

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE EL ENSAYO SPT Y EL
ENSAYO DPSH EN LOS SUELOS ARCILLOSOS DE LA CIUDAD DE TARIJA”**

Por:

ROMERO GUTIÉRREZ LUIS FERNANDO

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 – 2025

TARIJA - BOLIVIA

DEDICATORIA

Quisiera dedicar este trabajo a Dios, por brindarme la fortaleza, la salud y la claridad necesarias para seguir adelante sin rendirme a lo largo de este proceso.

A mi madre, Maribel Gutiérrez, por su apoyo incondicional, su amor y su comprensión constantes, que han sido mi mayor fuente de inspiración.

A mis abuelos, Andrés Gutiérrez y Lucía Yurquina, quienes han sido como padres para mí, brindándome su apoyo constante y guiándome en cada paso de mi vida.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación	2
1.3. Identificación del problema	2
1.4. Hipótesis	3
1.5. Variables dependientes e independientes.....	3
1.6. Objetivos	3
1.6.1. Objetivo general	3
1.6.2. Objetivos Específicos.....	3
1.7. Alcance de la investigación	4

CAPÍTULO II

CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE GOLPES DEL SPT Y DEL DPSH EN SUELOS ARCILLOSOS

	Página
2.1. Suelos Arcillosos	5
2.1.1. Arcillas	5
2.1.2. Propiedades fundamentales de las arcillas	5

2.1.3. Mineralogía de los suelos arcillosos	6
2.1.4. Capacidad de absorción de agua en suelos arcillosos	8
2.2. Caracterización del suelo	8
2.2.1. Contenido de humedad.....	9
2.2.2. Límites de Atterberg	9
2.2.3. Determinación de consistencia de los suelos	11
2.2.4. Granulometría	16
2.3. Exploracion de suelos	17
2.3.1. Normas que los regulan.....	18
2.4. Ensayo SPT	18
2.4.1. Elementos del ensayo.....	19
2.4.2. Descripción del ensayo	21
2.4.3. Procedimiento del ensayo	22
2.4.4. Aplicación	23
2.4.5. Ventajas del ensayo SPT.....	24
2.4.6. Desventajas del ensayo SPT	25
2.4.7. Situación del ensayo SPT en Bolivia	25
2.5. Ensayo DPSH.....	26
2.5.1. Orígenes y desarrollo	26
2.5.2. Elementos del ensayo.....	27
2.5.3. Procedimiento del ensayo	29
2.5.4. Campo de aplicación.....	29
2.5.5. Ventajas del ensayo DPSH	30
2.5.6. Desventajas del ensayo DPSH	30
2.5.7. Situación del ensayo DPSH en Bolivia.....	31

2.6. Correlaciones entre el ensayo SPT y el ensayo DPSH	31
2.6.1. Antecedentes internaciones dentro de la región de Latinoamérica.....	31
2.7. Análisis estadístico aplicado a la correlación entre ensayos SPT y DPSH.....	32
2.7.1. Correlación.....	32
2.7.2. Coeficiente de correlación de Pearson	33
2.7.3. Modelos de regresión	34
2.7.4. Coeficiente de Determinación.....	39
2.7.5. Prueba de F para la validación de los modelos	40

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

	Página
3.1. Unidades de estudio y decisión muestral	43
3.1.1. Unidades de estudio	43
3.1.2. Población.....	43
3.1.3. Muestra.....	43
3.2. Características del área de estudio	43
3.2.1. Geografía, delimitación y área del municipio de Tarija.....	43
3.3. Ubicación de los puntos de investigación	46
3.3.1. Geología general del área.....	48
3.3.2. Profundidad y distancia entre puntos	49
3.3.3. Procedimiento de los ensayos	49
3.3.4. Trabajo de laboratorio	55
3.4. Número de golpes del ensayo SPT y DPSH con clasificación	55
3.5. Resumen detallado de la caracterización de los suelos.....	59

3.6. Procesamiento y Validación Estadística de los Ensayos	68
3.6.1. Validación estadística mediante prueba F	68
3.6.2. Aplicación de la prueba F	68
3.7. Aplicación práctica de los resultados	70
3.7.1. Obtención del valor N_{60} a partir de la correlación.....	70
3.7.2. Correcciones.....	71
3.7.3. Cálculo de parámetro de resistencia del suelo	72
3.7.4. Capacidad de carga ultima neta.....	72
3.7.5. Capacidad de carga segura	73

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA LA CORRELACIÓN SPT–DPSH

	Página
4.1. Introducción	74
4.2. Datos de estudio número de golpes SPT y DPSH	74
4.3. Análisis previo de datos	78
4.3.1. Gráfico de dispersión	79
4.3.2. Ajuste de regresión lineal.....	79
4.3.3. Consistencia del coeficiente de determinación y coeficiente de Pearson	80
4.4. Correlaciones	81
4.4.1. Correlación para arcilla de alta plasticidad (CH).....	81
4.4.2. Selección del modelo de regresión para (CH)	84
4.4.3. Correlación para arcilla de baja plasticidad (CL)	85
4.4.4. Selección del modelo de regresión para (CL)	88
4.4.5. Correlación para arcilla limosa (CL-ML)	89

4.4.6. Selección del modelo de regresión para (CL-ML).....	92
4.5. Coeficientes de Determinación de los suelos en estudio	93
4.6. Ecuación de la correlación	93
4.6.1. Ecuaciones.....	94
4.7. Análisis fiabilidad de los resultados obtenidos a través de la prueba F	97
4.7.1. Resultado de la prueba F	99
4.8. Ecuaciones finales de la correlación SPT-DPSH.....	100
4.9. Aplicación practica	100
4.10. Comparación gráfica entre resultados de la aplicación practica	107
4.11. Aporte del estudio	109

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1. Conclusiones	111
5.2. Recomendaciones	112

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO A: DATOS DE CAMPO DE LOS ENSAYOS SPT Y DPSH

ANEXO B: PLANILLAS DE CARACTERIZACION DE LOS SUELOS

ANEXO C: REPORTE FOTOGRÁFICO

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 Diagrama de estructura de la caolinita.....	6
Figura 2.2 Diagrama de estructura de la illita.	7
Figura 2.3 Diagrama de estructura de la montmorillonita.	8
Figura 2.4 Límites Atterberg.....	10
Figura 2.5 Aparato de Casagrande	11
Figura 2.6 Dispositivo de límite líquido	12
Figura 2.7 Porción de suelo antes y después de la prueba.	13
Figura 2.8 Curva flujo para la determinación del límite líquido de una arcilla.	13
Figura 2.9 Penetrómetro de cono	14
Figura 2.10 Prueba de penetración de cono.	15
Figura 2.11 Gráfica de contenido de humedad en función de la penetración de cono	15
Figura 2.12 Gráfica de plasticidad	17
Figura 2.13 Cuchara saca muestra para SPT.....	19
Figura 2.14 Esquema ensayo SPT manual.....	20
Figura 2.15 Penetrómetro automático	21
Figura 2.16 Características de la punta cónica DPSH.....	28
Figura 2.17 Punta cónica maciza DPSH	29
Figura 2.18 Valores del coeficiente del coeficiente de Pearson.....	33
Figura 2.19 Modelo regresión lineal	35
Figura 2.20 Modelo de regresión cuadrático.....	36
Figura 2.21 Modelo de regresión exponencial.....	37
Figura 2.22 Modelo de regresión logarítmico.....	38
Figura 2.23 Modelo de regresión potencial.....	38
Figura 2.24 Gráfica que ilustra un ajuste muy bueno y otro deficiente	39
Figura 2.25 Tabla para encontrar el valor F crítico.....	40
Figura 2.26 Diagrama de prueba F.....	41
Figura 3.1 Ubicación de la provincia cercado.....	44
Figura 3.2 Ubicación de la ciudad de Tarija (capital).....	45
Figura 3.3 Ubicaciones de los puntos del proyecto en la ciudad de Tarija	46

Figura 3.4 Geología de la ciudad de Tarija	49
Figura 3.5 Equipo en funcionamiento realizando el ensayo	51
Figura 3.6 Penetrómetro automático modelo ARCA 01 Kuarzo.	52
Figura 3.7 Cuchara Terzaghi.....	53
Figura 3.8 Punta cónica para DPSH.....	54
Figura 3.9 Prueba F para varianza de dos muestras	69
Figura 3.10 Introducción de datos para el análisis de la variable F	70
Figura 3.11 Correlación previa entre Su-N(SPT)	72
Figura 4.1 Resumen de datos obtenidos de R^2 y r (Pearson)	80

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1 Simbología de suelos finos	17
Tabla 3.1 Muestra de ensayos realizados.....	43
Tabla 3.2 Ubicaciones de los puntos con coordenadas geográficas UTM.....	47
Tabla 3.3 Características equipo modelo ARCA 01 Kuarzo	52
Tabla 3.4 Valores obtenidos en los ensayos SPT y DPSH	55
Tabla 3.5 Caracterización detallada de todos los puntos	59
Tabla 4.1 Número de datos recolectados	74
Tabla 4.2 Numero de golpes para el análisis de la correlación.....	74
Tabla 4.3 Resultados de los coeficientes de determinación.....	93
Tabla 4.4 SPT medido y SPT predicho para CH	94
Tabla 4.5 SPT medido y SPT predicho para CL	95
Tabla 4.6 SPT medido y SPT predicho para CL-ML.....	97
Tabla 4.7 Resultado del análisis de prueba F para CH	98
Tabla 4.8 Resultado del análisis de prueba F para CL	98
Tabla 4.9 Resultado del análisis de prueba F para CL-ML.....	99
Tabla 4.10 Ecuaciones finales.....	100
Tabla 4.11 Cargas admisibles para CH, CL Y CL-ML.....	102

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 4.1 Gráfica de dispersión análisis previo	79
Gráfica 4.2 Correlación exponencial para CH	81
Gráfica 4.3 Correlación lineal para CH.....	82
Gráfica 4.4 Correlación logarítmica para CH	82
Gráfica 4.5 Correlación polinómica de grado 2 para CH.....	83
Gráfica 4.6 Correlación potencial para CH.....	84
Gráfica 4.7 Correlación exponencial para CL.....	85
Gráfica 4.8 Correlación lineal para CL	86
Gráfica 4.9 Correlación logarítmica para CL.....	86
Gráfica 4.10 Correlación polinómica de grado 2 para CL	87
Gráfica 4.11 Correlación potencial para CL	88
Gráfica 4.12 Correlación exponencial para CL-ML	89
Gráfica 4.13 Correlación lineal para CL-ML.....	90
Gráfica 4.14 Correlación logarítmica para CL-ML	90
Gráfica 4.15 Correlación polinómica de grado 2 para CL-ML.....	91
Gráfica 4.16 Correlación potencial para CL-ML	92
Gráfica 4.17 Carga admisible SPT medido vs. SPT predicho para CH.....	107
Gráfica 4.18 Carga admisible SPT medido vs. SPT predicho para CL	108
Gráfica 4.19 Carga admisible SPT medido vs. SPT predicho para CL-ML	109