

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN”



**“IDENTIFICACIÓN DE CANTERAS DE AGREGADOS EN EL VALLE
CENTRAL DE TARIJA, SEGÚN SU SOLIDEZ POR MEDIO DE SULFATOS”**

POR:

FREDDY CAZÓN ARMELLA

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 - 2018

TARIJA – BOLIVIA

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

**“IDENTIFICACIÓN DE CANTERAS DE AGREGADOS EN EL VALLE
CENTRAL DE TARIJA, SEGÚN SU SOLIDEZ POR MEDIO DE SULFATOS”**

POR:

FREDDY CAZÓN ARMELLA

Semestre - II - 2018

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

.....
M.Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gozalvez
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

.....
M.Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa
VICEDECANA
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

TRIBUNAL:

.....
Ing. Ada Gladys López Rueda

.....
M.Sc. Ing. Luis Alberto Yurquina Flores

.....
Ing. José Ricardo Arce Avendaño

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:

Con todo mi cariño y amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis metas, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

Papá y Mamá

AGRADECIMIENTO:

A Dios por darme la fuerza y capacidad para culminar esta etapa académica. A mis docentes por haberme dado todo su apoyo, consejos y dirección para llevar adelante el presente trabajo.

“¿Que son mil años? El tiempo es corto para el que piensa, e interminable para el que desea”.

ALAIN, Émile Chartier.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA
AGRADECIMIENTO
RESUMEN

CAPÍTULO I INTRODUCCION

	Página
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. SITUACIÓN PROBLÉMICA	2
1.3. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.4. OBJETIVOS	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	4
1.5.1. Hipótesis.....	4
1.6. DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.6.1. Fundamentos para el diseño metodológico de la investigación	6
1.6.2. Unidades de estudio y decisión muestral	6
1.7. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	7
1.8. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS LÓGICOS	10
1.8.1. Listado de actividades a realizar	10
1.8.2. Esquema de actividades en función a procedimiento definido por la perspectiva	12
1.8.3. Cronograma propuesto	13
1.9. ANÁLISIS DE RESULTADOS	14

CAPÍTULO II ASPECTOS GENERALES DE LOS AGREGADOS Y SU RELACIÓN CON LA SOLIDEZ Y DURABILIDAD

2.1. MARCO TEÓRICO.....	15
2.2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LOS AGREGADOS COMO COMPONENTE DEL HORMIGÓN	16
2.2.1. Resistencia y durabilidad de los agregados	16
2.2.2. La estabilidad de los agregados	17
2.2.3. Concepto general del hormigón	18
2.2.4. Agregados.....	19
2.3. CONCEPTOS ESPECÍFICOS.....	21
2.3.1. Agregado grueso.....	21
2.3.2. Agregado fino.....	23
2.3.3. Propiedades de los agregados.....	26
2.3.3.1. Propiedades físicas	26
2.3.3.2. Propiedades resistentes.....	27
2.3.4. Teoría estadística que utiliza la investigación	28
2.4. MARCO NORMATIVO.....	30
2.4.1. Normas para el control de calidad de agregados pétreos	30
2.4.2. Solidez de los agregados frente a la acción de soluciones de sulfato de sodio o de magnesio.....	31
2.4.2.1. Sanidad de los agregados	32
2.4.3. Resistencia a la degradación de los agregados por medio de la máquina de los ángeles	33
2.5. MARCO LEGAL.....	34
2.6. ANTECEDENTES DE EXPLOTACIÓN	34

CAPÍTULO III

RELEVAMIENTO Y MANEJO DE LA INFORMACIÓN DE LAS CANTERAS EN ESTUDIO

3.1. ENFOQUE DE TRABAJO.....	36
3.2. CRITERIOS DE MUESTREO	38
3.2.1. Muestreo de agregados para construcción de carreteras	38
3.2.2. Exploración de fuentes potenciales de agregados pétreos.....	39

3.2.2.1. Muestreo en canteras y vetas.....	39
3.2.2.2. Muestreo en zonas de préstamo lateral o en depósitos aluviales	39
3.3. MUESTREO DE LOS MATERIALES PARA LA INVESTIGACIÓN	41
3.3.1. Codificación de los sondeos y toma de muestra.....	41
3.3.2. Ubicación y descripción del lugar	42
3.3.2.1. Río Camacho	42
3.3.2.2. Río Erquis.....	44
3.3.2.3. Río Santa Ana.....	46
3.3.2.4. Río Sola	48
3.3.2.5. Río Victoria	50
3.3.2.6. Quebrada Saire	52
3.4. FICHA TÉCNICA DEL SULFATO DE SODIO	54
3.5. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS	56
3.5.1. Ensayos.....	56
3.6. RESULTADOS.....	57
3.6.1. Granulometrías de las seis canteras.....	57
3.6.2. Solidez de los agregados de las seis canteras	63
3.6.3. Desgaste de los Ángeles de las seis canteras.....	66
3.7. GUÍA DE ENSAYO DE LA SOLIDEZ DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCIÓN DE SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO	69

CAPÍTULO IV

TRATAMIENTO DE RESULTADOS OBTENIDOS

DE LAS CANTERAS EN ESTUDIO

4.1. CRITERIOS GENERALES	75
4.2. ANÁLISIS DE LAS GRANULOMETRÍAS SEGÚN AASHTO T-27, EN ESTADO NATURAL Y MEJORADO EN LABORATORIO.....	76
4.2.1. Análisis de la granulometría natural Río Camacho.....	76
4.2.2. Análisis de la granulometría mejorada en laboratorio Río Camacho.....	77
4.2.3. Análisis de la granulometría natural Río Erquis	78
4.2.4. Análisis de la granulometría mejorada en laboratorio Río Erquis	79

4.2.5. Análisis de la granulometría natural Río Santa Ana	80
4.2.6. Análisis de la granulometría mejorada en laboratorio Río Santa Ana	81
4.2.7. Análisis de la granulometría natural Río Sola.....	82
4.2.8. Análisis de la granulometría mejorada en laboratorio Río Sola.....	83
4.2.9. Análisis de la granulometría natural Río Victoria.....	84
4.2.10. Análisis de la granulometría mejorada en laboratorio Río Victoria.....	85
4.2.11. Análisis de la granulometría natural Quebrada Saire	86
4.2.12. Análisis de la granulometría mejorada en laboratorio Quebrada Saire	87
4.3. RESULTADOS COMPLEMENTARIOS Y TRATAMIENTO ESTADÍSTICO	
DE LA GRANULOMETRÍA	88
4.3.1. Análisis estadístico de la granulometría integral Río Camacho	88
4.3.2. Análisis estadístico de la granulometría integral Río Erquis	90
4.3.3. Análisis estadístico de la granulometría integral Río Santa Ana	92
4.3.4. Análisis estadístico de la granulometría integral Río Sola.....	94
4.3.5. Análisis estadístico de la granulometría integral Río Victoria.....	96
4.3.6. Análisis estadístico de la granulometría integral Quebrada Saire	98
4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MÉTODO DE LOS SULFATOS	100
4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL DESGASTE DE LOS ÁNGELES	101
4.6 ESTADÍSTICA PARA PRUEBA DE HIPÓTESIS	102
4.6.1. Análisis estadístico por sulfato de sodio Río Camacho	104
4.6.2. Análisis estadístico por sulfato de sodio Río Erquis	106
4.6.3. Análisis estadístico por sulfato de sodio Santa Ana.....	108
4.6.4. Análisis estadístico por sulfato de sodio Sola	110
4.6.5. Análisis estadístico por sulfato de sodio Río La Victoria	112
4.6.6. Análisis estadístico por sulfato de sodio Quebrada Saire.....	114
4.7. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS	116
4.8. PROPUESTA DE APLICACIÓN	119

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES	122
--------------------------------	------------

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO N° 1

**MÉTODO PARA TAMIZAR Y DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA
(ASTM C-136 AASHTO T-27)**

ANEXO N° 2

**MÉTODO DE LOS SULFATOS PARA DETERMINAR LA DESINTEGRACIÓN
(ASTM C-88 AASHTO T-104)**

ANEXO N° 3

**MÉTODO PARA DETERMINAR EL DESGASTE MEDIANTE LA MÁQUINA
DE LOS ÁNGELES (ASTM C-131 AASHTO T-96)**

ANEXO N° 4

REPORTE FOTOGRÁFICO

ANEXO N° 5

ESPECIFICACIONES CON LAS QUE SE REALIZÓ LOS ENSAYOS

ANEXO N° 6

HOJA DE PRECIOS UNITARIOS

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1: Componentes del concreto en porcentaje	18
Figura 2.2: Agregado grueso (grava), Río Sola	21
Figura 2.3: Agregado fino (arena), El Saire	24
Figura 2.4: Planta procesadora de áridos ubicada en Santa Ana.....	35
Figura 3.1: Ubicación de los sondeos para la investigación, cantera de Camacho.....	42
Figura 3.2: Árido Río Camacho, sondeo 2.....	43
Figura 3.3: Ubicación de los sondeos para la investigación, cantera de Erquis.....	44
Figura 3.4: Árido Río Erquis, sondeo 1	45
Figura 3.5: Ubicación de los sondeos para la investigación, cantera de Santa Ana	46
Figura 3.6: Árido Río Santa Ana, sondeo 4	47
Figura 3.7: Ubicación de los sondeos para la investigación, cantera de Sola.....	48
Figura 3.8: Árido Río Sola, sondeo 2.....	49
Figura 3.9: Ubicación de los sondeos para la investigación, cantera de La Victoria.....	50
Figura 3.10: Árido Río Victoria, sondeo 2.....	51
Figura 3.11: Ubicación de los sondeos para la investigación, cantera el Saire.....	52
Figura 3.12: Árido Río Saire, sondeo 2.....	53
Figura 3.13: Curva granulométrica integral Río Camacho	57
Figura 3.14: Curva granulométrica integral Río Erquis.....	58
Figura 3.15: Curva granulométrica integral Río Santa Ana.....	59
Figura 3.16: Curva granulométrica integral Río Sola	60
Figura 3.17: Curva granulométrica integral Río Victoria	61
Figura 3.18: Curva granulométrica integral quebrada Saire	62
Figura 3.19: Ensayo por sulfato de sodio.....	63
Figura 3.20: Máquina del desgaste los ángeles.....	66
Figura 4.1: Faja de la curva granulométrica integral Río Camacho	89
Figura 4.2: Faja de la curva granulométrica integral Río Erquis	91
Figura 4.3: Faja de la curva granulométrica integral Santa Ana.....	93
Figura 4.4: Faja de la curva granulométrica integral Río Sola	95

Figura 4.5: Faja de la curva granulométrica integral Río Victoria	97
Figura 4.6: Faja de la curva granulométrica integral Quebrada Saire.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1: Características de los agregados que inciden en las propiedades del concreto	20
Tabla 2.2: Requisitos de la norma ASTM para el agregado grueso.....	22
Tabla 2.3: Granulometría de la norma AASHTO T-27 para el agregado grueso	22
Tabla 2.4: Requisitos de la norma ASTM para el agregado fino.....	25
Tabla 2.5: Granulometría de la norma AASHTO T-27 para el agregado fino	25
Tabla 2.6: Requisitos de la norma ASTM para ensayos de solidez	31
Tabla 2.7: Requisitos de la norma ASTM para ensayos de durabilidad	34
Tabla 3.1: Granulometría integral Río Camacho	57
Tabla 3.2: Resumen granulometría	57
Tabla 3.3: Granulometría integral Río Erquis.....	58
Tabla 3.4: Resumen granulometría	58
Tabla 3.5: Granulometría integral Río Santa Ana.....	59
Tabla 3.6: Resumen granulometría	59
Tabla 3.7: Granulometría integral Río Sola	60
Tabla 3.8: Resumen granulometría	60
Tabla 3.9: Granulometría integral Río Victoria	61
Tabla 3.10: Resumen granulometría	61
Tabla 3.11: Granulometría integral Quebrada Saire	62
Tabla 3.12: Resumen granulometría	62
Tabla 3.13: Resultado de la desintegración por sulfato Río Camacho	64
Tabla 3.14: Resultado de la desintegración por sulfato Río Erquis	64
Tabla 3.15: Resultado de la desintegración por sulfato Río Santa Ana	64
Tabla 3.16: Resultado de la desintegración por sulfato Río Sola	64
Tabla 3.17: Resultado de la desintegración por sulfato Río Victoria	65
Tabla 3.18: Resultado de la desintegración por sulfato Quebrada Saire.....	65
Tabla 3.19: Método de desgaste en función a la granulometría de la grava	66
Tabla 3.20: Planilla de resultado del desgaste Río Camacho.....	67

Tabla 3.21: Planilla de resultado del desgaste Río Erquis	67
Tabla 3.22: Planilla de resultado del desgaste Río Santa Ana	67
Tabla 3.23: Planilla de resultado del desgaste Río Sola.....	67
Tabla 3.24: Planilla de resultado del desgaste Río La Victoria	68
Tabla 3.25: Planilla de resultado del desgaste Quebrada Saire.....	68
Tabla 4.1: Estadística descriptiva Río Camacho.....	88
Tabla 4.2: Estadística inferencial Río Camacho	88
Tabla 4.3: Intervalos de confianza Río Camacho	88
Tabla 4.4: Intervalo de confianza Río Camacho.....	89
Tabla 4.5: Estadística descriptiva Río Erquis	90
Tabla 4.6: Estadística inferencial Río Erquis	90
Tabla 4.7: Intervalos de confianza Río Erquis	90
Tabla 4.8: Intervalo de confianza Río Erquis.....	91
Tabla 4.9: Estadística descriptiva Río Santa Ana	92
Tabla 4.10: Estadística inferencial Río Santa Ana.....	92
Tabla 4.11: Intervalos de confianza Río Santa Ana	92
Tabla 4.12: Intervalo de confianza Río Santa Ana	93
Tabla 4.13: Estadística descriptiva Río Sola.....	94
Tabla 4.14: Estadística inferencial Río Sola	94
Tabla 4.15: Intervalos de confianza Río Sola	94
Tabla 4.16: Intervalo de confianza Río Sola.....	95
Tabla 4.17: Estadística descriptiva Río Victoria.....	96
Tabla 4.18: Estadística inferencial Río Victoria	96
Tabla 4.19: Intervalos de confianza Río Victoria	96
Tabla 4.20: Intervalo de confianza Río Victoria.....	97
Tabla 4.21: Estadística descriptiva Quebrada Saire	98
Tabla 4.22: Estadística inferencial Quebrada Saire	98
Tabla 4.23: Intervalos de confianza Quebrada Saire	98
Tabla 4.24: Intervalo de confianza.....	99
Tabla 4.25: resumen de los resultados de desgaste de sulfatos.....	100
Tabla 4.26: resumen de los resultados de desgaste de la máquina de los ángeles	101

Tabla 4.27: Desgaste por sulfatos Río Camacho	104
Tabla 4.28: Estadística descriptiva.....	104
Tabla 4.29: Estadística inferencial	104
Tabla 4.30: Desgaste por sulfatos Río Camacho	104
Tabla 4.31: Estadística descriptiva.....	105
Tabla 4.32: Estadística inferencial	105
Tabla 4.33: Desgaste por sulfatos Erquis.....	106
Tabla 4.34: Estadística descriptiva.....	106
Tabla 4.35: Estadística inferencial	106
Tabla 4.36: Desgaste por sulfatos Erquis	106
Tabla 4.37: Estadística descriptiva.....	107
Tabla 4.38: Estadística inferencial	107
Tabla 4.39: Desgaste por sulfatos Santa Ana.....	108
Tabla 4.40: Estadística descriptiva.....	108
Tabla 4.41: Estadística inferencial	108
Tabla 4.42: Desgaste por sulfatos Santa Ana.....	108
Tabla 4.43: Estadística descriptiva.....	109
Tabla 4.44: Estadística inferencial	109
Tabla 4.45: Desgaste por sulfatos Sola	110
Tabla 4.46: Estadística descriptiva.....	110
Tabla 4.47: Estadística inferencial	110
Tabla 4.48: Desgaste por sulfatos Sola	110
Tabla 4.49: Estadística descriptiva.....	111
Tabla 4.50: Estadística inferencial	111
Tabla 4.51: Desgaste por sulfatos La Victoria	112
Tabla 4.52: Estadística descriptiva.....	112
Tabla 4.53: Estadística inferencial	112
Tabla 4.54: Desgaste por sulfatos La Victoria	112
Tabla 4.55: Estadística descriptiva.....	113
Tabla 4.56: Estadística inferencial	113
Tabla 4.57: Desgaste por sulfatos El Saire.....	114

Tabla 4.58: Estadística descriptiva.....	114
Tabla 4.59: Estadística inferencial	114
Tabla 4.60: Desgaste por sulfatos El Saire.....	114
Tabla 4.61: Estadística descriptiva.....	115
Tabla 4.62: Estadística inferencial	115
Tabla 4.63: Requerimientos de los materiales - Capa Sub base	119
Tabla 4.64: Requerimientos de los materiales - Capa Base	120
Tabla 4.65: Requerimientos de los materiales - Capa de Rodadura	121