

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**



**“ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LAS RESISTENCIAS DE  
PAVIMENTO RÍGIDO CON VIDRIO MOLIDO”**

**Por:**

**VELIZ CARDOZO SARA MARIANA**

Proyecto de grado CIV – 502 presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO” como requisito indispensable para optar por el grado académico de licenciatura en INGENIERÍA CIVIL

**SEMESTRE II - 2018**

**TARIJA - BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**

**“ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LAS RESISTENCIAS DE  
PAVIMENTO RÍGIDO CON VIDRIO MOLIDO”**

**Por:**

**VELIZ CARDOZO SARA MARIANA**

**CIV – 502**

**PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL II**

**SEMESTRE II - 2018**

**TARIJA - BOLIVIA**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

Advertencia  
Dedicatoria  
Agradecimiento  
Pensamiento  
Resumen

### CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Pág.
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
1.3.1 Situación problemática .....	5
1.3.2 Determinación del problema.....	5
1.4 OBJETIVOS .....	6
1.4.1 Objetivo general.....	6
1.4.2 Objetivos específicos .....	6
1.5 HIPÓTESIS .....	7
1.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES .....	7
1.6.1 Variable independiente .....	7
1.6.2 Variable dependiente .....	7
1.7 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	8
1.7.1 Variable dependiente .....	8
1.7.2 Variable independiente .....	9
1.8 DISEÑO METODOLÓGICO.....	9
1.8.1 Tipo de investigación.....	9
1.8.2 Población y muestra.....	10
1.8.2.1 Población.....	10

1.8.2.2	Muestra .....	11
1.9	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	12
1.10	PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS .....	13
1.10.1	Plan de procesamiento de información .....	13
1.10.2	Plan de análisis .....	13

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.	FUNDAMENTO TEÓRICO.....	14
2.1	PAVIMENTO RÍGIDO .....	14
2.1.2	Definición.....	14
2.2	TIPOS DE PAVIMENTO RÍGIDO .....	16
2.2.1	Los pavimentos de hormigón simple.....	16
2.2.2	Los pavimentos de hormigón simple con barras de transferencia de carga.....	16
2.2.3	Los pavimentos reforzados .....	17
2.2.4	Los pavimentos con refuerzo continuo .....	17
2.2.5	Los pavimentos con hormigón presforzado.....	17
2.2.6	Los pavimentos de hormigón fibroso .....	18
2.3	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO .....	19
2.3.1	Ventajas .....	19
2.3.2	Desventajas .....	21
2.4	ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE INTEGRAN UN PAVIMENTO. ..	21
2.4.1	Sub-rasante.....	21
2.4.2	Sub-base .....	21
2.4.3	Losa.....	23
2.4.3.1	Hormigón .....	23
2.5	COMPONENTES DE LA LOSA DE CEMENTO PORTLAND.....	24
2.5.1	Aglomerantes.....	24
2.5.2	Cemento.....	25
2.5.2.1	Composición química .....	25
2.5.2.2	Utilización .....	25

2.5.2.3	Resistencia.....	25
2.5.2.4	Fraguado.....	26
2.5.3	Clasificación del cemento según ASTM.C.150.....	26
2.5.3.1	Tipo I.....	26
2.5.3.2	Tipo II.....	27
2.5.3.3	Tipo III.....	27
2.5.3.4	Tipo IV.....	27
2.5.3.5	Tipo V.....	27
2.6	ÁRIDOS.....	28
2.6.1	Árido fino.....	28
2.6.2	Árido grueso.....	29
2.7	PROPIEDADES DE LOS ÁRIDOS GRUESO Y FINO.....	29
2.7.1	Peso unitario suelto.....	29
2.7.2	Peso unitario compactado.....	29
2.7.3	Peso específico y absorción del agregado grueso.....	30
2.7.4	Capacidad de absorción de los agregados.....	30
2.7.5	Granulometría de los agregados.....	30
2.7.6	Curva granulométrica de los agregados.....	31
2.7.7	Módulo de finura del agregado fino.....	32
2.7.8	Tamaño nominal máximo del agregado grueso.....	32
2.7.9	Agua de amasado.....	32
2.7.10	Relación agua – cemento.....	33
2.8	ESPECIFICACIONES DEL PAVIMENTO RÍGIDO.....	33
2.8.1	Espaciamiento y tipo de juntas.....	33
2.8.2	Juntas longitudinales.....	34
2.8.3	Juntas transversales de dilatación.....	37
2.8.4	Juntas transversales de contracción.....	37
2.8.5	Juntas transversales de construcción.....	40
2.9	PROPIEDADES DEL PAVIMENTO RÍGIDO.....	42
2.9.1	Resistencia media a la tracción por flexión (Flexo tracción).....	42
2.9.2	Hormigón hidráulico de losas.....	43

2.10 PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIGAS Y PROBETAS DE HORMIGÓN PARA PAVIMENTO RÍGIDO. ....	44
2.10.1 Dosificación .....	45
2.10.2 Dosificación método ACI .....	45
2.10.3 Mezcla.....	47
2.10.4 Prueba del cono de abrams .....	47
2.10.5 Llenado de moldes .....	48
2.10.6 Fraguado .....	48
2.10.7 Curado.....	48
2.10.8 Ensayo a tracción .....	49
2.10.9 Ensayo de compresión .....	49
2.10.9.1 Tipos de falla en cilindros de hormigón ensayados a compresión .....	49
2.11 PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO .....	50
2.12 PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO.....	50
2.13 VIDRIO .....	51
2.13.1 Componentes del vidrio .....	52
2.13.2 Fabricación del vidrio .....	53
2.13.3 Propiedades físicas – mecánicas del vidrio.....	55
2.13.3.1 Color.....	55
2.13.3.2 Fragilidad.....	55
2.13.3.3 Dureza.....	55
2.13.3.4 Elasticidad.....	56
2.13.3.5 Peso específico.....	56
2.13.4 Resistencia.....	56
2.13.4.1 Resistencia a la tracción.....	56
2.13.4.2 Resistencia a la flexión .....	56
2.13.4.3 Resistencia a la compresión.....	57
2.14 TIPOS DE VIDRIO .....	57
2.14.1 Vidrio sodocalcico .....	57
2.14.2 Vidrio templado .....	57
2.14.3 Vidrio laminado .....	57

2.14.4	Vidrio armado .....	58
2.14.5	Vidrio resistente a altas temperaturas .....	58
2.14.6	Reacción álcali – sílice .....	58
2.15	GESTIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS.....	58
2.15.1	Generación de residuos en Bolivia .....	59
2.16	GENERACION DE RESIDUOS EN TARIJA .....	60
2.16.1	Marco normativo.....	61
2.16.2	Marco normativo nacional.....	61
2.16.3	Marco normativo departamental .....	63
2.16.4	Residuos de vidrio.....	64
2.16.4.1	El vidrio y su impacto ambiental .....	64
2.17	RECICLAJE DEL VIDRIO.....	66
2.17.1	Propiedades del vidrio molido.....	67
2.18	USO DEL VIDRIO MOLIDO EN CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS ...	67
2.18.1	Capas granulares .....	68
2.18.2	Árido para pavimentos de concreto .....	69
2.18.3	Resistencia a compresión .....	73
2.18.4	Resistencia a tracción .....	73

### CAPÍTULO III

#### INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1	OBTENCIÓN DE LOS MATERIALES.....	74
3.2	OBTENCIÓN DEL VIDRIO MOLIDO.....	76
3.2.1	Molienda de las botellas de vidrio .....	78
3.3	CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES .....	80
3.3.1	Ensayo N° 1.- Análisis granulométrico .....	80
3.3.2	Ensayo N° 2.- Peso específico .....	85
3.3.3	Ensayo N° 3.- Peso unitario .....	86
3.3.4	Ensayo N° 4.- Desgaste de la máquina de los ángeles de la grava .....	87
3.3.5	Ensayo N° 5.- Caras fracturadas de la grava.....	88
3.3.6	Ensayo N° 6.- Peso específico del cemento .....	89
3.3.7	Ensayo N° 7.- Finura del cemento .....	89



3.3.8	Resumen de la caracterización de los agregados .....	90
3.4	DOSIFICACIÓN .....	90
3.4.1	Elaboración de probetas cilíndricas de hormigón .....	97
3.4.2	Ensayo de compresión de las probetas de hormigón .....	100
3.4.3	Elaboración de vigas de hormigón.....	101
3.4.4	Ensayo a tracción de vigas de hormigón.....	102

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	104
4.1.1	Dosificación.....	406
4.1.2	Resistencia a tracción .....	110
4.1.3	Resistencia a compresión.....	113
4.2	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	116
4.2.1	Calculo del % optimo.....	118
4.2.1	Prueba de hipótesis .....	119
4.3	ESPECIFICACIÓN TECNICA .....	122
4.3.1	Especificación técnica con vidrio molido.....	122
4.4	ANÁLISIS DE COSTOS.....	127
4.4.1	Costos del hormigón convencional.....	129
4.4.2	Costos del hormigón con vidrio molido .....	130

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	CONCLUSIONES .....	132
5.2	RECOMENDACIONES.....	137

### BIBLIOGRAFÍA

### ANEXOS

Anexo 1 Caracterización de los agregados

Anexo 2 Fotografías de la investigación

Anexo 3 Tablas para dosificación

Anexo 4 Cartas recepcionadas

Anexo 5 Tabla t - student



El tribunal calificador no se solidariza con la forma de los términos y expresiones vertidas en el mismo, siendo ésta responsabilidad de la autora.

## **DEDICATORIA**

A mis padres Justo y María:

Por el ejemplo de perseverancia que me inculcaron y por haberme apoyado en todo momento, por todos sus consejos, sus valores y por la motivación constante para alcanzar mis anhelos, por el valor que tienen para afrontar cualquier circunstancia por más difícil que sea y por su inmenso amor que me brindan.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por iluminar mi camino cada día y darme las fuerzas necesarias para seguir adelante.

A mis padres por apoyarme siempre y brindarme su amor incondicional.

A la universidad UAJMS por cobijarme entre sus aulas, para poder estudiar mi carrera, así también a los docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para la conclusión de este proyecto..

## **PENSAMIENTO**

Un poco más de persistencia,  
un poco más de esfuerzo y lo  
que parecía  
irremediablemente un fracaso  
puede convertirse en un éxito  
glorioso.

Autor: Elbert Hubbar

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1: Operacionalización de la variable dependiente.....	8
Tabla N° 2: Operacionalización de la variable independiente .....	9
Tabla N° 3: Nivel de confianza .....	10
Tabla N° 4: Ensayos a realizarse de la investigación .....	11
Tabla N° 5: Resumen de ensayos .....	12
Tabla N° 6: Recolección de información .....	12
Tabla N° 7: Límites de Granulometría del agregado grueso .....	31
Tabla N° 8: Límites de granulometría agregado fino .....	32
Tabla N° 9: Relación de agua cemento para distintas resistencias.....	45
Tabla N° 10: Datos requeridos para la dosificación .....	47
Tabla N° 11: Caracterización de los resultados.....	90
Tabla N° 12: Dosificaciones .....	91
Tabla N° 26: Caracterización de los resultados.....	105
Tabla N° 26: Resultados de ensayo a tracción .....	110
Tabla N° 28: Tratamiento estadístico de resistencia a compresión .....	117
Tabla N° 29: Tratamiento estadístico de resistencia a tracción.....	118

## ÍNDICE DE GRAFICOS

	Pág.
Gráfico N° 1: Granulometría de la grava .....	81
Gráfico N° 2: Curva granulometría de la arena .....	82
Gráfico N° 3: Curva granulometría de la arena .....	83
Gráfico N° 4: Curva granulométrica del vidrio molido.....	84
Gráfico N° 5: Variación de la resistencia a Flexo - Tracción a los 28 días .....	111
Gráfico N° 6: Variación de la resistencia a compresión a los 28 días.....	114



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1: Esquema del comportamiento de pavimentos .....	14
Figura N° 2: Capas del pavimento rígido.....	22
Figura N° 3: Elementos principales de un pavimento de hormigón .....	34
Figura N° 4: Juntas longitudinales amarradas.....	35
Figura N° 5: Juntas longitudinales articuladas con llave .....	36
Figura N° 6: Juntas de Dilatación .....	37
Figura N° 7: Juntas transversales de contracción con sello .....	40
Figura N° 8: Dimensiones de junta transversal de contracción con sello .....	40
Figura N° 9: Justas transversales de construcción .....	40
Figura N° 10: Relación entre $f'c$ y MR en $kg/cm^2$ .....	43
Figura N° 11: Factores básicos de diseño de una mezcla de hormigón .....	46
Figura N° 12: Tipos de fallas de hormigón a compresión .....	50
Figura N° 13: Estructura atómica y cristal del vidrio .....	54
Figura N° 14: Fabricación del vidrio .....	54
Figura N° 15: Bolivia, composición media de los residuos solidos.....	59
Figura N° 16: Tarija potencial de residuos sólidos generados en diferentes municipios (Ton/dia).....	60
Figura N° 17: Bolivia, cronología del marco para el sector de residuos solidos .....	62
Figura N° 18: Tarija municipios que cuentan con reglamentos y ordenanzas municipales relacionadas al manejo de residuos sólidos.....	64
Figura N° 19: Degradacion en el medio ambiente de algunos materiales .....	64
Figura N° 20: Chancadora garzón.....	74
Figura N° 21: Zona San Mateo .....	75
Figura N° 22: recolección de botellas de vidrio.....	76
Figura N° 23: Zona de recolección de envases de vidrio.....	77
Figura N° 24: Secado de las botellas de vidrio .....	78
Figura N° 25: Materiales para la molienda del vidrio.....	79
Figura N° 26: obtención del vidrio molido .....	79
Figura N° 28: Grado de ensaye (Definidos por sus rangos de tamaño, en mm).....	88

Figura N° 27: Materiales pesados para la respectiva mezcla.....	97
Figura N° 28: Vaciado la mezcla de la mezcladora a una fuente.....	98
Figura N° 29: Cono de abrams y probetas .....	98
Figura N° 30: llenado de la probeta de hormigón .....	99
Figura N° 31: Ensayo a compresión.....	100
Figura N° 32: Material listo para vaciar vigas .....	101
Figura N° 33: Sacando las burbujas de aire de la viga.....	102
Figura N° 34: Ensayo Flexo – Tracción.....	103
Figura N° 35: Juntas transversales .....	128
Figura N° 36: Juntas longitudinales .....	128