

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO

TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CONFIABILIDAD DEL N60
OBTENIDO DEL EQUIPO SPT TRIPODE 107”**

Por:

Paola Johanna Condori

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

SEMESTRE II – GESTION 2022

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO

DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**“DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CONFIABILIDAD DEL N60
OBTENIDO DEL EQUIPO SPT TRIPODE 107”**

Por:

Paola Johanna Condori

SEMESTRE II – GESTION 2022

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

A MI MAMÁ:

Marisol Condori Leño, gran ejemplo de mujer, trabajadora, luchadora, que siempre lo da todo por la familia.

A MI ABUELO:

Felipe Condori Mollo, inculcador de buenos valores, no se rinde ante ninguna adversidad y siempre con la frente en alto.

ÍNDICE
CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

	Página
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 SITUACIÓN PROBLÉMICA.....	2
1.3 PROBLEMA	3
1.3.1 Relevancia y factibilidad del problema.....	3
1.3.2 Delimitación temporal y espacial del problema.....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.5 OBJETIVOS.....	4
1.5.1 Objetivo general	4
1.5.2 Objetivos específicos.....	4
1.6 HIPÓTESIS	5
1.7 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	5
1.7.1 Variable independiente.....	5
1.7.2 Variable dependiente.....	5
1.8 IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.9 UNIDADES DE ESTUDIO Y DECISIÓN MUESTRAL	6
1.9.1 Unidad de estudio.....	6
1.9.2 Población.....	6
1.9.3 Muestra.....	6
1.9.4 Selección de las técnicas de muestreo.....	8
1.10 MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS	8
1.10.1 Métodos.....	8

1.10.2	Técnicas.....	9
1.11	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	11
1.12	ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	11

CAPÍTULO II

ESTADO DEL CONOCIMIENTO ENSAYO SPT Y CONFIABILIDAD ESTADÍSTICA

		Página
2.1	EVOLUCIÓN HISTÓRICA	12
2.2	METODOLOGÍA ORIGINAL DEL ENSAYO SPT	14
2.3	METODOLOGÍA SEGÚN LA NORMA ASTM 1586.....	15
2.3.1	Elementos y características relevantes de la norma ASTM 1586	15
2.3.2	Tipos de martillo	16
2.3.3	Aplicabilidad del ensayo SPT	18
2.4	FACTORES QUE AFECTAN EL RESULTADO	19
2.5	SPT TRÍPODE 107	20
2.6	CORRECCIONES	21
2.6.1	Corrección por energía	21
2.6.2	Corrección por longitud de varillaje.....	22
2.6.3	Corrección por tipo de muestreador	22
2.6.4	Corrección por sobrecarga del terreno	22
2.7	GRANULOMETRÍA	23
2.7.1	Generalidades	23
2.7.2	Metodología	25
2.8	LÍMITES DE ATTERBERG	26

2.8.1	Límite líquido (LL)	28
2.8.2	Límite plástico (LP)	29
2.8.3	Índice de plasticidad (IP).....	30
2.9	CLASIFICACIÓN	30
2.9.1	Generalidades	30
2.9.2	S.U.C.S. (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)	31
2.10	ANÁLISIS DE DATOS CUANTITATIVOS.....	35
2.10.1	Estadística descriptiva.....	36
2.10.2	Confiabilidad.....	39
2.10.3	Análisis estadístico inferencial.....	44
2.11	ESTRATEGIAS PARA DETERMINAR LA CONFIABILIDAD S	53
2.11.1	Programas estadísticos para determinar la confiabilidad	53
2.11.2	Verificar que el equipo cumpla con todas las condiciones establecidas por la Norma ASTM 1586	60
2.11.3	Contar con personal capacitado.....	60

CAPÍTULO III

DESARROLLO EXPERIMENTAL

	Página	
3.1	INTRODUCCIÓN	61
3.2	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES EN ESTUDIO.....	61
3.2.1	Descripción y ubicación	61
3.2.2	Coordenadas de la zona de estudio.....	62
3.3	ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR SPT.	63
3.3.1	Toma de muestras.....	63

3.4	CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS.....	72
3.4.1	Porcentaje de humedad.....	72
3.4.2	Granulometría.....	76
3.4.3	Limites de Atterberg.....	79
3.4.4	Clasificación.....	88
3.5	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN ADMISIBLE.....	90

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD MEDICIONES ENSAYO SPT

		Página
4.1	CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO	94
4.2	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA CADA VARIABLE.....	102
4.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO INFERENCIAL.....	106
4.3.1	Prueba de hipótesis.....	107
4.3.2	Prueba de hipótesis no paramétricas para dos muestra independientes	114
4.4	FRECUENCIA DE RESULTADOS DEL N60.....	115

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

		Página
5.1	CONCLUSIONES	119
5.2	RECOMENDACIONES	121

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO 1: TABLAS Y CUADROS PARA ESTUDIO DE SUELOS

ANEXO 2: TABLAS REALIZADAS PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Variable independiente.....	5
Tabla 2. Variable dependiente.....	6
Tabla 3. Valores z utilizados en investigación de acuerdo al nivel de confianza	7
Tabla 4. Valores de varianza en función al tiempo	7
Tabla 5. Técnicas utilizadas	9
Tabla 6. Productos.....	10
Tabla 7. Detalles del SPT.....	17
Tabla 8. Aplicabilidad del SPT	18
Tabla 9. Corrección por longitud de varillaje	22
Tabla 10. Corrección por tipo de muestreador.....	22
Tabla 11. Escala granulométrica	23
Tabla 12. Tamaños de abertura de tamices	24
Tabla 13. Estados de consistencia.....	28
Tabla 14. Indicación de la plasticidad de suelos	30
Tabla 15. Simbología de los suelos según SUCS.....	31
Tabla 16. Tipología de suelos	32
Tabla 17. Ubicación de pozos	62
Tabla 18. Ubicación de pozos que no se tomaron en cuenta.....	62
Tabla 19. Características del martillo.....	63
Tabla 20 Procedimientos del ensayo de penetración estándar	64
Tabla 21 . Numero de golpes SPT del pozo1	67
Tabla 22. Numero de golpes SPT del pozo1 a 2 m.....	67

Tabla 23. Numero de golpes SPT del pozo1 a 3 m.....	68
Tabla 24. Resumen de todos los números de golpes obtenidos:	69
Tabla 25. Materiales ensayo de humedad	72
Tabla 26. Procedimiento ensayo de humedad.....	72
Tabla 27. Tabla para determinar el porcentaje de humedad	74
Tabla 28. Resumen del porcentaje de humedad.....	74
Tabla 29. Materiales granulometría	76
Tabla 30. Procedimiento granulometría.....	76
Tabla 31. Datos del ensayo de granulometría pozo 1	78
Tabla 32. Granulometría del punto 1	78
Tabla 33. Materiales límite líquido	79
Tabla 34. Procedimiento límite líquido.....	80
Tabla 35. Datos del límite líquido.....	83
Tabla 36. Cálculo del límite líquido.....	83
Tabla 37. Materiales para el límite plástico	84
Tabla 38. Procedimiento límite plástico.....	85
Tabla 39. Datos límite plástico.....	86
Tabla 40. Cálculo del límite plástico.....	86
Tabla 41. Resumen de resultados de la plasticidad.....	86
Tabla 42. Resumen de resultados.....	88
Tabla 43. Características y diferencias de los suelos	89
Tabla 44. Resistencia admisible (kg/cm ²)	90
Tabla 45. Datos para realizar el análisis estadístico.....	95
Tabla 46. Coeficiente de correlación de Pearson y Alfa de Cronbach.....	97

Tabla 47. Análisis de correlación N60 1m, N60 2m, N60 3m.....	98
Tabla 48. Análisis descriptivo.....	98
Tabla 49. Valores de Cronbach's Alpha para cada profundidad.....	99
Tabla 50. Correlaciones.....	99
Tabla 51. Muestra para el análisis.....	100
Tabla 52. Análisis de fiabilidad.....	101
Tabla 53. Coeficiente de Pearson.....	101
Tabla 54. Muestra para el análisis.....	101
Tabla 55. Resumen estadístico Statgraphics variable	103
Tabla 56. Tabla de frecuencias Statgraphics variable N60 1m.....	103
Tabla 57. Resumen estadístico variable N60 2 m	104
Tabla 58. Tabla de frecuencias N60 2 m.....	104
Tabla 59. Resumen estadístico variable N60 3 m	105
Tabla 60. Tabla de frecuencias N60 3 m.....	105
Tabla 61. Prueba de normalidad variable N60 1 m.....	111
Tabla 62. Prueba de normalidad variable N60 2 m.....	111
Tabla 63. Prueba de normalidad variable N60 3 m.....	112
Tabla 64. Prueba de Kruskal-Wallis SPSS.....	114
Tabla 65. Prueba de Kruskal-Wallis MINITAB	115

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Toma muestras o cuchara bipartida	15
Figura 2. Tipos de martillos	16
Figura 3. Carta de plasticidad	33
Figura 4. Tabla de clasificación S.U.C.S.	34
Figura 5. Histograma de frecuencias.....	37
Figura 6. Medida de estabilidad.....	42
Figura 7. Medida de estabilidad.....	43
Figura 8. Diagrama de dispersión	47
Figura 9. Regresión lineal simple	48
Figura 10. Interpretación del coeficiente de determinación.....	51
Figura 11. Dibujo del modelo ajustado a la nube de puntos	55
Figura 12. Puntos de extracción del Barrio San Blas.....	61
Figura 13. Preparación del equipo SPT	63
Figura 14. Diagrama de ejecución de ensayo a 1m.....	67
Figura 15. Diagrama de ejecución de ensayo a 2m.....	68
Figura 16. Diagrama de ejecución de ensayo a 3m.....	69
Figura 17. Foto satelital Google Earth del barrio de extracción	89
Figura 18. Coeficiente de correlación de Pearson	94
Figura 19. Esquema de inferencia estadística	107

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica. 1. Curva de distribución granulométrica del punto 1.....	79
Gráfica. 2. Curva de Fluidez.....	84
Gráfica. 3. Grafica de correlación de Pearson.....	98
Gráfica. 4. Correlación entre N60 a diferentes profundidades.....	100
Gráfica. 5 Histograma de frecuencias para N60 de 1m.....	104
Gráfica. 6. Histograma de frecuencias N60 2 m.....	105
Gráfica. 7. Histograma de frecuencias N60 3 m.....	106
Gráfica. 8. Prueba de normalidad variable N60 1 m.....	108
Gráfica. 9. Histograma vs curva de normalidad 1m.....	108
Gráfica. 10. Prueba de normalidad variable N60 2 m.....	109
Gráfica. 11. Histograma vs curva de normalidad 2m.....	109
Gráfica. 12. Prueba de normalidad variable N60 3 m.....	110
Gráfica. 13. Histograma vs curva de normalidad 3m.....	110
Gráfica. 14. Grafica de simetria para variable N60 1 m.....	111
Gráfica. 15. Grafica de simetria para variable N60 2 m.....	112
Gráfica. 16. Grafica de simetria para variable N60 3 m.....	113
Gráfica. 17. Prueba de Kruskal-Wallis MINITAB.....	116
Gráfica. 18. Prueba de Kruskal-Wallis MINITAB.....	116
Gráfica. 19. Prueba de Kruskal-Wallis MINITAB.....	117
Gráfica. 20. Prueba de Kruskal-Wallis MINITAB.....	117
Gráfica. 21. Prueba de Kruskal-Wallis MINITAB.....	118

Gráfica. 22. Prueba de Kruskal-Wallis MINITAB	118
Gráfica. 23. Análisis estadístico coeficiente de correlación de Pearson	119
Gráfica. 24. Análisis de normalidad de los datos.....	120