

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



**“EVALUACIÓN TÉCNICA DE PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO
DE ALTAS PRESTACIONES COMO CAPA DE RODADURA PARA TRÁFICO
PESADO VS EL PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL”**

POR:

IBARRA VEIZAGA MARCOS

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 - 2022

TARIJA – BOLIVIA

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

**“EVALUACIÓN TÉCNICA DE PAVIMENTO DE CONCRETO POROSO DE
ALTAS PRESTACIONES COMO CAPA DE RODADURA PARA TRÁFICO
PESADO VS EL PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL”**

POR:

IBARRA VEIZAGA MARCOS

Semestre I - 2022
TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mis padres, pilares fundamentales en toda mi formación, que me motivaron a culminar un gran paso en mi vida. Su bendición a diario y a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.	2
1.3. DISEÑO TEÓRICO.....	2
1.3.1. Planteamiento del problema.	2
1.3.1.1. Situación problemática	2
1.3.1.2. Problema	3
1.3.2. Objetivos.....	3
1.3.2.1. Objetivo General.	3
1.3.2.2. Objetivo Específicos.....	4
1.3.3. Hipótesis	4
1.3.4. Definición de variables operacionales.....	4
1.4. DISEÑO METODOLÓGICO.	5
1.4.1. Componentes.	5
1.4.1.1. Unidad de estudio.....	5
1.4.1.2. Población.	5
1.4.1.3. Muestra.	5
1.4.1.4. Muestreo.	6
1.4.2. Métodos y técnicas empleadas.....	7
1.4.2.1. Metodología.	7
1.4.2.2. Técnicas.	7
1.4.2.3. Medios.	8
1.4.3. Alcance de la investigación	9

CAPÍTULO II
MARCO TEORICO

	Página
2.1. DESCRIPCIÓN DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS.....	10
2.2. ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS Y SUS FUNCIONES.	11
2.2.1. Losas de concreto hidráulico	11
2.2.2. Capa Sub-base.....	11
2.2.3. Capa Subrasante.....	11
2.3. TIPIFICACIÓN Y PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO12	
2.4. CONCRETO HIDRÁULICO PARA PAVIMENTOS RÍGIDO.	12
2.5. FACTORES QUE AFECTAN EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRAULICO.....	13
2.6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DEL PAVIMENTO RÍGIDO.....	13
2.6.1. Desventajas	14
2.7. PAVIMENTOS POROSOS	16
2.7.1. Antecedentes.....	16
2.7.2. Definición pavimento permeable o poroso.....	17
2.7.3. Clasificación de firmes permeables.	18
2.7.4. Ventajas del pavimento permeable o poroso.....	21
2.7.5. Desventajas de los pavimentos Permeables.....	24
2.7.6. Aplicación del pavimento permeable o poroso.....	25
2.8. SECCIONES DEL PAVIMENTO PERMEABLES O POROSOS.	26
2.8.1. Mezclas Asfálticas porosas.....	26
2.8.2. Hormigón permeable o poroso.	27

2.8.2.1. Capas inferiores del pavimento poroso.	28
2.8.2.2. Diseño de espesores del pavimento permeable.	28
2.9. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES COMPONENTES DEL HORMIGÓN POROSO.	37
2.9.1. Agregados.	38
2.9.1.1. Agregado Grueso.	39
2.9.1.2. Agregado Fino.	40
2.9.2. Cemento.	40
2.9.3. Agua.	41
2.9.4. Aditivos.	41
2.9.4.1. Fibra sintética.	42
2.9.4.2. Incorporador de aire.	43
2.9.4.3. BV-40.	43
2.10. PROPIEDADES DE PAVIMENTOS POROSOS.	44
2.10.1. Propiedades en estado fresco.	44
2.10.1.1. Revenimiento.	44
2.10.1.2. Peso unitario.	44
2.10.1.3. Tiempo de fraguado.	44
2.10.2. Propiedades en el estado endurecido.	45
2.10.2.1. Porosidad.	45
2.10.2.2. Permeabilidad.	45
2.10.3. Propiedades mecánicas.	50
2.10.3.1. Resistencia a la compresión.	50
2.10.3.2. Resistencia a la flexión.	51
2.10.3.3. Contracción.	52

2.11. SISTEMA DE INFILTRACIÓN EN LAS CAPAS DEL PAVIMENTO POROSO.	52
2.11.1. Sistema de infiltración total.	52
2.11.2. Sistema de infiltración parcial.	53
2.11.3. Sistema sin infiltración.	54

CAPÍTULO III

METODOLOGIA Y DESARROLLO DE LA INVESTIGACION

	Página
3.1. SELECCIÓN DE LOS MATERIALES.....	55
3.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES	57
3.2.1. Granulometría	57
3.2.2. Desgaste mediante la máquina de los ángeles (ASTM E 131; AASHTO T96-99)60	60
3.2.3. Peso específico del agregado grueso ASTM C-127 (grava, gravilla).....	64
3.2.4. Peso específico del agregado fino (ASTM C 128)	66
3.2.5. Peso unitario de los agregados.....	68
3.3. DOSIFICACIÓN	71
3.3.1. Dosificación para el hormigón convencional	71
3.3.2. Dosificación para el hormigón poroso	73
3.4. ADITIVOS	78
3.5. CURADO DEL CONCRETO PERMEABLE	79
3.6. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL HORMIGÓN	79
3.6.1. Ensayos en estado endurecido del concreto permeable	79
3.6.1.1. Resistencia a compresión.....	79
3.6.1.2. Resistencia a tensión indirecta por compresión diametral.....	82
3.6.1.3. Resistencia a flexión en vigas	83

3.6.1.4. Permeabilidad.....	84
3.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS	87
3.7.1. Resultados de las probetas de hormigón convencional sometidas a compresión ..	87
3.7.2. Resultados de las probetas de hormigón poroso sometidas a compresión	88
3.7.3. Análisis comparativo de la resistencia a la compresión	102
3.7.4. Resultados de las probetas de hormigón convencional sometidas a tensión indirecta	104
3.7.5. Resultados de las probetas de hormigón poroso sometidas a tensión indirecta ..	105
3.7.6. Resultados de las vigas de hormigón sometidas a flexión	110
3.7.7. Análisis comparativo de la resistencia a la flexión	118
3.7.8. Análisis de la permeabilidad.....	120
3.7.9. Análisis de costos.....	122

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
4.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
4.1.1. Conclusiones.....	123
4.1.2. Recomendaciones	124

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. 1 Variables	4
Tabla 1. 2 Muestras en la primera instancia.....	6
Tabla 1. 3 Muestras en la primera instancia.....	6
Tabla 2. 1 Clasificación propuesta de pavimentos permeables	19
Tabla 2. 2 Capas de pavimento poroso	28
Tabla 2. 3 Coeficiente Cs	30
Tabla 2. 4 Métodos para el cálculo de espesor del pavimento poroso.....	35
Tabla 2. 5 Características de los agregados.....	40
Tabla 2. 6 Propiedades típicas del hormigón poroso	52
Tabla 3. 1 Granulometría del agregado grueso	58
Tabla 3. 2 Granulometría del agregado fino	59
Tabla 3. 3 Tabla de pesos del agregado grueso y N° de esferas Para el Desgaste de los Ángeles.	61
Tabla 3.4 Tabla de datos del Desgaste de Los Ángeles (grava).....	63
Tabla 3. 5 Tabla de resultados del Desgaste de Los Ángeles (grava)	64
Tabla 3. 6 Tabla de resultados del peso específico (grava).....	65
Tabla 3. 7 Tabla de resultados del peso específico (arena).....	68
Tabla 3. 8 Peso unitario.....	69
Tabla 3. 9 Peso compactado	69
Tabla 3. 10 Peso unitario suelto.....	70
Tabla 3. 11 Peso unitario compactado	70
Tabla 3. 12 Características de los agregados por la ACI	71
Tabla 3. 13 Características de diseño.....	72
Tabla 3. 14 Pesos de los ingredientes	72
Tabla 3. 15 Peso húmedo de los ingredientes y proporción de la mezcla.....	73
Tabla 3. 16 Relación b/bo	75
Tabla 3. 17 Cantidades para dosificar	76
Tabla 3. 18 Cantidad de aditivo incorporador de aire.....	76
Tabla 3. 19 Granulometría N° 8.....	77
Tabla 3. 20 Resistencia a compresión del hormigón convencional.....	87

Tabla 3. 21 Resistencia a compresión del hormigón poroso con fibra sintética y 0.02 % de Incorporador de aire.	88
Tabla 3. 22 Resistencia a compresión del hormigón poroso con fibra sintética y 0.04 % de incorporador de aire.	89
Tabla 3. 23 Resistencia a compresión del hormigón poroso con fibra sintética y 0.06 % de incorporador de aire.	90
Tabla 3. 24 Resistencia a compresión del hormigón poroso con fibra sintética y 0.08 % de incorporador de aire.	91
Tabla 3. 25 Resistencia a compresión del hormigón poroso con fibra sintética y 0.10 % de incorporador de aire.	92
Tabla 3. 26 Resistencia a compresión del hormigón poroso con fibra sintética y 0.10 % de incorporador de aire.	93
Tabla 3. 27 Resistencia a compresión del hormigón poroso con BV-40 + Inc aire	94
Tabla 3. 28 Resistencia a compresión del hormigón poroso con BV-40 + Inc aire + 20% de cemento	95
Tabla 3. 29 Resistencia a compresión del hormigón poroso con BV-40 + Inc aire + 25% de cemento	96
Tabla 3. 30 Resistencia a compresión del hormigón poroso con BV-40 + Inc aire + Fibra	97
Tabla 3. 31 Resistencia a compresión del hormigón poroso con BV-40 + Inc aire + Fibra + 20% de cemento	98
Tabla 3. 32 Resistencia a compresión del hormigón poroso con BV-40 + Inc aire + Fibra + 25% de cemento	99
Tabla 3. 33 Resistencia a compresión del hormigón poroso con BV-40 + Inc aire + Fibra + 30% de cemento	100
Tabla 3. 34 Resistencia a tensión indirecta	104
Tabla 3. 35 Resistencia a la tensión indirecta del hormigón poroso a 0.02 % de aditivo	105
Tabla 3. 36 Resistencia a la tensión indirecta del hormigón poroso a 0.0.4 % de aditivo	106

Tabla 3. 37 Resistencia a la tensión indirecta del hormigón poroso a 0.06 % de aditivo	107
Tabla 3. 38 Resistencia a la tensión indirecta del hormigón poroso a 0.08 % de aditivo	108
Tabla 3. 39 Resistencia a la tensión indirecta del hormigón poroso a 0.10 % de aditivo	109
Tabla 3. 40 Resistencia a la flexión de vigas de hormigón convencional	110
Tabla 3. 41 Resistencia a la flexión de vigas con BV-40 + Inc aire.....	111
Tabla 3. 42 Resistencia a la flexión de vigas con BV-40 + Inc aire + 20% de cemento	112
Tabla 3. 43 Resistencia a la flexión de vigas con BV-40 + Inc aire + 25% de cemento	113
Tabla 3. 44 Resistencia a la flexión de vigas con BV-40 + Inc aire + Fibra.....	114
Tabla 3. 45 Resistencia a la flexión de vigas con BV-40 + Inc aire + Fibra + 20% de cemento	115
Tabla 3. 46 Resistencia a la flexión de vigas con BV-40 + Inc aire + Fibra + 25% de cemento	116
Tabla 3. 47 Resistencia a la flexión de vigas con BV-40 + Inc aire + Fibra + 30% de cemento	117
Tabla 3. 48 Permeabilidad de probetas	120
Tabla 3. 49 Costo del Pavimento convencional	122
Tabla 3. 50 Costo del pavimento poroso.....	122
Tabla 3. 50 Costo del pavimento poroso.....	123

ÍNDICE DE IMÁGENES

	Página
Imágen 2. 1 Hormigonado rígido.....	15
Imagen 2. 2 Sección de pavimento permeable o poroso.....	17
Imágen 2. 3 Clasificacion de pavimentos permeable	20
Imágen 2. 4 Permeámetro.....	48
Imágen 2. 5 Permeámetro.....	49
Imágen 2. 6 Accesorios para el permeámetro	50
Imágen 2. 7 Sistema de infiltración total	53
Imágen 2. 8 Sistema de infiltración Parcial.....	53
Imágen 2. 9 Sistema sin infiltración	54
Imagen 3. 1 Croquis general del lugar de la chancadora	55
Imagen 3. 2 Croquis específico del lugar de la chancadora	56
Imagen 3. 3 Acopio del material	56
Imagen 3. 4 Granulometría.....	57
Imagen 3. 5 Uso del ROP-TAP	58
Imagen 3. 6 Lavar y secar en el horno a una temperatura de 105-110 °C el material antes de introducir en la Máquina de Los Ángeles	61
Imagen 3. 7 Pesar los materiales retenidos en las cantidades	62
Imagen 3. 8 Gravilla deshecha en la máquina de los ángeles	62
Imagen 3. 9 Sacar material y las cargas abrasivas.....	63
Imagen 3. 10 Lavar y dejar saturar con agua por 24 horas	64
Imagen 3. 11 Material para el ensayo	65
Imagen 3. 12 Secado de la muestra en el horno.	65
Imagen 3. 13 Se obtiene el material necesario	66
Imagen 3. 14 Lavar y dejar saturar en agua por 24 horas	67
Imagen 3. 15 Colocar en un matraz 500gr de material, llenar agua y pesar	67
Imagen 3. 16 Sacar la muestra del matraz y dejar secar en el horno, para posteriormente pesar	68
Imagen 3. 17 Dosificación en la mezcladora	77
Imagen 3. 18 Muestra de agregados y aditivos	78

Imagen 3. 19 Aditivos(izquierda, inclusor de aire; derecha, fibra sintética)	78
Imagen 3. 20 Curado de probetas	79
Imagen 3. 21 Muestra de mezclado del concreto permeable	81
Imagen 3. 22 Muestra de concreto permeable.....	81
Imagen 3. 23 Ensayo de compresión	82
Imagen 3. 24 Tensión indirecta	83
Imagen 3. 25 Losas de hormigón poroso	86
Imagen 3. 26 Prueba de permeabilidad.....	87

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 2. 1 Relación entre el contenido de aire y la tasa de percolación	34
Gráfica 2. 2 Espesores del paquete estructural.....	37
Gráfica 2. 3 Relación entre el contenido de aire y la tasa de percolación	46
Gráfica 3.1 Curva granulométrica del agregado grueso	59
Gráfica 3. 2 Curva granulométrica del agregado fino.....	60
Gráfica 3. 3 Relación entre pasta y contenido de vacíos para agregados de Tamaño N° 8 según designación de la norma ASTM C-33	74
Gráfica 3. 4 Resistencia a compresión de cada probeta de hormigón convencional.....	88
Gráfica 3. 5 Resistencia a compresión de cada probeta de hormigón poroso con fibra sintética y 0.02 % de aditivo	89
Gráfica 3. 6 Resistencia a compresión del hormigón poroso con fibra sintética y 0.04 % de incorporador de aire	90
Gráfica 3. 7 Resistencia a compresión del hormigón poroso con fibra sintética y 0.06 % de incorporador de aire.	91
Gráfica 3. 8 Resistencia a compresión del hormigón poroso con fibra sintética y 0.08 % de incorporador de aire.	92
Gráfica 3. 9 Resistencia a compresión del hormigón poroso con fibra sintética y 0.10 % de incorporador de aire.	93
Gráfica 3. 10 Resistencia a compresión del hormigón poroso con fibra sintética y 0.10 % de incorporador de aire.	94
Gráfica 3. 11 Resistencia a compresión de cada probeta de hormigón poroso con BV-40 + Inc aire	95
Gráfica 3. 12 Resistencia a compresión de cada probeta de hormigón poroso con BV-40 + Inc aire + 20% de cemento.....	96
Gráfica 3. 13 Resistencia a compresión de cada probeta de hormigón poroso con BV-40 + Inc aire + 25% de cemento.....	97
Gráfica 3. 14 Resistencia a compresión de cada probeta de hormigón poroso con BV-40 + Inc aire + Fibra	98

Gráfica 3. 15 Resistencia a compresión de cada probeta de hormigón poroso con BV-40 + Inc aire + Fibra +20% de cemento	99
Gráfica 3. 16 Resistencia a compresión de cada probeta de hormigón poroso con BV-40 + Inc aire + Fibra + 25% de cemento	100
Gráfica 3. 17 Resistencia a compresión de cada probeta de hormigón poroso con BV-40 + Inc aire + Fibra + 30% de cemento	101
Gráfica 3. 18 Resistencia a compresión de cada probeta de hormigón poroso vs la resistencia a compresión H° convencional	102
Gráfica 3. 19 Resistencia a compresión de cada probeta de hormigón poroso vs la resistencia a compresión H° convencional	103
Gráfica 3. 20 Ensayo a la tensión indirecta para el pavimento rígido convencional	104
Gráfica 3. 21 Ensayo de Resistencia a tensión indirecta de hormigón poroso con 0.02 % de aditivo	105
Gráfica 3. 22 Ensayo de Resistencia a tensión indirecta de hormigón poroso con 0.04% de aditivo	106
Gráfica 3. 23 Ensayo de Resistencia a tensión indirecta de hormigón poroso con 0.06 % de aditivo	107
Gráfica 3. 24 Ensayo de Resistencia a tensión indirecta de hormigón poroso con 0.08 % de aditivo	108
Gráfica 3. 25 Ensayo de Resistencia a tensión indirecta de hormigón poroso con 0.10 % de aditivo	109
Gráfica 3. 26 Ensayo de Resistencia a flexión de hormigón convencional	110
Gráfica 3. 27 Ensayo de Resistencia a flexión de vigas con BV-40 + Inc aire	111
Gráfica 3. 28 Ensayo de Resistencia a flexión de vigas con BV-40 + Inc aire + 20% de cemento	112
Gráfica 3. 29 Ensayo de Resistencia de vigas con BV-40 + Inc aire + 25% de cemento	113
Gráfica 3. 30 Ensayo de Resistencia con BV-40 + Inc aire + Fibra	114
Gráfica 3. 31 Ensayo de Resistencia a flexión con BV-40 + Inc aire + Fibra + 20% de cemento	115

Gráfica 3. 32 Ensayo de Resistencia a flexión con BV-40 + Inc aire + Fibra + 25% de cemento	116
Gráfica 3. 33 Ensayo de Resistencia a flexión con BV-40 + Inc aire + Fibra + 30% de cemento	117
Gráfica 3. 34 Comparación de tensiones indirectas.....	118
Gráfica 3. 35 Comparación de vigas sometidas a flexión	119
Gráfica 3. 36 Permeabilidad de probetas	120