado patrón y con azúcar..... | 64 |
| Gráfica N°4-10 Comportamiento del asentamiento en función a la adición del azúcar .. | 67 |
| Gráfica N°4-11 Determinación del histograma con datos patrón | 69 |
| Gráfica N°4-12 Campana de Gauss | 71 |
| Gráfica N°4-13 Zona de aceptación en hipótesis..... | 73 |