

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



**“ESTUDIO DEL HORMIGÓN POROSO COMO MATERIAL DE
CONSTRUCCIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS”**

POR:

“CARLOS ALFREDO ACOSTA ALFARO”

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

Gestión 2015
TARIJA – BOLIVIA

El tribunal calificador del presente trabajo no se solidariza ni es responsable de los términos y afirmaciones vertidas en el presente trabajo. Siendo responsable única del autor.

DEDICATORIA:

El presente trabajo lo dedico a mis padres de familia por su apoyo incondicional y su gran ejemplo de lucha, trabajo y dedicación en la vida... que me impulsaron a culminar una de las fases más importantes en mi superación personal. Les amo!!

AGRADECIMIENTO:

A Dios por darme la fuerza y capacidad para culminar esta etapa académica. A todas las personas que de alguna manera me ayudaron a llevar adelante el presente estudio.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.

AGRADECIMIENTO.

RESUMEN.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Pág.
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. Objetivos Específicos.....	3
1.3.3. Hipótesis de la investigación.....	4
1.3.4. Definición de variables operacionales.....	4
1.4. DISEÑO METODOLÓGICO.....	4
1.4.1. Componentes.....	4
1.4.1.1. Unidad de estudio.....	4
1.4.1.2. Población.....	4
1.4.1.3. Muestra.....	5
1.4.1.4. Muestreo.....	5
1.4.2. Métodos y Técnicas Empleadas.....	5

1.4.2.1. Metodología.....	5
1.4.2.2. Técnicas.....	8
1.4.2.3. Medios.....	9
1.4.3. Alcance de la investigación.....	10

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PAVIMENTOS DE RÍGIDOS.....	11
2.2. ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS Y SUS FUNCIONES.....	12
2.3. TIPIFICACIÓN Y PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO.....	14
2.4. CONCRETO HIDRÁULICO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS.....	14
2.5. FACTORES QUE AFECTAN EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO.....	15
2.6. ENSAYOS DEL HORMIGÓN EMPLEADOS EN EL PAVIMENTO RÍGIDO.....	15
2.7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO.....	21
2.8. DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN CONVENCIONAL.....	31
2.9. HORMIGÓN POROSO.....	36
2.9.1. Definición.....	36
2.9.2. Ventajas convenientes y desafíos del Hormigón poroso.....	36
2.9.3. Caracterización de los materiales componentes del Hormigón poroso.....	38
2.9.3.1. Agregados.....	39
2.9.3.1.1. Agregado grueso.....	40
2.9.3.1.2. Agregado fino.....	41
2.9.3.2. Relación ponderal entre el agregado fino y el agregado grueso (F/G).....	42

2.9.3.3. Cemento.....	43
2.9.3.4. Agua.....	43
2.9.3.5. Aditivos.....	44
2.9.4. Propiedades.....	45
2.9.5. Dosificación de Hormigón poroso.....	47
2.9.5.1. Materiales.....	48
2.9.5.2. Relación agua/material cementante.....	48
2.9.5.3. Porcentaje de vacíos.....	48
2.9.5.4. Cantidad de agregado grueso.....	49
2.9.5.5. Procedimiento de Dosificación.....	51
2.10. APLICACIÓN PRÁCTICA.....	53

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE EL PAVIMENTO DEL HORMIGÓN POROSO

3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	55
3.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	55
3.3. MUESTREO DE MATERIALES PARA LA INVESTIGACIÓN.....	55
3.3.1. Muestreo de grava y arena.....	55
3.3.2. Muestreo del cemento.....	56
3.4. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS PARA EL HORMIGÓN CONVENCIONAL.....	56
3.4.1. Granulometría de la grava.....	56
3.4.1.1. Tamaño máximo de la grava.....	57
3.4.1.2. Tamaño máximo nominal de la grava.....	57
3.4.1.3. Módulo de finura de la grava.....	58
3.4.2. Peso unitario de la grava.....	58

3.4.2.1. Método de golpeado.....	58
3.4.2.2. Método de traspaleo.....	59
3.4.3. Peso específico y absorción de la grava.....	59
3.4.4. Desgaste de los Ángeles.....	60
3.4.5. Granulometría de la arena.....	62
3.4.5.1. Módulo de finura de la arena.....	63
3.4.6. Peso unitario de la arena.....	63
3.4.6.1. Método de golpeado.....	63
3.4.6.2. Método de traspaleo.....	64
3.4.7. Peso específico y absorción de la arena.....	64
3.4.8. Peso específico del cemento.....	65
3.5. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS PARA EL HORMIGÓN POROSO.....	66
3.5.1. Granulometría de la grava.....	66
3.5.1.1. Tamaño máximo de la grava.....	67
3.5.1.2. Tamaño máximo nominal de la grava.....	67
3.5.1.3. Módulo de finura de la grava.....	68
3.5.2. Peso unitario de la grava.....	68
3.5.2.1. Método de golpeado.....	68
3.5.2.2. Método de traspaleo.....	69
3.5.3. Peso específico y absorción de la grava.....	69
3.6. DOSIFICACIÓN ACI-211.1.....	70
3.7. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL HORMIGÓN.....	78
3.8. APLICACIÓN PRÁCTICA EN LA CALLE JUNÍN ESQUINA AVAROA.....	90
3.8.1. Descripción hidrológica del área de estudio.....	90
3.8.1.1 Intensidad de lluvia.....	90

3.8.1.2. Área de aporte.....	91
3.8.1.3. Coeficiente de escurrimiento.....	91
3.8.1.3. Caudal de aporte.....	91
3.8.2. Descripción hidráulica del área de estudio.....	92
3.8.2.1. Capacidad de sumideros existentes en el área de aporte.....	92
3.8.2.2. Tirante de agua en la calzada.....	93
3.8.3. Características hidráulicas con variante de pavimento poroso.....	95
3.8.3.1. Tirante de agua en la calzada.....	95
3.8.4 Costo de construcción de pavimento poroso.....	97
3.9. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	101
3.9.1. Análisis de la Influencia del % de vacíos en la Trabajabilidad de la Mezcla de Concreto Hidráulico.....	101
3.9.2. Análisis de la porosidad en los hormigones.....	103
3.9.3. Análisis de la resistencia a compresión en los hormigones.....	103
3.9.4. Análisis de la resistencia a Flexión en los hormigones.....	106
3.9.5. Análisis de la Permeabilidad (Infiltración).....	108
3.9.6. Análisis del tirante de agua en la calzada.....	109
3.9.7. Análisis de precio de construcción de un hormigón poroso para un metro cuadrado.....	110

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES.....	111
4.2. RECOMENDACIONES.....	113
BIBLIOGRAFÍA.....	115

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1. Tamaño de la Muestra p/ Caracterización de componentes.....	7
Cuadro 1.2. Selección del número de muestras p/ Investigación.....	8
Cuadro 2.1. Tabla de Asentamiento en el cono de Abrams.....	17
Cuadro 2.2. Norma para Cementos.....	22
Cuadro 2.3. Requisitos de la norma ASTM para el agregado grueso.....	24
Cuadro 2.4. Granulometría de la norma ASTM C-33 para el agregado grueso.....	25
Cuadro 2.5. Requisitos de la norma ASTM para el agregado fino.....	27
Cuadro 2.6. Granulometría de la norma ASTM C-33 para el agregado fino.....	28
Cuadro 2.7. Selección de la resistencia del hormigón fck y fcm.....	32
Cuadro 2.8. Selección del asentamiento.....	32
Cuadro 2.9. Selección del tamaño máximo del agregado.....	32
Cuadro 2.10. Estimación del agua de mezclado	33
Cuadro 2.11. Resistencia en función a la razón agua/cemento.....	33
Cuadro 2.12. Volumen del agregado seco y compactado.....	34
Cuadro 2.13. Peso seco y Volumen Absoluto.....	35
Cuadro 2.14. Influencia de los Agregados en el Concreto Permeable en Estado Fresco y Endurecido.....	42
Cuadro 2.15. Propiedades típicas del concreto poroso.....	47
Cuadro 2.16. Valores Efectivos de b/bo.....	49
Cuadro 3.1. Granulometría de la grava.....	57
Cuadro 3.2. Curva granulométrica de la grava.....	57
Cuadro 3.3. Peso unitario de la grava (golpeado).....	58
Cuadro 3.4. Peso unitario de la grava (traspaleo).....	59
Cuadro 3.5. Peso Específico de la grava	59
Cuadro 3.6. Método de Desgaste en función a la Granulometría de la Grava.....	60

Cuadro 3.7. Planilla de Resultado del Desgaste.....	61
Cuadro 3.8. Granulometría de la arena.....	62
Cuadro 3.9. Curva granulométrica de la arena.....	62
Cuadro 3.10. Peso unitario de la arena (golpeado).....	63
Cuadro 3.11. Peso unitario de la arena (traspaleo).....	64
Cuadro 3.12. Peso Específico de la arena.....	65
Cuadro 3.13. Peso Específico del Cemento.....	66
Cuadro 3.14. Granulometría de la grava para hormigón poroso.....	67
Cuadro 3.15. Curva granulométrica de la grava para hormigón poroso.....	67
Cuadro 3.16. Peso unitario de la grava para hormigón poroso (golpeado).....	68
Cuadro 3.17. Peso unitario de la grava para hormigón poroso (traspaleo).....	69
Cuadro 3.18. Peso Específico de la grava para hormigón poroso.....	69
Cuadro 3.19. Dosificación Hormigón convencional.....	70
Cuadro 3.20. Proporciones de Mezcla hormigón convencional.....	70
Cuadro 3.21. Dosificación Hormigón poroso con 15% de vacíos.....	71
Cuadro 3.22. Dosificación Hormigón poroso con 20% de vacíos.....	71
Cuadro 3.23. Dosificación Hormigón poroso con 25% de vacíos.....	71
Cuadro 3.24. Asentamiento del Cono para Diferentes tipos de vibrados y compactación.....	74
Cuadro 3.25. Asentamiento de la Mezcla de hormigón convenciona.....	75
Cuadro 3.26. Asentamiento de la Mezcla de hormigón poroso con 15% de vacíos...75	75
Cuadro 3.27. Asentamiento de la Mezcla de hormigón poroso con 20% de vacíos....75	75
Cuadro 3.28. Asentamiento de la Mezcla de hormigón poroso con 25% de vacíos....76	76
Cuadro 3.29. Resultados de ensayo de porosidad con una relación a/c 0.38.....	79
Cuadro 3.30. Resultados de ensayo de porosidad con una relación a/c 0.36.....	79
Cuadro 3.31. Resistencia de 7, 14 y 28 días a Compresión del hormigón convencional.....	81

Cuadro 3.32. Resistencia de 7, 14 y 28 días a Compresión del hormigón poroso con 15 % de vacíos.....	82
Cuadro 3.33. Resistencia de 7, 14 y 28 días a Compresión del hormigón poroso con 20 % de vacíos.....	83
Cuadro 3.34. Resistencia de 7, 14 y 28 días a Compresión del hormigón poroso con 25 % de vacíos.....	84
Cuadro 3.35. Resistencia a Flexión a los 28 días con Hormigón convencional.....	86
Cuadro 3.36. Resistencia a Flexión a los 28 días con Hormigón poroso 15% vacíos.....	86
Cuadro 3.37. Resistencia a Flexión a los 28 días con Hormigón poroso 20% vacíos.....	86
Cuadro 3.38. Resistencia a Flexión a los 28 días con Hormigón poroso 25% vacíos.....	87
Cuadro 3.39. Permeabilidad del hormigón convencional.....	88
Cuadro 3.40. Permeabilidad del hormigón poroso con 15% de vacíos.....	89
Cuadro 3.41. Permeabilidad del hormigón poroso con 20% de vacíos.....	89
Cuadro 3.42. Permeabilidad del hormigón poroso con 25% de vacíos.....	89
Cuadro 3.43. Áreas de aporte.....	91
Cuadro 3.44. Capacidad de sumideros punto Junín y Abaroa.....	93
Cuadro 3.45. Precios unitarios para actividades de construcción de pavimento poroso (15% de vacíos).....	97
Cuadro 3.46. Precios unitarios para actividades de construcción de pavimento poroso (20% de vacíos).....	97
Cuadro 3.47. Precios unitarios para actividades de construcción de pavimento poroso (25% de vacíos).....	97
Cuadro 3.48. Costo de pavimento calle Junín entre Alejandro del Carpio y Abaroa (15% vacíos).....	99
Cuadro 3.49. Costo de pavimento calle Junín entre Alejandro del Carpio y Abaroa (20% vacíos).....	99
Cuadro 3.50. Costo de pavimento calle Junín entre Alejandro del Carpio y Abaroa (25% vacíos).....	100

Cuadro 3.51. Resultados de la Prueba del Asentamiento.....	102
Cuadro 3.52. Grafica de trabajabilidad vs tipo de hormigón.....	102
Cuadro 3.53. Porosidad con una dosificación con 0.38 a/c.....	103
Cuadro 3.54. Porosidad con una dosificación con 0.36 a/c.....	103
Cuadro 3.55. Resistencia a la Compresión de cada Hormigón a los 28 día.....	104
Cuadro 3.56. Grafica de Resistencia a la Compresión De cada Hormigón a los 28 días.....	104
Cuadro 3.57. Evolución de las Resistencias a Compresión a Diferentes Edades de cada Hormigón.....	105
Cuadro 3.58. Gráfica de Evolución de las Resistencias a Compresión a Diferentes Edades de cada Hormigó.....	105
Cuadro 3.59. Resistencia a la Flexión De cada Hormigón a los 28 días.....	106
Cuadro 3.60. Grafica Resistencia a la Flexión De cada Hormigón a los 28 días.....	106
Cuadro 3.61. Correlación entre la resistencia a flexión y compresión.....	107
Cuadro 3.62. Grafica Correlación entre la resistencia a flexión y compresión.....	107
Cuadro 3.63. Permeabilidad de los diferentes hormigones.....	108
Cuadro 3.64. Grafica de Permeabilidad de los diferentes hormigones los.....	108
Cuadro 3.65. Grafica de los tirantes con el hormigón poroso.....	109
Cuadro 3.66. Grafica de los porcentajes de tirantes disminuidos.....	110
Cuadro 3.67. Grafica del precio del pavimento poroso para un metro cuadrado.....	110

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica. 1.1. Prensas hidráulicas.....	10
Gráfica. 1.2. Equipo de ensayo de permeabilidad.....	10
Gráfica. 2.1. Sección Transversal típica de un Pavimento Rígido.....	12
Gráfica. 2.2. Ensayo de Abrams.....	16

Gráfica. 2.3. Ensayo de Compresión.....	19
Gráfica. 2.4. Ensayo de Viga a Flexión.....	20
Gráfica. 2.5. Agua.....	23
Gráfica. 2.6. Agregado fino (arena).....	26
Gráfica. 2.7. Condiciones de humedad de los agregados.....	30
Gráfica. 2.8. Contenido de vacíos mínimo para la percolación basada en pruebas y métodos de ensayos de NAA-NRMCA (National Aggegates Association – National Ready Mixed Concrete Association).....	50
Gráfica. 2.9. Relación entre el contenido de vacíos y resistencia a la compresión a los 28 días para agregados de tamaño N° 67 y N° 8 de la Norma ASTM C3.....	50
Gráfica. 2.10. Relación entre pasta y contenido de vacíos para agregados de Tamaño N° 8 según designación de la Norma ASTM C 33.....	52
Gráfica. 2.11. Ejemplo de aplicación del hormigón poroso.....	53
Gráfica. 2.12. Paquete estructural del hormigón poroso en un pavimento rígido.....	53
Gráfica. 2.13. Mapa de Tarija con isoyetas.....	54
Gráfica. 3.1. Ubicación del área de estudio.....	55
Gráfica. 3.2. Muestreo de los materiales pétreos.....	56
Gráfica. 3.3. Juego de tamices.....	56
Gráfica. 3.4. Molde cilíndrico de 14 lt.....	58
Gráfica. 3.5. Equipo para peso específico grava.....	59
Gráfica. 3.6. Maquina del Desgaste los Ángeles.....	61
Gráfica. 3.7. Granulometría agregado Fino.....	62
Gráfica. 3.8. Molde cilíndrico de 3 lt.....	63
Gráfica. 3.9. Matraz graduado para peso específico aparente de la arena.....	64
Gráfica. 3.10. Cemento EL PUENTE IP-30.....	65
Gráfica. 3.11. Juego de tamices hormigón poroso.....	66
Gráfica. 3.12. Molde cilíndrico de 14 lt.....	68
Gráfica. 3.13. Equipo para peso específico grava para hormigón poroso.....	69

Gráfica. 3.14. Moldes para ensayos a compresión, Flexión y permeabilidad.....	72
Gráfica. 3.15. Mezcladora de Hormigón.....	73
Gráfica. 3.16. Asentamiento mediante el cono de Abrams.....	74
Gráfica. 3.17. Varillado y Compactación Manual de la Mezcla de Hormigón.....	77
Gráfica. 3.18. Curado de los Especímenes.....	77
Gráfica. 3.19. Porosidad de los hormigones.....	78
Gráfica. 3.20. Rotura de Testigos de Hormigón a Compresión.....	80
Gráfica. 3.21. Montaje de la viga en el Equipo de Flexión.....	85
Gráfica. 3.22. Esquema del ensayo de permeabilidad.....	88

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N°1. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

ANEXO N°2. DOSIFICACIONES

ANEXO N°3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ANEXO N°4. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

ANEXO N°5. PERMEABILIDAD

ANEXO N°6. CAPACIDAD DE SUMIDEROS EXISTENTES

ANEXO N°7. PRECIOS UNITARIOS

ANEXO N°8. MEMORIA FOTOGRÁFICA