

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO

TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL TIPO DE AGREGADO
EN LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN
CARRETERAS”**

Por:

MARÍA DOLORES ARANIBAR CHUSCO

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 - 2022

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA:

Dedico con todo mi corazón mi tesis a mi madre Carla Aranibar a pesar de la discapacidad física-motora que tiene pues sin ella no lo hubiera logrado y por el aliento y apoyo incondicional que me brindó para cumplir mis objetivos.

También dedicar a mi tía Noemí Aranibar que de una u otra forma me colaboró, de manera desinteresada en la realización de este trabajo de graduación.

ÍNDICE
CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. SITUACIÓN PROBLÉMICA	3
1.2.1. Problema	3
1.2.2. Relevancia y factibilidad del problema	3
1.2.3. Delimitación temporal y espacial de la investigación	4
1.3. JUSTIFICACIÓN	4
1.4. OBJETIVOS	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivo específicos	5
1.5. HIPÓTESIS.....	5
1.6. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	6
1.6.1. Variable independiente	6
1.6.2. Variable dependiente	7
1.7. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN	8
1.8. UNIDADES DE ESTUDIO Y DECISIÓN MUESTRAL.....	8
1.8.1. Unidad de estudio	8
1.8.2. Población	8
1.8.3. Muestra	8
1.8.4. Selección de las técnicas de muestreo	9
1.9. MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS.....	9
1.9.1. Métodos	9

1.9.2. Técnicas	9
1.10. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	10
1.11. ALCANCE.....	10

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DEL PAVIMENTO RÍGIDO

	Página
2.1. INTRODUCCIÓN	12
2.2. PAVIMENTO RÍGIDO	13
2.3. TIPOS DE PAVIMENTO RÍGIDO.....	13
2.3.1. Pavimento rígido simple.....	13
2.3.1.1.Pavimento rígido simple sin pasadores.....	13
2.3.1.2. Pavimento rígido simple con pasadores.....	14
2.3.2. Pavimento rígido con refuerzo de acero y elementos de transferencia de carga ...	15
2.3.2.1. Pavimento rígido (con refuerzo de acero no estructural).....	15
2.3.2.2. Pavimento rígido (con refuerzo de acero estructural).....	16
2.3.3. Pavimento rígido con refuerzo continuo	16
2.3.4. Pavimento rígido pretensado o potenciado.....	18
2.3.5. Pavimento rígido reforzado con fibras	18
2.4. COMPONENTES DEL PAVIMENTO RÍGIDO.....	18
2.4.1. Subrasante.....	18
2.4.2. Subbase	19
2.4.2.1. Tipos de subbase	19
2.4.3. Capa de rodadura	20
2.4.3.1. Losa de hormigón.....	20
2.5. HISTORIA DE LOS AGREGADOS	20

2.6. TIPOS DE AGREGADOS SEGÚN LA NB 596	21
2.6.1. Agregado natural	21
2.6.2. Agregado artificial	22
2.7. CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS	22
2.7.1. Clasificación por origen.....	22
2.7.1.1. Agregados ígneos	23
2.7.1.2. Agregados sedimentarios	23
2.7.1.3. Agregados metamórficos	23
2.7.2. Clasificación según su tamaño	24
2.7.3. Clasificación según su densidad	24
2.8. IMPORTANCIA DEL AGREGADO	25
2.9. CONTROL DE CALIDAD DEL PAVIMENTO RÍGIDO	26
2.9.1. Control sobre los materiales componentes	26
2.9.1.1. Agregados	26
2.9.1.1.1. Propiedades físicas de los agregados	27
2.9.1.1.1.1. Gradación de agregado grueso	27
2.9.1.1.1.2. Gradación del agregado fino	29
2.9.1.1.1.3. Módulo de finura del agregado fino.....	29
2.9.1.1.1.4. Equivalente de arena	30
2.9.1.1.1.5. Peso específico	30
2.9.1.1.1.6. Peso unitario	31
2.9.1.1.2. Propiedades mecánicas.....	32
2.9.1.1.2.1. Ensayo a la abrasión en la máquina de los Ángeles.....	32
2.9.1.2. Agua	33
2.9.1.2.1. Agua en el hormigón.....	34

2.9.1.3. Cemento	35
2.9.1.3.1. Cemento portland	36
2.9.1.3.2. Cemento portland con puzolana tipo Ip	36
2.9.1.3.3. Cemento portland Ip 40.....	36
2.9.1.4. Aditivos	37
2.9.2. Control del hormigón en estado fresco	38
2.9.2.1. Consistencia	38
2.9.2.2. Temperatura	39
2.9.2.3. Contenido de aire	39
2.9.2.4. Tiempo de fraguado	40
2.9.3. Control sobre las tareas de compactación terminación y curado.....	40
2.9.3.1. Compactación.....	40
2.9.3.2. Terminación	41
2.9.3.3. Curado	41
2.9.4. Control del hormigón en estado endurecido.....	42
2.9.4.1. Resistencia a compresión en probetas.....	42
2.9.4.2. Resistencia a flexión en vigas	43
2.9.4.3. Resistencia a compresión en testigos	46
2.10. EL AGREGADO EN EL HORMIGÓN	47
2.10.1. Hormigón	47
2.10.2. Calidad del hormigón	48
2.10.3. Función del agregado en el hormigón.....	49
2.11. INFLUENCIA DEL AGREGADO QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO.....	49
2.11.1. Tipo de agregado.....	49

2.11.2. Resistencia intrínseca del agregado.....	50
2.11.3. Tamaño máximo y distribución granulométrica	51
2.11.4. Textura y limpieza.....	51
2.11.5. Expansión térmica	52
2.11.6. Resistencia al desgaste	52
2.11.7. Módulo de elasticidad	52
2.11.8. Presencia de minerales potencialmente reactivos	52
2.11.9. Resistencia al congelamiento y deshielo	53
2.12. MARCO REFERENCIAL.....	53

CAPÍTULO III

CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

	Página
3.1. MUESTRA.....	56
3.2. UBICACIÓN DE LOS AGREGADOS EXTRAÍDOS	56
3.2.1. Agregados naturales	56
3.2.1.1. La Pintada	56
3.2.1.2. San Luis.....	58
3.2.1.3. San Blas.....	59
3.2.2. Agregados artificiales	60
3.2.2.1. Santa Ana	60
3.2.2.2. San José De Charaja.....	61
3.2.2.3. San Mateo	62
3.3. ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS.....	63
3.3.1. Granulometría de los agregados ASTM C 136	63
3.3.2. Peso específico y absorción del agregado grueso ASTM C 127.....	64

3.3.3. Peso específico y absorción del agregado fino ASTM C 128	66
3.3.4. Peso unitario ASTM C 29	68
3.3.5. Ensayo para determinar el desgaste ASTM C 131	69
3.3.6. Equivalente de arena ASTM D 2419.....	70
3.4. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS	
NATURALES.....	72
3.4.1. La Pintada	72
3.4.1.1. Características físicas del agregado grueso.....	72
3.4.1.2. Características mecánicas.....	73
3.4.1.3. Características físicas del agregado fino	73
3.4.2. San Luis	74
3.4.2.1. Características físicas del agregado grueso.....	74
3.4.2.2. Características mecánicas.....	75
3.4.2.3. Características físicas del agregado fino	75
3.4.3. San Blas	76
3.4.3.1. Características físicas del agregado grueso.....	76
3.4.3.2. Características mecánicas.....	77
3.4.3.3. Características físicas del agregado fino	77
3.5. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS	
ARTIFICIALES.....	78
3.5.1. Santa Ana.....	78
3.5.1.1. Características físicas del agregado grueso.....	78
3.5.1.2. Características mecánicas.....	79
3.5.1.3. Características físicas del agregado fino	79
3.5.2. San José De Charaja	80
3.5.2.1. Características físicas del agregado grueso.....	80

3.5.2.2. Características mecánicas.....	81
3.5.2.3. Características físicas del agregado fino	81
3.5.3. San Mateo	82
3.5.3.1. Características físicas del agregado grueso.....	82
3.5.3.2. Características mecánicas.....	83
3.5.3.3. Características físicas del agregado fino	83
3.6. DOSIFICACIÓN	84
3.6.1. Determinación de proporciones con IP 30.....	84
3.6.2. Determinación de proporciones con IP40.....	84
3.6.3. Elaboración de mezclas	85
3.6.4. Preparación de probetas	86
3.6.5. Preparación de vigas	88
3.6.6. Rotura de probetas	89
3.6.7. Rotura de vigas	91
3.7. RESULTADOS DE ASENTAMIENTO DEL HORMIGÓN CON LA UTILIZACIÓN DE LOS AGREGADOS NATURALES Y ARTIFICIALES.....	92
3.8. RESULTADOS DE RESISTENCIA DE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN.....	92

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

	Página
4.1. EVALUACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS NATURALES Y ARTIFICIALES	93
4.2. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MÓDULO DE FINURA	97
4.3. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL EQUIVALENTE DE ARENA....	98
4.4. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA ABRASIÓN	99
4.5. EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE CEMENTO	100

4.6. EVALUACIÓN DEL ASENTAMIENTO	101
4.7. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN.....	102
4.8. EVALUACIÓN DEL Ph DEL AGUA	107
4.9. INTERPRETACIÓN GENERAL DE LOS RESULTADOS DE LOS TIPOS DE AGREGADOS	107
4.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESISTENCIA.....	110
4.11. ANÁLISIS DE COSTOS.....	129

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1. CONCLUSIONES	136
5.2. RECOMENDACIONES	138

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO 1 IMAGEN SATELITAL GENERAL DE LA LOCALIZACIÓN DE LOS
AGREGADOS

ANEXO 2 CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS

ANEXO 3 TABLAS DE DOSIFICACIÓN MÉTODO ACI

ANEXO 4 DOSIFICACIÓN MÉTODO ACI

ANEXO 5 ENSAYOS DE RESISTENCIA

ANEXO 6 INFORME DE ENSAYO DEL pH DEL AGUA

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 Componentes del pavimento rígido	12
Figura 2.2 Pavimento rígido simple sin pasadores	14
Figura 2.3 Pavimento rígido con pasadores	15
Figura 2.4 Pavimento rígido reforzado con juntas	16
Figura 2.5 Pavimento rígido con refuerzo continuo	17
Figura 2.6 Estado de saturación	31
Figura 2.7 Equipo para el ensayo de revenimiento	38
Figura 2.8 Equipo para contenido de aire método de presión.....	39
Figura 2.9 Diagrama de prueba a compresión del concreto ASTM C-39.....	43
Figura 2.10 Diagrama de prueba de flexión ASTM C-78.....	44
Figura 2.11 Proporciones típicas de los componentes del concreto.	47
Figura 3.1 Imagen satelital de la localidad la Pintada.....	57
Figura 3.2 Imagen satelital de la localidad de San Luis.....	58
Figura 3.3 Imagen satelital de la localidad de San Blas.....	59
Figura 3.4 Imagen satelital de la localidad Santa Ana	60
Figura 3.5 Imagen satelital de la localidad de San José De Charaja.....	61
Figura 3.6 Imagen satelital de la localidad de San Mateo.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1 Conceptualización y operacionalización de la variable independiente.....	6
Tabla 1.2 Conceptualización y operacionalización de la variable dependiente.....	7
Tabla 1.3 Distribución de la muestra	9
Tabla 2.1 Tipos de subbase para pavimento rígido.....	20
Tabla 2.2 Clasificación de las rocas ígneas.....	23
Tabla 2.3 Clasificación según su tamaño.....	24
Tabla 2.4 Gradación del agregado grueso.....	28
Tabla 2.5 Gradación del agregado fino.....	29
Tabla 2.6 Tipo de abrasión según granulometría, utilizando 5000gr. de muestra	32
Tabla 2.7 Requisitos para el agua	34
Tabla 3.1 Granulometría agregado grueso localidad La Pintada	72
Tabla 3.2 Características físicas del agregado grueso localidad La Pintada.....	72
Tabla 3.3 Característica mecánica localidad La Pintada.....	73
Tabla 3.4 Granulometría del agregado fino localidad La Pintada	73
Tabla 3.5 Características físicas del agregado fino localidad La Pintada	73
Tabla 3.6 Granulometría agregado grueso localidad San Luis	74
Tabla 3.7 Características físicas del agregado grueso localidad San Luis.....	74
Tabla 3.8 Característica mecánica localidad San Luis.....	75
Tabla 3.9 Granulometría del agregado fino localidad San Luis.....	75
Tabla 3.10 Características físicas del agregado fino localidad San Luis	75
Tabla 3.11 Granulometría agregado grueso localidad San Blas	76
Tabla 3.12 Características físicas del agregado grueso localidad San Blas.....	76
Tabla 3.13 Característica mecánica localidad San Blas.....	77
Tabla 3.14 Granulometría agregado fino localidad San Blas	77
Tabla 3.15 Características físicas agregado fino localidad San Blas.....	77
Tabla 3.16 Granulometría agregado grueso localidad Santa Ana.....	78
Tabla 3.17 Características físicas agregado grueso localidad Santa Ana	78
Tabla 3.18 Característica mecánica localidad Santa Ana	79

Tabla 4.11 Valores de referencia la desviación estándar para establecer la calidad del hormigón	110
Tabla 4.12 Resistencia a flexión con agregados naturales IP 30	112
Tabla 4.13 Resistencia a compresión con agregados naturales IP 30	114
Tabla 4.14 Resistencia a flexión con agregados artificiales IP30	116
Tabla 4.15 Resistencia a compresión con agregados artificiales IP 30.....	118
Tabla 4.16 Resistencia a flexión con agregados naturales IP 40	120
Tabla 4.17 Resistencia a compresión con agregados naturales IP 40	122
Tabla 4.18 Resistencia a flexión con agregados artificiales IP40.....	124
Tabla 4.19 Resistencia a compresión con agregados artificiales IP 40.....	126
Tabla 4.20 Resumen del Análisis de costos del hormigón simple o convencional para pavimento rígido	133

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 4.1 Comportamiento granulométrico del agregado grueso de Charaja.....	93
Gráfica 4.2 Comportamiento granulométrico del agregado grueso de San Mateo	94
Gráfica 4.3 Comparación del comportamiento granulométrico del agregado grueso	95
Gráfica 4.4 Comparación del comportamiento granulométrico del agregado fino.....	96
Gráfica 4.5 Módulo de finura de cada tipo de agregado (natural y artificial).....	97
Gráfica 4.6 Equivalente de arena de cada tipo de arena (natural y artificial)	98
Gráfica 4.7 Desgaste por abrasión de cada tipo de agregado (natural y artificial)	99
Gráfica 4.8 Consumo de cemento de cada tipo de agregado (natural y artificial).....	100
Gráfica 4.9 Asentamiento y requerimiento de agua del hormigón para cada tipo de agregado	101
Gráfica 4.10 Resistencia a flexión con cada tipo de agregado (natural y artificial)	103
Gráfica 4.11 Porcentaje a flexión a partir de la resistencia a compresión de diseño	104
Gráfica 4.12 Porcentaje a flexión a partir de la resistencia a compresión de diseño	106
Gráfica 4.13 Comparación de la resistencia a Flexión respecto al equivalente de arena	108
Gráfica 4.14 Comparación de la resistencia a flexión respecto al desgaste y requerimiento de agua.....	109
Gráfica 4.15 Análisis estadístico resistencia a flexión con agregados naturales IP30	113
Gráfica 4.16 Análisis estadístico de resistencia a compresión con agregados naturales IP30	115
Gráfica 4.17 Análisis estadístico de resistencia a flexión con agregados artificiales IP30	117
Gráfica 4.18 Análisis estadístico de resistencia a compresión agregados artificiales IP30.....	119
Gráfica 4.19 Análisis estadístico resistencia a flexión con agregados naturales IP40	121

Gráfica 4.20 Análisis estadístico resistencia a compresión con agregados naturales IP40	123
Gráfica 4.21 Análisis estadístico resistencia a flexión con agregados artificiales IP40	125
Gráfica 4.22 Análisis estadístico de resistencia a compresión con agregado artificial IP40	127
Gráfica 4.23 Análisis de costo de la mezcla de hormigón en función de la resistencia a compresión	133
Gráfica 4.24 Análisis de costo de la mezcla de hormigón en función de la resistencia a flexión	134

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Página
Fotografía 2.1 Agregado natural (canto rodado).....	21
Fotografía 2.2 Agregado artificial (triturado o chancado)	22
Fotografía 3.1 Seleccionadora de la Pintada.....	57
Fotografía 3.2 Seleccionadora de San Luis.....	58
Fotografía 3.3 Seleccionadora de San Blas.....	59
Fotografía 3.4 Chancadora de Santa Ana.....	60
Fotografía 3.5 Chancadora de San José De Charaja	61
Fotografía 3.6 Chancadora de San Mateo	62
Fotografía 3.7 Proceso de tamizado	63
Fotografía 3.8 Pesaje de la muestra.....	64
Fotografía 3.9 Saturación del agregado grueso durante 24 horas	65
Fotografía 3.10 Secado superficialmente	65
Fotografía 3.11 Peso de la muestra saturada dentro el agua	65
Fotografía 3.12 Saturación de la muestra durante 24 horas	66
Fotografía 3.13 Secado de la muestra de manera uniforme	67
Fotografía 3.14 500 g. de muestra saturados en agua dentro de un matraz	67
Fotografía 3.15 Peso unitario del agregado grueso.....	68
Fotografía 3.16 Peso unitario del agregado fino	68
Fotografía 3.17 Colocado de la muestra en el tambor	69
Fotografía 3.18 Muestra sometida al impacto de esferas	69
Fotografía 3.19 Introducción del tubo irrigador.....	71
Fotografía 3.20 Lecturación del equivalente de arena	71
Fotografía 3.21 Bandejas con los materiales pesados para la mezcla según la dosificación de diseño.....	85
Fotografía 3.22 Mezclado del hormigón.....	86
Fotografía 3.23 Varillado	87
Fotografía 3.24 Vibrado con un combo de goma.....	87
Fotografía 3.25 Aceiteo a los moldes.....	88

Fotografía 3.26 Varillado de cada capa.....	88
Fotografía 3.27 Curado de probetas y vigas.....	89
Fotografía 3.28 Secado de las probetas a temperatura ambiente	90
Fotografía 3.29 Registro de resultados de la rotura de probetas a compresión.....	90
Fotografía 3.30 Preparación del espécimen para la rotura	91
Fotografía 3.31 Ingreso de datos para la rotura de viga a flexión.....	91