

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



**“METODOLOGIAS COMPARADAS DEL CALCULO DE  
CAPACIDAD PORTANTE Y SU SELECCION OPTIMA PARA  
CIMENTACIONES SUPERFICIALES SOBRE SUELOS  
ARCILLOSOS”**

Realizado por:

**EDUARDO AVENDAÑO CANO**

Agosto del 2012

**TARIJA - BOLIVIA**

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

**“METODOLOGIAS COMPARADAS DEL CALCULO DE CAPACIDAD  
PORTANTE Y SU SELECCION OPTIMA PARA CIMENTACIONES  
SUPERFICIALES SOBRE SUELOS ARCILLOSOS”  
(Provincia Cercado “Barrio Miraflores”)**

Realizado por:

**EDUARDO AVENDAÑO CANO**

**PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV 502**

**Gestión académica I/S 2013**

**TARIJA – BOLIVIA**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico a Dios, a toda mi familia especialmente a mi madre Candelaria Cano Castro y mi hermano Horacio Avendaño Cano a los que les debo todo por haberme apoyado en todo tiempo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradesco a todos y cada uno de las personas que me apoyaron, me animaron y me dieron una mano en las diferentes etapas de mi vida algunas están aquí conmigo y otras en mi corazón.

Sin importar que lean estas líneas les agradezco de todo corazón porque formaron parte de mi vida y mi carrera.

Doy gracias a Dios y la virgen de Chaguaya por guiarme, por darme fuerzas

A mi madre Candelaria le agradezco por sacrificarte por mí y mis hermanos aunque hoy estés lejos y no te pueda abrazar le doy gracias por el gran apoyo económico y la confianza que tuvo ante mí. Gracias porque siempre, aunque lejos, has estado a mi lado. Hoy le demuestro madre que tu sacrificio valió la pena muchas gracias mamá, te quiero.

A mi padre Cirilo y hermano Ariel gracias por apoyarme en algunos momentos de mi vida.

A mi hermanito Horacio por haber estado a mi lado en los momentos más difíciles de mi vida, por intentar siempre ayudarme y gracias porque desde que naciste mi vida cambió.

A todos mis amigos sin excluir a ninguno pero en especial a Gonzalo Areco por ser un gran ejemplo en mi vida.



## ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO I

<b>1. ANTECEDENTES.</b>	<b>Pagina</b>
1.1 INTRODUCCION.....	1
1.2 SITUACION PROBLEMÁTICA.....	2
1.2.1 PROBLEMA.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2 OBJETIVO ESPECIFICO.....	4
1.4 HIPÓTESIS.....	5
1.5 ALCANCE DEL PROYECTO.....	6

### CAPÍTULO II

#### **2. MARCO TEÓRICO.**

2.1 MECÁNICA DE SUELOS E INVESTIGACION DEL TERRENO.....	7
2.1.1 FORMACION DEL SUELO.....	7
2.1.2 ESTRUCTURA DE LA MASA DEL SUELO.....	11
2.1.3 FASES COMPONENTES DE UN SUELO.....	11
2.1.4 RELACIONES DE FASE.....	13

2.1.5 ENSAYOS ESTANDARIZADOS.....	14
2.1.6 LIMITES DE ATTERBERG.....	22
2.1.7 SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS.....	25
2.2 EXPLORACIÓN EN SUELOS.....	35
2.2.1 INVESTIGACIÓN DEL TERRENO.....	35
2.2.2 INFORMACIÓN REQUERIDA EN EL TERRENO.....	37
2.2.3 POZOS DE PRUEBA Y PERFORACIONES.....	38
2.2.4 MUESTREO DE SUELO.....	43
2.2.5 DISTANCIA ENTRE LAS TOMAS DE MUESTRAS DEL SUELO.....	43
2.2.6 PRUEBA DEL SUELO IN SITU.....	44
2.3 PRINCIPIOS GENERALES DEL DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES.....	52
2.3.1 TERMINOLOGIA BÁSICA.....	52
2.3.2 TIPOS DE CRITERIOS PARA EL DISEÑO.....	54
2.3.3 ESTIMACION DE PRESIONES DE CARGA.....	54
2.3.4 MOVIMIENTOS PERMISIBLES.....	56
2.4 MODOS TÍPICOS DE FALLA PORTANTE DEL SUELO EN FUNDACIONES SUPERFICIALES.....	59
2.4.1 FALLA CORTANTE GENERAL.....	59

2.4.2 FALLA CORTANTE LOCAL.....	59
2.4.3 FALLA PUNZONANTE.....	60
2.5 FACTOR DE SEGURIDAD.....	62

### **CAPÍTULO III**

#### **3. METODOLOGIAS COMPARADAS Y SU ANALISIS TEORICO.**

3.1 ECUACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE DEDUCIDA DE LAS CONDICIONES DE ESTADOS DE EQUILIBRIO PLÁSTICO DE RANKINE.....	65
3.2 TEORIA CLÁSICA DE LA CAPACIDAD PORTANTE.....	70
3.3 SOLUCIONES DE COTAS SUPERIOR E INFERIOR.....	75
3.3.1 SOLUCIÓN DE COTA SUPERIOR PARA PRESIÓN ÚLTIMA DE ÁREA EN FAJA SOBRE SUELO COHESIVO PURO.....	77
3.3.2 SOLUCIÓN DE COTA INFERIOR PARA PRESIÓN ÚLTIMA DE ÁREA EN FAJA SOBRE SUELO COHESIVO PURO MECANISMO DE PRANDT.....	81
3.3.3 SOLUCIÓN DE COTA SUPERIOR PARA PRESIÓN ÚLTIMA DE ÁREA EN FAJA SOBRE SUELO COHESIVO Y FRICCIONANTE MECANISMO DE PRANDTL.....	82
3.3.4 VALOR DE $N_c$ PARA SUELO PURAMENTE COHESIVO.....	83
3.4 INCIDENCIA DE LA PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN EN SUELOS COHESIVOS. TEORIA DE SKEMPTON.....	84
3.5 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PREDICCIÓN TEÓRICA DE LA CARGA ÚLTIMA DE FUNDACIONES SUPERFICIALES.....	85

3.6 PROFUNDIDAD Y FORMA DE LA FUNDACIÓN Y CARGAS INCLINADAS Y EXCÉNTRICAS.....	87
3.7 ENSAYO NORMAL DE PENETRACIÓN SPT.....	91
3.7.1 SUELOS NO COHESIVOS.....	94
3.7.2 SUELOS COHESIVOS.....	98

## **CAPÍTULO IV**

### **4. ANÁLISIS COMPARADAS Y DISEÑO DE APLICACIÓN**

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.....	100
4.1.1 GENERAL.....	100
4.1.2 PERFIL GEOLÓGICO.....	100
4.2 CRITERIOS GENERALES.....	101
4.3 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA ZONA.....	103
4.4 ANÁLISIS BÁSICA POR PARÁMETROS DE PLASTICIDAD, HUMEDAD NATURAL Y PORCENTAJE DE ARCILLA.....	106
4.4.1 CONSISTENCIA RELATIVA.....	106
4.4.2 INDICE DE LIQUIDEZ.....	107
4.4.3 ACTIVIDAD DE LA ARCILLA.....	109
4.4.4 ANÁLISIS DE COMPRESIÓN.....	110
4.5 CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE POR DIVERSAS TEORÍAS.....	112

4.5.1 ECUACIÓN GENERAL.....	112
4.5.2 TEORÍA CLÁSICA DE TERZAGHI.....	115
4.5.3 TEORÍA ACTUAL DE TERZAGHI.....	118
4.5.4 TEORÍA DE COTA SUPERIOR.....	121
4.5.5 TEORIA DE COTA INFERIOR.....	123
4.5.6 TEORÍA DE SKEMPTON.....	124
4.6 CAPACIDAD PORTANTE POR MÉTODO IN SITU.....	125
4.6.1 SPT.....	125
4.6.2 CONO HOLANDÉS.....	126
4.7 ANÁLISIS COMPARATIVO DE METODOLOGÍAS.....	127
4.7.1 COMPARACIÓN ANALÍTICA DE RESULTADOS.....	127
4.8 CAPACIDAD PORTANTE ADOPTADA.....	134

## **CAPÍTULO V**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 CONCLUSINES.....	136
5.2 RECOMENDACIONES.....	137
BIBLIOGRAFIA.....	139

### **ANEXOS**

## INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 Fases de un suelo.....	12
Figura 2.2 Elemento de suelo en estado natural.....	12
Figura 2.3. Tamices utilizados para la granulometría.....	17
Figura 2.4. Hidrómetro ASTM 152H.....	20
Figura 2.5 Curva de Distribución Granulométrica.....	21
Figura 2.6 Aparato de Casagrande.....	22
Figura 2.7 Muestra la pasta del suelo antes y después de la prueba.....	23
Figura 2.8 Carta de Plasticidad.....	25
Figura 2.9 Falla punzonante.....	61
Figura. 3.1. Condición de plasticidad. Equilibrio de Rankine.....	65
Figura. 3.2. Disposición de las zonas plásticas bajo el cimiento.....	66
Figura 3.3. Condiciones de equilibrio plástico en las zonas I y II.....	67
Figura 3.4. Teoría Clásica de la capacidad Portante.....	70
Figura 3.5. Mecanismo cilíndrico de falla.....	77
Figura 3.6. Mecanismo cinemático de Prandtl para un cimiento largo.....	79
Figura 3.7. Mecanismo de Prandtl, arcos de círculo.....	81
Figura. 3.9. Carga inclinada sobre la fundación.....	89
Figura 3.10. Disposición para la toma de muestra y ejecución del ensayo normal de penetración en una perforación por lavado.....	92
Figura.3.11. Valores presumibles de capacidad de carga; Propuesto por V.K. Houg.....	97

Figura.3.12. Valores presumibles de capacidad de carga; Propuesto por V.K. Houg, para suelos cohesivos.....	99
Figura.4.1 Perfil geológico de los estratos de la zona.....	101
Figura.4.2 Detalle gráfico de los apiques.....	103

## INDICE DE TABLAS

Tabla.2.1. Composiciones minerales de suelos.....	9
Tabla 2.2 Limites de tamaño de suelos separados.....	15
Tabla 2.3 Tamaños de mallas de acuerdo la norma A.S.T.M.....	17
Tabla 2.4 Clasificación de Materiales para Subrasantes de Carreteras.....	27
Tabla 3.1: Factores de profundidad de fundación e inclinación de la carga según Meyerhof.....	89
Tabla 3.2: Factores de profundidad de fundación e inclinación de la carga según Brinch Hansen.....	90
Tabla 3.3. : Factores de forma según Meyerhof y De Beer-Vesic.....	91
Tabla. 3.4. Relación de energía, Bowles.....	94
Tabla. 3.5. Correlaciones para corregir N en suelos no cohesivos.....	95
Tabla 3.6. Terzagui y Peck (1967): Correlación de N, con la densidad relativa.....	96
Tabla 3.7. Valores empíricos de $D_r$ relativos a N del SPT en suelos granulares normalmente consolidados y una profundidad de 6 metros.....	97
Tabla. 3.8. Consistencia de arcillas y correlación aproximada al número de penetración estándar N.....	98
Tabla 3.9. Correlaciones empíricas para suelos cohesivos.....	99
Tabla4.1: Resumen tecnico del estudio de suelos.....	105

Tabla4.2: Consistencia relativa en valor cuantitativo y cualitativo.....	107
Tabla4.3: Índice de liquidez con valor cuantitativo y cualitativo.....	108
Tabla4.4: Actividad de una arcilla con valor cuantitativo y cualitativo...	109
Tabla4.5: Índice de compresión; valor cuantitativo y cualitativo.....	111
Tabla 4.6: Planillas de cálculo por ecuación general.....	113
Tabla 4.7: Planillas de cálculo por la Teoría Clásica de Terzaghi.....	116
Tabla 4.8: Planillas de cálculo por la teoría actual.....	119
Tabla 4.9: Cota superior por mecanismo cilíndrico simple.....	121
Tabla 4.10: Cota superior Según Fellenius.....	122
Tabla 4.11: Cota inferior según Mecanismo de Prandtl.....	123
Tabla 4.12: Teoría de Skempton, considerando la profundidad.....	124
Tabla 4.13: Capacidad Portante por tres métodos.....	125
Tabla 4.14: Capacidad Portante por el cono holandés y correlación.....	126
Tabla 4.15: Comparación de resultados del cálculo de capacidad portante. ....	128