

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



**“CORRELACIÓN ENTRE LOS ENSAYOS DE FRAGMENTACIÓN
DINÁMICA POR IMPACTO Y DESGASTE DE LOS ÁNGELES
CON AGREGADOS PÉTREOS PARA PAVIMENTO FLEXIBLE”**

Por:

ALEX FRANCO GARECA YUFRA

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

SEMESTRE II - 2023

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

A Dios, a mis padres Sr. Pedro Gareca y Sra. Wilma Yufra, a mis hermanos: Elvio y Miguel, les dedico este trabajo ya que ellos fueron mi motivación y me han demostrado que están a mi lado recorriendo el camino de la vida.

ÍNDICE
CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Introducción	1
1.2. Justificación	2
1.2.1. Justificación académica	2
1.2.2. Justificación sobre la aplicación técnica – práctica	2
1.2.3. Justificación e importancia social.....	2
1.3. Planteamiento del problema.....	3
1.3.1. Situación problemática	3
1.3.2. Delimitación del tiempo	3
1.3.3. Delimitación del espacio.....	4
1.3.4. Formulación del problema.....	4
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Alcance	4
1.6. Hipótesis	5
1.6.1. Formulación de la hipótesis.....	5
1.6.2. Conceptualización de las variables	5
1.6.3. Operacionalización de las variables.....	6

CAPÍTULO II
FUNDAMENTO TEÓRICO

	Página
2.1. Marco Conceptual	7

2.1.1. Agregados Pétreos	7
2.1.1.1. Definición de agregados pétreos.....	7
2.1.1.2. Tipos de agregados pétreos.....	7
2.1.1.2.1. Agregados Naturales.....	7
2.1.1.2.2. Agregados de Trituración	8
2.1.1.2.3. Agregados Artificiales.....	16
2.1.1.3. Descripción de las características principales de los agregados pétreos para pavimentos	17
2.1.1.3.1. Forma y angulosidad.	17
2.1.1.3.2. Resistencia al desgaste.....	18
2.1.1.3.3. Resistencia al pulimento	18
2.1.1.3.4. Adhesividad y resistencia al desplazamiento	19
2.1.1.3.5. Plasticidad y limpieza.....	20
2.1.1.3.6. Alterabilidad	20
2.1.1.4. Clasificación del agregado pétreo de acuerdo a su tamaño	20
2.1.1.4.1. Agregado grueso.....	20
2.1.1.4.1.1. Definición.....	20
2.1.1.4.1.2. Características y propiedades deseables de los agregados gruesos para su utilización en las mezclas asfálticas	21
2.1.1.4.2. Agregado fino	23
2.1.1.4.2.1. Definición.....	23
2.1.1.5. Definición de mezclas asfálticas.	24
2.1.2. Pruebas para determinar la propiedad de dureza de los agregados pétreos.	25
2.1.2.1. Máquina de desgaste de los ángulos (Norma ASTM C-131).....	25
2.1.2.2. Procedimiento de la prueba.....	26
2.1.2.2.1. Equipo y material	26
2.1.2.2.2. Procedimiento.....	26
2.1.2.3. Equipo de Fragmentación Dinámica. (Normas BS – 812)	27
2.1.2.4. Procedimiento de la prueba.....	29
2.2. Marco Normativo.....	31

2.3. Marco Referencial.....	31
-----------------------------	----

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO Y RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN

	Página
3.1. Criterios del diseño metodológico	33
3.1.1. Unidad de estudio o muestra.....	33
3.1.2. Tamaño de la muestra	33
3.2. Localización del banco de préstamo	34
3.2.1. Ubicación geográfica del banco de préstamo	36
3.3. Control y validación interna.....	36
3.3.1. Factores o variables extrañas	36
3.3.2. Características principales de equipos y herramientas	36
3.3.3. Caracterización de los Agregados	39
3.3.3.1. Extracción de la muestra	39
3.3.3.2. Cuarteo de la muestra.....	40
3.3.3.3. Ensayo de granulometría.....	41
3.3.3.4. Peso unitario suelto y compactado.....	42
3.3.3.5. Peso específico.....	44
3.3.3.6. Desgaste de los Ángeles.....	44
3.3.3.7. Fragmentación Dinámica	47
3.3.4. Análisis de resultados	49

CAPÍTULO IV

PROCESAMIENTO Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS

	Página
4.1. Ordenamiento de la Información	50
4.2. Estadística Descriptiva.....	51

4.2.1. Cálculos de Curva de Frecuencia Absoluta y Acumulada.....	51
4.2.1.1. Elaboración de las planillas y gráficas de histograma, polígono y curva de frecuencias para V.I.A.	53
4.2.2. Cálculos de Medidas de Tendencia Central.....	56
4.2.2.1. Media o promedio (X)	56
4.2.2.2. Moda (Mo).....	56
4.2.2.3. Mediana (Me).....	56
4.2.3. Cálculos de Medidas de Dispersión.....	56
4.2.3.1. Varianza (s^2) y desviación estándar (s).....	56
4.3. Estadística Inferencial	57
4.3.1. Correlación	57
4.3.2. Interpretación del Coeficiente de Correlación.....	57
4.3.2.1. Coeficiente de correlación de Pearson (r).....	58
4.3.2.2. Coeficiente de correlación de Spearman (ρ).....	59
4.3.3. Prueba de Hipótesis	60
4.3.4. Intervalo de confianza	61
4.3.5. Valores de los coeficientes de correlación y ecuación en función de las variables.....	63
4.3.6. Especificación Técnica	63
4.3.6.1. Concepto	63
4.3.6.2. Materiales y equipos	63
4.3.6.3. Procedimientos y rangos de medición	64
4.3.6.4. Forma de cubicación.....	66
4.3.6.5. Costo por unidad de cubicación.....	66
4.3.7. Pruebas Extras o Complementarias.....	66

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1. Conclusiones	68

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO N° 1. Solicitud para el uso de los laboratorios de suelos y resistencia de materiales de la Universidad Autónoma“Juan Misael Saracho”.

ANEXO N° 2. Recibo de compra de equipo de Fragmentación Dinámica por Impacto.

ANEXO N° 3. Recibo de compra de agregado pétreo.

ANEXO N° 4. Reporte fotográfico de los ensayos.

ANEXO N° 5. Planillas del análisis granulométrico de las muestras.

ANEXO N° 6. Planilla de los resultados de peso unitario suelto y compactado.

ANEXO N° 7. Planilla de los resultados de peso específico.

ANEXO N° 8. Planillas de los resultados del ensayo Desgaste de los Ángeles.

ANEXO N° 9. Planillas de los resultados de fragmentación dinámica por impacto a 15 golpes.

ANEXO N° 10. Planilla resumen y gráfica de los resultados de Desgaste de los Ángeles y Fragmentación Dinámica por Impacto a 15 golpes.

ANEXO N° 11. Planillas individuales, planilla resumen y gráfica de los resultados de Fragmentación Dinámica a diferentes golpes.

ANEXO N° 12. Tabla de valores críticos de la distribución t de Student (2 colas).

ANEXO N° 13. Partes del equipo de Fragmentación Dinámica por Impacto.

ÍNDICE TABLAS

	Página
Tabla 1.1 Operacionalización de la variable “resistencia a la abrasión”	6
Tabla 1.2 Operacionalización de la variable “resistencia al impacto”	6
Tabla 2.1 Clasificación del agregado según el valor de impacto	31
Tabla 2.2 Marco normativo	31
Tabla 3.1 Cálculo del número de ensayos al 95% de confiabilidad.....	34
Tabla 3.2 Ubicación geográfica del banco de préstamo.....	36
Tabla 3.3 Requisitos de gradación para mezclas.....	41
Tabla 3.4 Resultados del análisis granulométrico	42
Tabla 3.5 Resultados de peso unitario suelto	43
Tabla 3.6 Resultados de peso unitario compactado	43
Tabla 3.7 Resultados de peso específico	44
Tabla 3.8 Gradación de agregados para el Desgaste de los Ángeles	45
Tabla 3.9 Tabla de resultados de Desgaste de los Ángeles	46
Tabla 3.10 Resultados de Fragmentación Dinámica por Impacto	47
Tabla 3.11 Clasificación del agregado según valor de V.I.A.....	49
Tabla 4.1 Resultados ordenados de V.I.A. y D.A.	50
Tabla 4.2 Datos para elaborar la planilla de frecuencias.....	51
Tabla 4.3 Tabla de frecuencias de V.I.A.....	53
Tabla 4.4 Planilla de frecuencia de D.A.....	54
Tabla 4.5 Resumen del análisis descriptivo	56
Tabla 4.6 Tipo de correlación según el valor de "r"	57
Tabla 4.7 Valores del coeficiente de correlación y determinación de Pearson.....	58
Tabla 4.8 Cálculo del coeficiente de Spearman “ ρ ”.....	59
Tabla 4.9 Valores para determinar el intervalo de confianza al 95%	62
Tabla 4.10 Resultados de V.I.A. a diferentes golpes	66
Tabla 5.1 Características y propiedades de los agregados utilizados.....	69

ÍNDICE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 Agregados naturales	7
Figura 2.2 Agregados triturados.....	8
Figura 2.3 Proceso de fabricación de agregados triturados	8
Figura 2.4 Ciclo de trituración	9
Figura 2.5 Esquema de trituradora de mandíbulas.....	10
Figura 2.6 Trituradora giratoria.	11
Figura 2.7 Trituradora de cono	12
Figura 2.8 Trituradora de cilindros	14
Figura 2.9 Trituradora por impacto.....	15
Figura 2.10 Agregados artificiales	16
Figura 2.11 Forma de las partículas de agregado pétreos	17
Figura 2.12 Microtextura y macrotextura	19
Figura 2.13 Adherencia agregado - ligante asfáltico	20
Figura 2.14 Agregado grueso.....	21
Figura 2.15 Agregado fino	24
Figura 2.16 Mezcla asfáltica	24
Figura 2.17 Máquina de los Ángeles	26
Figura 2.18 Esquema del equipo de Fragmentación Dinámica por Impacto	28
Figura 2.19 Equipo de Fragmentación Dinámica por Impacto utilizado	29
Figura 3.1 Ubicación de la comunidad de San Andrés	35
Figura 3.2 Ubicación del banco de préstamo	35
Figura 3.3 Balanzas de 6 y 60 kg de capacidad	36
Figura 3.4 Juego de tamices estandarizados	37
Figura 3.5 Brocha, cuchara y cepillo metálico.....	37
Figura 3.6 Horno hermético	38
Figura 3.7 Agregado grueso.....	38
Figura 3.8 Equipo de Desgaste de los Ángeles y de Impacto	39
Figura 3.9 Extracción de la muestra.....	40

ÍNDICE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 2.1 Curva granulométrica.....	22
Gráfica 3.1 Límites de gradación para mezclas	42
Gráfica 4.1 Histograma y Polígono de frecuencias (V.I.A).....	53
Gráfica 4.2 Frecuencias Acumuladas (V.I.A.).....	54
Gráfica 4.3 Histograma y polígono de frecuencias (D.A)	55
Gráfica 4.4 Frecuencias acumuladas.....	55
Gráfica 4.5 Valor de Impacto vs Desgaste de los Ángeles	58
Gráfica 4.6 Zonas de aceptación y rechazos	61
Gráfica 4.7 Valores de V.I.A. a diferentes golpes	67