

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO**

**TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**



**“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS AGREGADOS EN LA  
TRABAJABILIDAD DE CONCRETOS PARA PAVIMENTOS  
RÍGIDOS”**

Por:

**RUEDA MARTINEZ JOSE DIONICIO**

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

**Semestre II-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 DE LOS AGREGADOS EN LA  
TRABAJABILIDAD DE CONCRETOS PARA PAVIMENTOS  
RÍGIDOS”**

Por:

**RUEDA MARTINEZ JOSE DIONICIO**

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

**Semestre II-2023**

**TARIJA-BOLIVIA**

### **DEDICATORIA:**

Le dedico el resultado de este trabajo a mis padres: Catalino Rueda Hoyos y Benedicta Martinez Rodriguez, por el apoyo incondicional que me brindaron, por ser la pieza clave para la culminación de mis estudios superiores.

**ÍNDICE**  
**CAPÍTULO I**  
**GENERALIDADES**

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| 1.1. Antecedentes.....                                | 1             |
| 1.2. Justificación del problema.....                  | 3             |
| 1.3. Planteamiento del problema.....                  | 4             |
| 1.3.1. Situación problemática.....                    | 4             |
| 1.3.2. Problema.....                                  | 5             |
| 1.4. Objetivo.....                                    | 5             |
| 1.4.1. Objetivo general.....                          | 5             |
| 1.4.2. Objetivos específicos.....                     | 6             |
| 1.5. Hipótesis.....                                   | 6             |
| 1.6. Variables.....                                   | 6             |
| 1.6.1. Definición conceptual.....                     | 6             |
| 1.6.2. Definición operacional.....                    | 7             |
| 1.7. Diseño metodológico.....                         | 8             |
| 1.7.1. Componentes.....                               | 8             |
| 1.7.2. Población.....                                 | 8             |
| 1.7.3. Muestreo.....                                  | 8             |
| 1.7.4. Muestra.....                                   | 9             |
| 1.7.5. Métodos, técnicas y procedimientos.....        | 10            |
| 1.7.6. Preparación para la aplicación de equipos..... | 11            |

|   |    |
|---|----|
| 1.7.7. Procedimiento de aplicación..... | 12 |
| 1.7.8. Análisis estadístico.....        | 13 |
| 1.8. Alcance de la investigación.....   | 14 |

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTO TEÓRICO

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 2. Fundamento teórico.....                             | 15            |
| 2.1. Áridos.....                                       | 15            |
| 2.1.1. Generalidades.....                              | 15            |
| 2.1.2 Almacenamiento.....                              | 15            |
| 2.2. Tipo de agregados.....                            | 15            |
| 2.2.1. Agregado de canto rodado y piedra chancada..... | 15            |
| 2.3. Características de los agregados.....             | 16            |
| 2.3.1. Textura superficial.....                        | 17            |
| 2.3.2. Forma del agregado.....                         | 17            |
| 2.3.3. Resistencia estructural.....                    | 17            |
| 2.3.4. Vacíos y gradación.....                         | 17            |
| 2.4. Pavimentos de concreto.....                       | 18            |
| 2.5. Características del pavimento rígido.....         | 18            |
| 2.6. Componentes del pavimento rígido.....             | 20            |
| 2.6.1. Subrasante.....                                 | 20            |
| 2.6.2. Subbase.....                                    | 20            |
| 2.6.3. Superficie de rodadura.....                     | 22            |

|        |                                    |    |
|--------|------------------------------------|----|
| 2.7.   | Mezclas en pavimentos rígidos..... | 22 |
| 2.7.1. | Agregados.....                     | 22 |
| 2.7.2. | Agregado grueso.....               | 24 |
| 2.7.3. | Agregado fino.....                 | 25 |
| 2.7.4. | Cemento.....                       | 25 |
| 2.7.5. | Agua.....                          | 27 |
| 2.7.6. | Aditivos.....                      | 27 |
| 2.8.   | Dosificación.....                  | 28 |
| 2.9.   | Propiedades mecánicas.....         | 29 |
| 2.10.  | Trabajabilidad.....                | 29 |
| 2.11.  | Consistencia.....                  | 32 |
| 2.12.  | Método cono de Abrams.....         | 33 |
| 2.13.  | Método de K-slump.....             | 33 |

### **CAPÍTULO III**

#### **ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS AGREGADOS EN LA TRABAJABILIDAD DE CONCRETOS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS**

|        | <b>Página</b>   |    |
|--------|---|----|
| 3.1.   | Características de las canteras de materiales.....            | 35 |
| 3.1.1. | Ubicación de la planta seleccionadora de áridos La Choza..... | 35 |
| 3.1.2. | Ubicación de la planta trituradora de áridos La Pintada.....  | 36 |
| 3.2.   | Caracterización de la grava.....                              | 37 |
| 3.2.1. | Granulometría de la grava.....                                | 37 |
| 3.2.2. | Peso específico de la grava.....                              | 40 |

|   |    |
|---|----|
| 3.2.3. Peso unitario de la grava.....                 | 42 |
| 3.3. Caracterización de la arena.....                 | 45 |
| 3.3.1. Granulometría de la arena.....                 | 46 |
| 3.3.2. Peso específico de la arena.....               | 47 |
| 3.4. Desgaste de los Ángeles del agregado grueso..... | 49 |
| 3.5. Caracterización del cemento.....                 | 52 |
| 3.5.1 Peso específico del cemento.....                | 52 |
| 3.6. Dosificación del hormigón.....                   | 53 |
| 3.6.1. Dosificación ACI-211.....                      | 53 |
| 3.6.2. Vaciado de probetas y vigas.....               | 59 |
| 3.6.3. Curado de probetas y vigas.....                | 68 |
| 3.6.4. Rotura de probetas y vigas.....                | 68 |

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| 4.1 Análisis de resultados.....   | 76            |
| 4.1.1. Influencia de la variabilidad del agregado en las mezclas de concreto..... | 78            |
| 4.1.2 Resultados máximos y mínimos de los parámetros ensayados.....               | 82            |

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

|                          | <b>Página</b> |
|--------------------------|---------------|
| 5.1. Conclusiones.....   | 90            |
| 5.2 Recomendaciones..... | 93            |

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

- ANEXO I            CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS Y CEMENTO
- ANEXO II            DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS CONCRETO
- ANEXO III            MEDICIONES DE LOS ASENTAMIENTOS Y  
TRABAJABILIDAD DE LAS MEZCLAS CON EL CONO DE  
ABRAMS Y K-SLUMP
- ANEXO IV            ENSAYOS DE RESISTENCIA DE PROBETAS Y PRISMAS  
(VIGAS)
- ANEXO V            PARTICULARIDADES DEL EQUIPO K-SLUMP
- ANEXO VI            DETALLAMIENTO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN  
DE LAS MUESTRAS CON EL K-SLUMP

## ÍNDICE DE TABLAS

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| Tabla 1.1 Variable independiente.....                               | 7             |
| Tabla 1.2 Variable dependiente.....                                 | 7             |
| Tabla 2.1 Especificaciones del agregado grueso.....                 | 24            |
| Tabla 2.2 Especificaciones del agregado fino.....                   | 25            |
| Tabla 2.3 Tabla de dosificaciones.....                              | 28            |
| Tabla 2.4 Asentamientos de mezcla de concreto.....                  | 32            |
| Tabla 3.1 Especificaciones granulometría de la grava.....           | 37            |
| Tabla 3.2 Granulometría de agregado canto rodado.....               | 39            |
| Tabla 3.3 Peso específico del agregado grueso.....                  | 41            |
| Tabla 3.4 Variabilidad del peso específico del agregado grueso..... | 41            |
| Tabla 3.5 Peso unitario suelto del agregado grueso.....             | 43            |
| Tabla 3.6 Peso unitario compactado del agregado grueso.....         | 44            |
| Tabla 3.7 Variabilidad del peso unitario del agregado grueso.....   | 44            |
| Tabla 3.8 Especificaciones granulometría de la arena.....           | 45            |
| Tabla 3.9 Granulometría de la arena.....                            | 46            |
| Tabla 3.10 Peso específico de la arena.....                         | 49            |
| Tabla 3.11 Ensayo desgaste de los Ángeles.....                      | 51            |
| Tabla 3.12 Variabilidad del desgaste de los agregados.....          | 51            |
| Tabla 3.13 Peso específico del cemento.....                         | 52            |
| Tabla 3.14 Asentamiento de la mezcla de concreto.....               | 54            |
| Tabla 3.15 Requerimiento de agua.....                               | 55            |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 3.16 Volumen del agregado grueso.....                            | 56 |
| Tabla 3.17 Dosificación con agregado canto rodado.....                 | 56 |
| Tabla 3.18 Variabilidad de la dosificación.....                        | 59 |
| Tabla 3.19 Variabilidad de los asentamientos de las mezclas.....       | 66 |
| Tabla 3.20 Resistencia a compresión agregado canto rodado.....         | 70 |
| Tabla 3.21 Resistencia a compresión agregado triturado.....            | 71 |
| Tabla 3.22 Resistencia a compresión agregado mezclado.....             | 72 |
| Tabla 3.23 Resistencia a flexotracción agregado canto rodado.....      | 73 |
| Tabla 3.24 Resistencia a flexotracción agregado triturado.....         | 74 |
| Tabla 3.25 Resistencia a flexotracción agregado mezclado.....          | 75 |
| Tabla 4.1. Asentamientos de mezclas de concretos.....                  | 76 |
| Tabla 4.2 Resultados de la medición la trabajabilidad con K-slump..... | 77 |
| Tabla 4.3 Resultados obtenidos con el agregado canto rodado.....       | 78 |
| Tabla 4.4 Resultados obtenidos con el agregado grueso triturado.....   | 80 |
| Tabla 4.5 Resultados obtenidos con el agregado grueso mezclado.....    | 81 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| Gráfico 3.1 Variabilidad del parámetro peso específico del agregado grueso.....     | 42            |
| Gráfico 3.2 Variabilidad del peso unitario suelto del agregado grueso.....          | 44            |
| Gráfico 3.3 Variabilidad del peso unitario compactado del agregado grueso.....      | 45            |
| Gráfico 3.4 Variabilidad del desgaste de los Ángeles.....                           | 52            |
| Gráfico 3.5 Línea media de la relación agua/cemento.....                            | 53            |
| Gráfico 3.6 Variabilidad de la cantidad de arena y grava en las dosificaciones..... | 59            |
| Gráfico 3.7 Variabilidad de los asentamientos cono de Abram y K-slump.....          | 66            |
| Gráfico 3.8 Resistencia a compresión agregado canto rodado.....                     | 70            |
| Gráfico 3.9 Resistencia a compresión agregado triturado.....                        | 71            |
| Gráfico 3.10 Resistencia a compresión agregado mezclado.....                        | 72            |
| Gráfico 3.11 Resistencia a flexotracción agregado canto rodado.....                 | 73            |
| Gráfico 3.12 Resistencia a flexotracción agregado triturado.....                    | 74            |
| Gráfico 3.13 Resistencia a flexotracción agregado mezclado.....                     | 75            |
| Gráfico 4.1 Variabilidad máxima de los asentamientos con ambas metodologías.....    | 82            |
| Gráfico 4.2 Variabilidad mínima de los asentamientos con ambas metodologías.....    | 83            |
| Gráfico 4.3 Resistencias máximas a compresión con agregado canto rodado.....        | 84            |
| Gráfico 4.4 Resistencias mínimas a compresión con agregado canto rodado.....        | 84            |
| Gráfico 4.5 Resistencias máximas a compresión con agregado triturado.....           | 85            |
| Gráfico 4.6 Resistencias mínimas a compresión con agregado triturado.....           | 86            |
| Gráfico 4.7 Resistencias máximas a compresión con agregado mezclado.....            | 86            |
| Gráfico 4.8 Resistencias mínimas a compresión con agregado mezclado.....            | 87            |

Gráfico 4.9 Resistencias máximas a flexotraccion.....88

Gráfico 4.10 Resistencias mínimas a flexotraccion.....88

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| Figura 1.1 Componentes del concreto.....                                  | 8             |
| Figura 1.2 Selección de los elementos a estudiar.....                     | 9             |
| Figura 1.3 Flujograma de análisis e interpretación de la información..... | 10            |
| Figura 2.1 Partes de un pavimento rígido.....                             | 20            |
| Figura 2.2 Revenimiento de la mezcla mediante K-slump.....                | 34            |
| Figura 2.3 Revenimiento de la mezcla mediante K-slump.....                | 34            |

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| Fotografía 3.1 Planta seleccionadora de agregados de canto rodado.....  | 36            |
| Fotografía 3.2 Planta trituradora de agregado.....                      | 36            |
| Fotografía 3.3 Juego de tamices.....                                    | 38            |
| Fotografía 3.4 Peso retenido en un tamiz.....                           | 38            |
| Fotografía 3.5 Equipo de peso sumergido del agregado grueso.....        | 40            |
| Fotografía 3.6 Peso del molde cilíndrico.....                           | 42            |
| Fotografía 3.7 Llenado del material al molde cilíndrico.....            | 43            |
| Fotografía 3.8 Secado de la arena.....                                  | 47            |
| Fotografía 3.9 Molde cónico y matraz con muestra.....                   | 48            |
| Fotografía 3.10 Tamizado del material.....                              | 49            |
| Fotografía 3.11 Máquina de los Ángeles.....                             | 50            |
| Fotografía 3.12 Tamizado y pesado de la muestra.....                    | 50            |
| Fotografía 3.13 Determinación del peso de cada material.....            | 60            |
| Fotografía 3.14 Mezcladora de hormigón.....                             | 60            |
| Fotografía 3.15 Llenado del cono de Abrams.....                         | 61            |
| Fotografía 3.16 Compactado con la varilla y enrasado del cono.....      | 62            |
| Fotografía 3.17 Medición del asentamiento de la mezcla.....             | 62            |
| Fotografía 3.18 Asentamientos de las diferentes mezclas.....            | 63            |
| Fotografía 3.19 K-slump introducido en la mezcla.....                   | 64            |
| Fotografía 3.20 Medición de la trabajabilidad de la mezcla K-slump..... | 64            |
| Fotografía 3.21 Mediciones en las diferentes mezclas K-slump.....       | 65            |

|  |    |
|--|----|
| Fotografía 3.22 Compactado de la mezcla en los moldes.....               | 67 |
| Fotografía 3.23 Enrasado de la mezcla en los moldes.....                 | 67 |
| Fotografía 3.24 Curado de probetas y vigas.....                          | 68 |
| Fotografía 3.25 Probetas y vigas en temperatura ambiente.....            | 68 |
| Fotografía 3.26 Mediciones y pesado de los especímenes.....              | 69 |
| Fotografía 3.27 Colocado de los especímenes a la prensa.....             | 69 |
| Fotografía 3.28 Rotura de las probetas y vigas.....                      | 69 |
| Fotografía 4.1 Rotura esquinada de probeta agregado canto rodado 1”..... | 79 |