

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**

**“INFLUENCIA DE LA GEOTÉCNIA EN LA  
VULNERABILIDAD  
DE LAS QUEBRADAS SECAS EN CHOSICA”**



**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**DIANA ELIZABETH CANALES RIVAS**

**YASSER SEDOV CORNEJO FALCON**

**LIMA – PERÚ**

**2014**

*DEDICATORIA:*

*La presente tesis va dedicada a mis padres Juan e Isabel, a mis queridos hermanos, ya que gracias a ellos alcancé mi meta, y en especial a mi estupendo esposo Cristhian del cual recibí todo el apoyo, la paciencia y comprensión.*

*Diana Canales*

*Dedicado a mis padres Manuel e Isabel, a mis hermanas Mariory y AnaPaula y a mi pequeña sobrina Kayara, ellos hacen que mi vida no sea tan aburrida ni triste.*

*Yasser Cornejo*

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queremos expresar los más sinceros agradecimientos a nuestro Asesor de Tesis, Ing. Oscar Donayre, por sus aportes, críticas, comentarios y sugerencias durante el desarrollo de esta investigación. Así también por su constante paciencia, seguimiento y asistencia, compartiendo su tiempo de manera generosa durante el desarrollo de la presente investigación.

En segundo lugar, un agradecimiento muy especial a todos los Profesores de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Ricardo Palma, a todos y cada uno de ellos, que además de compartir sus conocimientos a lo largo de nuestra etapa en Pre - Grado, nos dieron con su ejemplo, normas de ética y moral para el éxito en nuestro futuro.

También no menos importante, es agradecer a las Empresas donde laboramos, gracias a ellas por su comprensión, por sus aportes, flexibilidades en cuanto a horarios y demás, sin la cual hubiera sido imposible culminar con éxito nuestra Tesis.

Finalmente, el agradecimiento más profundo y sentido va para todos nuestros familiares, y amigos. Sin su apoyo, colaboración y sobre todo comprensión, el camino al éxito se hubiera hecho más dificultoso.

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>16</b>
1.1 MARCO SITUACIONAL .....	16
1.2 PROBLEMATIZACIÓN .....	17
1.3 OBJETIVOS.....	20
1.3.1 <i>Objetivo principal:</i> .....	20
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	20
1.4 IMPORTANCIA .....	20
1.5 METODOLOGÍA.....	21
<b>CAPÍTULO II: GENERALIDADES .....</b>	<b>22</b>
2.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	22
2.2 PROBLEMÁTICA DE LA POBLACIÓN DE LAS QUEBRADAS SECAS EN CHOSICA .....	22
2.3 TOPOGRAFÍA DEL LUGAR.....	23
<b>CAPÍTULO III: ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEOLÓGICO DE LAS ZONAS DE ESTUDIO.....</b>	<b>25</b>
3.1 QUEBRADA MARISCAL .....	29
3.1.1 <i>Calicata N° 1</i> .....	29
3.1.2 <i>Calicata N° 2</i> .....	30
3.1.3 <i>Resultados geotécnicos obtenidos de las calicatas 1 y 2</i> .....	30
3.2 SOLUCIONES GEOTÉCNICAS .....	31
<b>CAPÍTULO IV: PROPIEDADES MECÁNICAS DELSUELO.....</b>	<b>47</b>
4.1 ENSAYOS DE LABORATORIO.....	47
4.1.1 <i>Ensayo de Parafina</i> .....	48
4.1.2 <i>Ensayo de Contenido de Humedad</i> .....	53
4.1.3. <i>Ensayo de Peso Específico Relativo de los Suelos</i> .....	53
4.1.4. <i>Ensayo de Granulometría</i> .....	55
4.1.5 <i>Ensayo de Corte Directo</i> .....	61
4.1.6 <i>Ensayo de Permeabilidad</i> .....	68
4.1.7 <i>Ensayo de Proctor Modificado</i> .....	75
4.1.8 <i>Ensayo de CBR</i> .....	78
4.2 PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO: .....	85

4.2.1 Clasificación, relaciones volumétricas y gravimétricas.....	85
4.2.2 Plasticidad y compacidad de suelos.....	86
4.3 PERMEABILIDAD DEL SUELO.....	87
4.3.1 Determinación en el laboratorio.....	87
4.4 ESFUERZOS EN UNA MASA DE SUELO.....	89
4.4.1 Esfuerzo efectivo en un suelo parcialmente saturado.....	89
4.4.2 Esfuerzos causados por cargas puntuales.....	89
4.5 RESISTENCIA CORTANTE DEL SUELO.....	92
4.5.1 Criterios de falla de Mohr-Coulomb.....	92
4.5.2 Prueba al corte directo.....	93
<b>CAPÍTULO V: ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE CHOSICA.....</b>	<b>94</b>
5.1 CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE.....	94
5.1.1 Clima.....	94
5.1.2 Hidrología.....	94
5.1.3 Ubicación de la Estación.....	97
5.1.4 Cuenca Húmeda.....	98
5.1.5 Drenaje.....	99
<b>CAPÍTULO VI: ANÁLISIS POBLACIONAL DE LAS QUEBRADAS EN ESTUDIO.....</b>	<b>102</b>
6.1 QUEBRADA MARISCAL.....	110
6.1.1 Cantidad de lotes según el tipo de construcción.....	110
6.1.2 Cantidad de lotes según el número de pisos.....	110
6.1.3 Cantidad de lotes en riesgo.....	110
6.2 QUEBRADA JUAN CAROSSIO.....	111
6.2.1 Cantidad de lotes según el tipo de construcción.....	111
6.2.2 Cantidad de lotes según el número de pisos.....	111
6.3 QUEBRADA LA LIBERTAD.....	111
6.3.1 Cantidad de lotes según el tipo de construcción.....	111
6.3.2 Cantidad de lotes según el número de pisos.....	111
6.4 QUEBRADA CORRALES.....	112
6.4.1 Cantidad de lotes según el tipo de construcción.....	112
6.4.2 Cantidad de lotes según el número de pisos.....	112
<b>CAPÍTULO VII: DESARROLLO DE MAPAS TEMÁTICOS DE LAS ZONAS VULNERABLES EN LAS QUEBRADAS SECAS EN CHOSICA.....</b>	<b>113</b>

7.1 MAPAS TEMÁTICOS QUEBRADA MARISCAL: .....	113
7.1.1 <i>Mapa temático sobre rutas de evacuación.</i> .....	113
7.1.2 <i>Mapa temático sobre acumulación de detritos o de material depositado en eventos pasados.</i> ..	115
7.1.3 <i>Mapa temático del perfil longitudinal de la quebrada.</i> .....	117
7.1.4 <i>Mapa temático de la solución de Ingeniería</i> .....	119
<b>CAPITULO VIII: CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y RESUMEN .....</b>	<b>120</b>
8.1 CONCLUSIONES.....	120
8.2 RECOMENDACIONES .....	121
8.3 RESUMEN .....	121
<b>ANEXOS .....</b>	<b>125</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>153</b>

# LISTA DE FOTOS

FOTO 1. GAVIONES USADOS COMO DIQUES .....	36
FOTO 2. GAVIONES COLOCADOS POR ETAPAS FUNCIONAMIENTO DE DIQUES .....	37
FOTO 3. PARTE BAJA DE LA QUEBRADA SE PUEDE APRECIAR QUE TIENE POCA PROFUNDIDAD .....	42
FOTO 4. PARTE INTERMEDIA DE LA QUEBRADA, AUMENTA LA PENDIENTE ASÍ COMO TAMBIÉN LA PROFUNDIDAD DEL CAUCE DE LA QUEBRADA .....	42
FOTO 5. SECCIÓN DE LA PARTE ALTA DE LA QUEBRADA, EN PLENO TRABAJO DE CONSTRUCCIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN .....	43
FOTO 6. MUESTRA DE SUELO GRANULAR .....	47
FOTO 7. MUESTRA M-2 MATERIAL CON PRESENCIA DE FINOS Y ROCAS ANGULARES .....	48
FOTO 8. MUESTRA DE SUELO COMPACTADA .....	48
FOTO 9. PARAFINA EN RECIPIENTE METÁLICO A LA HORNILLA.....	49
FOTO 10. PARAFINA DERRETIDA.....	50
FOTO 11. MUESTRA CON PARAFINA.....	50
FOTO 12. MUESTRA TOTALMENTE BAÑADA EN PARAFINA.....	51
FOTO 13. MUESTRA CON PARAFINA ATADA A UN PABILO .....	51
FOTO 14. MUESTRA DENTRO DE LA PECERA CON AGUA.....	52
FOTO 15. PROBETA USADA PARA MEDIR EL AGUA DESPLAZADA POR LA PARAFINA.....	52
FOTO 16. MUESTRAS SATURADAS, COLOCADAS EN EL HORNO HASTA EL PUNTO DE EBULLICIÓN DEL AGUA.....	54
FOTO 17. MUESTRA CALIENTE.....	54
FOTO 18. PROCESO DE PASAR LAS MUESTRAS DE SUELO POR LOS TAMICES.....	55
FOTO 19. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA.....	56
FOTO 20. MUESTRAS DE SUELO OBTENIDAS EN LAS CALICATAS .....	56
FOTO 21. LAS DOS MUESTRAS DE SUELO OBTENIDAS DE LA QUEBRADA MARISCAL .....	57
FOTO 22. EQUIPO USADO EN EL ENSAYO DEL CORTE DIRECTO .....	61
FOTO 23. MATERIAL COLOCADO EN LA CAJA DE CIZALLADURA .....	62
FOTO 24. MUESTRA COLOCADA EN LA CAJA DE CIZALLADURA .....	62
FOTO 25. MUESTRA LUEGO DE SER ENSAYADA .....	63
FOTO 26. MUESTRA LUEGO DE SER ENSAYADA .....	64
FOTO 27. MUESTRA DE SUELO COLOCADA EN EL CILINDRO METÁLICO .....	71
FOTO 28. APISONADO DE LA MUESTRA DE SUELO .....	71
FOTO 29. MUESTRA DE SUELO LISTA PARA SER ENSAYADA .....	72
FOTO 30. CONEXIÓN DEL RECIPIENTE CON LAS MANGUERAS QUE INGRESARAN AGUA AL MATERIAL.....	72

FOTO 31. APLICACIÓN DE AGUA EN LA MUESTRA DE SUELO.....	73
FOTO 32. CONTROL DEL TIEMPO DE FILTRACIÓN DE LA MUESTRA. ....	73
FOTO 33. REALIZACIÓN DEL ENSAYO CBR, COMPACTACIÓN.....	80
FOTO 34. MOLDES CON MUESTRA COMPACTADA SUMERGIDAS EN AGUA .....	80
FOTO 35. VISTA DE LA PARTE MEDIA DE LA QUEBRADA EL MARISCAL.....	126
FOTO 36. VIVIENDAS ASENTADAS A ORILLAS DEL CAUCE DE LA QUEBRADA .....	126
FOTO 37. FALTA DE MURO DE CONTENCIÓN .....	127
FOTO 38. CAUCE DE LA QUEBRADA EL MARISCAL.....	127
FOTO 39. VIVIENDAS ASENTADAS QUE QUITAN ÁREA AL CAUCE NATURAL DE LA QUEBRADA.....	128
FOTO 40. MATERIAL DEPOSITADO EN EL CAUCE NATURAL .....	128
FOTO 41. PARTE DEL CAUCE DE LA QUEBRADA SIN MUROS DE CONTENCIÓN .....	129
FOTO 42. INVASIÓN DE LA QUEBRADA CON MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN .....	129
FOTO 43. ACUMULACIÓN DE MATERIAL DEPOSITADO POR AÑOS.....	130
FOTO 44. DESMONTE ACUMULADO EN CAUCE NATURAL DE LA QUEBRADA .....	130
FOTO 45. INVASIÓN DEL CAUCE NATURAL DE LA QUEBRADA, REDUCIENDO SU ÁREA.....	131
FOTO 46. CALLES ALEDAÑAS AL CAUCE DE LA QUEBRADA QUE PUEDA SER USADA COMO RUTA DE EVACUACIÓN .....	131
FOTO 47. VIVIENDAS ASENTADAS A ORILLAS DEL RIO RÍMAC .....	132
FOTO 48. VIVIENDAS INVADIENDO GRAN PARTE DEL CAUCE DE LA QUEBRADA MARISCAL.....	132
FOTO 49. VISTA DEL PUENTE COLGANTE QUE FUE DESTRUIDO EN EL AÑO 1998 POR INCREMENTO DEL CAUDAL DEL RIO RÍMAC	133
FOTO 50. SECCIÓN DEL RIO RÍMAC REDUCIDA POR VIVIENDAS ASENTADAS EN SU ORILLA .....	133
FOTO 51. AL FONDO SE APRECIA LA ESTACIÓN CHOSICA, ENCARGADA DE MONITOREAR EL INCREMENTO DEL CAUDAL DEL RIO RÍMAC .....	134
FOTO 52. MATERIAL INESTABLE DEPOSITADO EN LA LADERA LATERAL DE LA QUEBRADA MARISCAL .....	134
FOTO 53. VIVIENDAS EN ALTO RIESGO AL SER UBICADAS A ORILLAS DEL RIO .....	135
FOTO 54. NUEVO MURO DE CONTENCIÓN CONSTRUIDO LUEGO DEL DESBORDE DEL RIO EN EL AÑO 1998 .....	135
FOTO 55. FOTO QUEBRADA MARISCAL .....	136
FOTO 56. FOTO QUEBRADA MARISCAL .....	136
FOTO 57. FOTO QUEBRADA MARISCAL .....	137
FOTO 58. FOTO QUEBRADA MARISCAL .....	137
FOTO 59. FOTO QUEBRADA MARISCAL .....	138
FOTO 60. FOTO QUEBRADA MARISCAL .....	138
FOTO 61. FOTO QUEBRADA MARISCAL .....	139
FOTO 62. FOTO QUEBRADA MARISCAL .....	139
FOTO 63. FOTO QUEBRADA MARISCAL .....	140
FOTO 64. FOTO QUEBRADA MARISCAL .....	140

FOTO 65. FOTO QUEBRADA MARISCAL .....	141
FOTO 66. FOTO QUEBRADA MARISCAL .....	141
FOTO 67. FOTO QUEBRADA MARISCAL .....	142
FOTO 68. FOTO QUEBRADA JUAN CAROSSIO .....	143
FOTO 69. FOTO QUEBRADA JUAN CAROSSIO .....	143
FOTO 70. FOTO QUEBRADA JUAN CAROSSIO .....	144
FOTO 71. FOTO QUEBRADA JUAN CAROSSIO .....	144
FOTO 72. FOTO QUEBRADA JUAN CAROSSIO .....	145
FOTO 73. FOTO QUEBRADA JUAN CAROSSIO .....	145
FOTO 74. FOTO QUEBRADA JUAN CAROSSIO .....	146
FOTO 75. FOTO QUEBRADA JUAN CAROSSIO .....	146
FOTO 76. FOTO QUEBRADA JUAN CAROSSIO .....	147
FOTO 77. FOTO QUEBRADA JUAN CAROSSIO .....	147
FOTO 78. FOTO QUEBRADA JUAN CAROSSIO .....	148
FOTO 79. FOTO QUEBRADA JUAN CAROSSIO .....	148
FOTO 80. FOTO QUEBRADA JUAN CAROSSIO .....	149
FOTO 81. FOTO QUEBRADA JUAN CAROSSIO .....	149
FOTO 82. FOTO QUEBRADA JUAN CAROSSIO .....	150
FOTO 83. FOTO QUEBRADA JUAN CAROSSIO .....	150
FOTO 84. FOTO QUEBRADA QUIRIO .....	151
FOTO 85. FOTO QUEBRADA QUIRIO .....	151
FOTO 86. FOTO QUEBRADA QUIRIO .....	152
FOTO 87. FOTO QUEBRADA QUIRIO .....	152

# ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. DETALLE DE LA CLASIFICACIÓN DE SUELO EN LA MUESTRA M1 .....	29
CUADRO 2. DETALLE DE LA CLASIFICACIÓN DE SUELO EN LA MUESTRA M2 .....	30
CUADRO 3. VALORES DE LOS PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE LA MUESTRA M1.....	30
CUADRO 4. VALORES DE LOS PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE LA MUESTRA M2.....	31
CUADRO 5. CLASIFICACION DEL SUELO DE ACUERDO AL TAMAÑO DE SUS PARTICULAS.....	57
CUADRO 6. ESCALA GRANULOMÉTRICA DE LAS PARTÍCULAS DE SUELO OBTENIDAS .....	58
CUADRO 7. RESULTADOS DE LA GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA M-1 .....	58
CUADRO 8. RESULTADOS DE LA GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA M-2 .....	60
CUADRO 9. VALORES DE LA CONSTANTE K.....	70
CUADRO 10. RESULTADO DEL ENSAYO DE PERMEABILIDAD DE M1 .....	74
CUADRO 11. RESULTADO DEL ENSAYO DE PERMEABILIDAD DE M2 .....	74
CUADRO 12. INFORMACIÓN DE LABORATORIO DEL ENSAYO EN LA MUESTRA DE SUELO M-1.....	76
CUADRO 13. INFORMACIÓN DE LABORATORIO DEL ENSAYO EN LA MUESTRA DE SUELO M-2.....	77
CUADRO 14. DATOS DE MUESTRA M-1 .....	81
CUADRO 15. RESULTADOS DE LA PENETRACIÓN DEL PISTÓN .....	81
CUADRO 16. DATOS MUESTRA M-2 .....	83
CUADRO 17. RESULTADOS DE LA PENETRACIÓN DEL PISTÓN .....	83
CUADRO 18. CAUDAL MEDIO DIARIO (M3/S) .....	96
CUADRO 19. EN EL CUADRO SE MUESTRA LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (MM) – DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC, PRINCIPALMENTE TOMAR EN CUENTA LA ESTACIÓN CHOSICA, DE LA CUAL SE VIENE ESTUDIANDO .....	101
CUADRO 20 PROVINCIA DE LIMA: SUPERFICIE Y DENSIDAD DE LA POBLACIÓN CENSADA SEGÚN DISTRITO, 1981, 1993 Y 2007 .....	107

# ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1. CARTA GEOLOGICA NACIONAL.....	25
IMAGEN 2. UBICACION DE LA ZONA DE ESTUDIO EN EL MAPA GEOLOGICO NACIONAL, ADEMAS IDENTIFICACION DE LA SIMBOLOGIA DEL TIPO DE ROCA .....	26
IMAGEN 3. LEYENDA DE LA SIMBOLOGIA EMPLEADA EN EL MAPA GEOLOGICO NACIONAL .....	27
IMAGEN 4. PLANO EN PLANTA DEL MURO DE CONTENCION A CONSTRUIR.....	32
IMAGEN 5. SECCION TIPICA DEL MURO DE CONTENCION.....	33
IMAGEN 6. VARIACION DE LA SECCION DEL MURO .....	33
IMAGEN 7. DETALLE DE ABERTURA PARA EL PASE DE LA TUBERIA DE PVC 2" .....	34
IMAGEN 8. DETALLE DE JUNTA EN MURO.....	35
IMAGEN 9. PLANO DE LA QUEBRADA EL MARISCAL NOTANDOSE LAS PROGRESIVAS MARCADAS .....	38
IMAGEN 10. PERFILES DEL CAUCE DE LA QUEBRADA ENTRE PROGRESIVAS 0+000.00 A 0+110.00.....	39
IMAGEN 11. PERFILES DEL CAUCE DE LA QUEBRADA ENTRE PROGRESIVAS 0+110.00 HASTA 0+360.00.....	40
IMAGEN 12. PERFIL SELECCIONADO PARA REALIZAR LOS CALCULOS.....	41
IMAGEN 13. EN EL CIRCULO ROJO SE NOTA EL AREA DEL CAUCE DE LA QUEBRADA PARA QUE SE CONSTRUYA LOS ESCALONES ROMPE PRESION .....	44
IMAGEN 14. ZONA A CONSTRUIR LA DEFENSA CONTRA EL DESLIZAMIENTO DE LODO Y PIEDRA .....	45
IMAGEN 15. PLANO DE DETALLE CON LA ESTRUCTURA A DISEÑAR.....	46
IMAGEN 16. PROCESO DE EJECUCION DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO.....	63
IMAGEN 17. IMAGEN .....	86
IMAGEN 18. CAUDAL HISTORICO.....	97
IMAGEN 19. DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA PRECIPITACION TOTAL ANUAL (MM) – ISOYETAS CUENCA DEL RIO RIMAC.....	100
IMAGEN 20. CUENCA DEL RIO RIMAC .....	100

# ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DISTRITO LURIGANCHO (QUEBRADAS EN ESTUDIO) .....	19
FIGURA 2. ESFUERZOS EN UN MEDIO ELÁSTICO CAUSADOS POR UNA CARGA PUNTUAL .....	90
FIGURA 3. POBLACIÓN ASENTADA EN LAS QUEBRADAS DE ESTUDIO.....	103
FIGURA 4. PLANO DE LOTIZACIÓN QUEBRADA MARISCAL.....	104
FIGURA 5. PLANO DE LOTIZACIÓN QUEBRADA JUAN CAROSSIO .....	104
FIGURA 6. PLANO DE LOTIZACIÓN QUEBRADA LA LIBERTAD.....	105
FIGURA 7. PLANO DE LOTIZACIÓN QUEBRADA CORRALES.....	106

# ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO 1. CURVA GRANULOMETRICA M-1 .....	59
GRAFICO 2. CURVA GRANULOMETRICA M-2 .....	61
GRAFICO 3. RELACION ENTRE ESFUERZO CORTANTE Y LA DEFORMACION HORIZONTAL, PARA ESFUERZOS DE HASTA 1 KG/CM2 ....	65
GRAFICO 4. RELACION ENTRE DEFORMACION VERTICAL Y LA DEFORMACION HORIZONTAL, PARA ESFUERZOS DE MAS DE 1 KG/CM2 .....	65
GRAFICO 5. RELACION ENTRE ESFUERZO CORTANTE Y ESFUERZO NORMAL, CON PARAMETRO DE COHESION DEL SUELO DE 0.07...	66
GRAFICO 6. RELACION ENTRE ESFUERZO CORTANTE Y ESFUERZO NORMAL, CON PARAMETRO DE COHESION DEL SUELO DE 0.06...	66
GRAFICO 7. RELACION ENTRE ESFUERZO CORTANTE Y LA DEFORMACION HORIZONTAL, PARA ESFUERZOS DE HASTA 1.80 KG/CM2 67	
GRAFICO 8. RELACION ENTRE DEFORMACION VERTICAL Y LA DEFORMACION HORIZONTAL, PARA ESFUERZOS DE MAS DE 1.80 KG/CM2.....	67
GRAFICO 9. RELACION ENTRE ESFUERZO CORTANTE Y ESFUERZO NORMAL, CON PARAMETRO DE COHESION DEL SUELO DE 0.07...	68
GRAFICO 10. RELACION ENTRE ESFUERZO CORTANTE Y ESFUERZO NORMAL, CON PARAMETRO DE COHESION DEL SUELO DE 0.06	68
GRAFICO 11. RELACION ENTRE PORCENTAJE DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA .....	76
GRAFICO 12. RELACION ENTRE PORCENTAJE DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA .....	77
GRAFICO 13. GRAFICO COMPARATIVO ENTRE CBR % CON DENSIDAD SECA.....	82
GRAFICO 14. COMPARACION ENTRE LA CARGA APLICAD AY LA PENETRACION PARA 12, 25 Y 56 GOLPES.....	82
GRAFICO 15. GRAFICO COMPARATIVO ENTRE CBR % CON DENSIDAD SECA.....	84
GRAFICO 16. COMPARACION ENTRE LA CARGA APLICADA Y LA PENETRACION PARA 12, 25 Y 56 GOLPES.....	84
GRAFICO 17. POBLACION Y TASA DE CRECIMIENTO ANUAL, 1940-2007 .....	102

# ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. VARIACION DE $I_1$ .....	91
TABLA 2. VALORES REPRESENTATIVOS DE LA RELACION DE POISSON PARA VARIOS SUELOS.....	91

## ABSTRACT

The study area covers the streams of Mariscal, Juan Carossio, La Libertad, and Corrales. These streams share the fact that its natural channel is occupied by inhabitants of the area, thus increasing the degree of vulnerability and danger of its inhabitants.

Our study aims to determine the geotechnical parameters of colluvial material deposited on the slopes of the hills to be saturated by the rains from this propose solutions to minimize the impact of landslides of these mass movements of mud and stone.

The methodology applied to this thesis is the review of the information related to these slides, so done field work that includes topographic, hydrologic, geologic, geotechnical information, statistics and others. Samples of material from the streams through pits was then obtained in order to perform the corresponding tests and thus determine the soil parameters that are affected by water runoff or flows by extraordinary rainfall. With the information obtained was the analysis of the results and thereby propose solutions to the problem of the "landslides" subject of this thesis.

**PALABRAS CLAVE:** Huayco, Vulnerabilidad, Activación de quebradas, Represa de Contención, Muros de Contención

# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

## 1.1 Marco situacional

Los aludes, flujos de escombros y lodo y grandes deslizamientos que en el Perú se les llama “huaycos” que como fluido de rocas y suelo se desplazan a través de quebradas de régimen seco, se les describe también como un meteorismo intenso sobre las masas de roca, lo que acentúa y activa la fragmentación, descomposición, así como la infiltración de agua que hace que estos materiales sean movilizados pendiente abajo ocasionando inestabilidad superficial y en algunos casos profunda, y en cierta época del año sufren grandes precipitaciones pluviales en forma intermitente y presentan pendientes empinadas y escasa vegetación.

Este es el caso de las quebradas en Chosica, que son ocupadas por los pobladores de la zona, que en un periodo de 40 años han ido asentando sus viviendas en los cauces naturales de la gran mayoría de quebradas que se encuentran en dicho distrito, esto combinado con la poca estabilidad del suelo, que es material aluvial de baja capacidad portante y que en presencia de agua la fricción interna se rompe y el material empieza a deslizarse, pone en riesgo a todos los pobladores asentados en dicho lugar, ya que se encuentran en inminente peligro, sobre todo entre los meses de diciembre a marzo que es el periodo de precipitaciones en dicha zona.

El aflujo promedio anual en Chosica, donde el área de captación es aproximadamente 70% del área total, es de 32 m<sup>3</sup>/s de acuerdo al registro del periodo comprendido entre 1969 a 1987. En los cuatro meses de enero a abril, se registra aproximadamente el 65% del volumen anual, aunque los datos confiables de la descarga pico de crecida son muy limitados, se dice que el valor máximo registrado fue de 500 m<sup>3</sup>/s el 19 de marzo de 1925 en Chosica.

Como un orden de magnitud durante los deslizamientos del año 1987 se movilizaron por la quebrada de San Antonio del Pedregal un volumen aproximado de seiscientos cincuenta mil metros cúbicos de flujo de lodos y escombros que discurrieron a una velocidad promedio de once kilómetros por hora en el momento de sus mayores descargas, transportando bloques de gran tamaño empacados en arena-limosa, piedras y grava en espesores variables entre 2.00 a 9.00 m de potencia (Carrillo, 1989). Estos desprendimientos de roca y escombros tienen dos modalidades en cuanto a la frecuencia de su ocurrencia: periódicos cuando se producen normalmente en cada temporada de lluvias en el verano, y ocasionales cuando se producen eventualmente y están relacionados con precipitaciones pluviales excepcionales.

En la actualidad las quebradas están ocupadas en la totalidad de su área, siendo las más importantes o las más densamente pobladas la quebrada de Mariscal, Quirio, La Libertad, La Cantuta, El Pedregal, Santo Domingo, Corrales y Carossio. Siendo estas últimas de alto riesgo pues presentan pendientes muy pronunciadas en tramos cortos lo que genera alto riesgo para los pobladores asentados en su cercanía.

## **1.2 Problematicación**

La principal causa de este estudio es analizar la vulnerabilidad y el riesgo en que se encuentran los pobladores asentados en las quebradas de Chosica. Mediante esta evaluación se determina el grado de fortaleza o debilidad de cada sector de la ciudad, estimándose la afectación o pérdida que podría resultar ante la ocurrencia de un evento adverso o de algún peligro natural.

Al no contar con un plano de riesgos en donde se detalle las zonas en peligro el problema será mayor, pues los pobladores podrían seguir invadiendo áreas aún más riesgosas y los pobladores ya asentados en dichas zonas no podrán tomar medidas de prevención y mucho

menos desarrollar rutas de evacuación ante la ocurrencia de un alud de lodo y piedras, conocidos como “huaycos”.

Se ha establecido fehacientemente que éstos fenómenos se deben a factores climáticos, morfológicos y geotécnicos principalmente: la morfología de fuertes pendientes de los Andes en este sector predisponen la activación de los deslizamientos, así como la acumulación de escombros en las quebradas además de las condiciones geotécnicas críticas y la falta de un adecuado drenaje en las cuencas, sub-cuencas y canales que se combinan generalmente con un intenso fracturamiento y alto grado de alteración de las rocas que conforman el área de alto riesgo.

Estos son los factores determinantes para establecer un modelo físico y matemático del problema, cuyo mecanismo de falla los identifica como deslizamientos por flujo de escombros y lodos originados por abundantes precipitaciones pluviales, presencia de quebradas empinadas, grandes volúmenes de material suelto en las vertientes y lechos de quebradas con muy escasa o nula vegetación. (Carrillo, 1988 b).

Las lluvias constantes saturan el material suelto de las laderas remueven la masa por gravedad y acción hidráulica y descienden hasta ocupar el lecho de la quebrada para aumentar de velocidad rápidamente y destruir lo que se encuentra a su paso en los niveles inferiores donde se encuentra la zona urbana y las edificaciones de la ciudad de Chosica.

En los últimos años la ciudad de Lima presenta elevadas tasas de crecimiento urbano, este crecimiento avanza en forma acelerada y desordenada sin planeamiento alguno, dando lugar a la ocupación de nuevas áreas, que no siempre son las adecuadas para el asentamiento de una vivienda. Lima cuenta con 43 distritos y una extensión total de 2,819.26 km<sup>2</sup>, que representan el 0.2% del territorio nacional. Con la explosión

demográfica de las décadas de los 80'y 90'a causa del crecimiento de la ciudad y del proceso de migración intensificado por el conflicto armado en el país, la población de escasos recursos económicos se vio obligada a tomar tierras que por su naturaleza no son de gran valor urbano, por ser generalmente terrenos eriazos (no cultivables) de pendiente alta, de difícil acceso sin ninguna habilitación urbana, ni servicios básicos. Agotados los terrenos urbanizables en la ciudad, la población volcó su mirada hacia la ladera de los cerros y quebradas que históricamente habían presentado fenómenos de geodinámica externa, como huaycos (Jenny Vásquez tesis 2009).



Figura 1. Ubicación Distrito Lurigancho (quebradas en estudio)

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo principal:**

Determinar la Influencia de la Geotecnia en la vulnerabilidad de las zonas en riesgo ante eventuales flujos de lodo y piedras (Huayco) provocado por las concentraciones de agua de precipitaciones que discurren al activarse las quebradas secas en Chosica perteneciente al distrito de Lurigancho de la provincia y departamento de Lima.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar los parámetros geotécnicos que caractericen la vulnerabilidad de los suelos y roca como materiales involucrados en los posibles cursos de huaycos.
- Identificar las dimensiones hidráulicas de los posibles cursos de los flujos de lodo y piedra que definan el grado de vulnerabilidad ante la acumulación de agua provocada por las lluvias
- Identificar las quebradas críticas de la localidad de Chosica vulnerables a estos eventos.
- Recomendaciones geotécnicas para la disminución de la vulnerabilidad de los sectores estudiados.
- Soluciones de ingeniería implementadas en las quebradas para minimizar la vulnerabilidad de las viviendas establecidas en los causes y conos de eyección de las quebradas
- Determinación de la magnitud del flujo de lodo y piedra (Huayco) provocado por las lluvias y elaboración de mapas temáticos de las zonas en riesgo y simulaciones con las posibles soluciones planteadas.

## **1.4 Importancia**

Este estudio permitirá producir mapas temáticos de riesgos indicando las zonas que se encuentren en peligro ante una eventual activación de las quebradas y con ello proponer

sistemas de evacuación si es que hay construcciones en dichas zonas o trazando límites para que no sean pobladas posteriormente. Después de identificar estas zonas se recomendarán soluciones geotécnicas así como también soluciones de defensa con obras de ingeniería en los sectores ya poblados y que se encuentren en un alto riesgo ante la activación de las quebradas a estudiar.

## **1.5 Metodología**

La presente investigación consiste en identificar las zonas en riesgo ante un eventual deslizamiento de lodo y piedra. Para lograr esto se evaluará el tipo de material sobre el cual están edificadas las construcciones de la zona, así como también el material asentado en las partes altas de las quebradas. Las muestras se tomarán mediante calicatas, esto para identificar las propiedades mecánicas del suelo y con ello tener información para poder determinar la posibilidad de que se produzcan deslizamientos del material en contacto con el agua de las precipitaciones que se dan entre los meses de diciembre a marzo.

Se recopilará información sobre las precipitaciones que cayeron en la zona en años anteriores y con ello se establecerá estadísticamente la cantidad máxima de precipitación que podría ocasionar la activación de las quebradas.

También se evaluará el tipo de construcciones que hay en la zona y si estas tienen la capacidad de no degradarse ante la presencia de agua, para ello se realizara una encuesta en la que solo se verifique el estado de la construcción y el material con el cual fue edificado. Como parte final del trabajo se mencionará el tipo de solución geotécnica que se podría aplicar en las zonas con mayor grado de riesgos ante un Huayco.

## CAPÍTULO II: GENERALIDADES

### 2.1 Ubicación de la zona de estudio

#### Coordenadas:

El Pedregal tiene como coordenadas 11°56'9"S 76°42'50"W

La Quebrada de Mariscal tiene como coordenadas 11°56'25.01" S 76°41'01.01" O con una pendiente 47%.

La Quebrada Juan Carossio, tiene como coordenadas 11°55'19.65" S, 76°41'20.52" O, y se encuentra ubicada en la margen derecha del Distrito de Lurigancho-Chosica, en la Provincia y Departamento de Lima, a 1348 m.s.n.m. Colinda con EDEGEL por la izquierda, cerros por la derecha y fondo, y por el frente con el Asentamiento Humano Buenos Aires.

La Quebrada Libertad con coordenadas 11°55'34.31" S, 76°41'42.41" O, ubicada en la margen derecha del río Rímac

La Quebrada Corrales con coordenadas 11°55'08.07" S, 76°40'59.23" O, ubicada en la margen derecha del río Rímac

### 2.2 Problemática de la población de las quebradas secas en Chosica

- El 67% de la población y el 41% del área urbana de Chosica se encuentran en situación de Riesgo Alto.
- Existe un emplazamiento crítico de gran número de viviendas *amenazadas* por activación de quebradas y cárcavas.

- Estrechamiento de cauce de quebradas de gran volumen de descarga.
- Emplazamiento crítico de viviendas que estrechan cauce de quebrada Libertad.
- Edificaciones de viviendas en el cono defectivo de la quebrada Carossio, las que estarían expuestas a inundación en épocas de lluvias.
- Desprendimiento de material suspendido en ladera, producto de excavación de canal de agua de Central Hidroeléctrica.
- Reservorio de agua potable cercano a cauce de quebrada Corrales y La Ronda, susceptible a colapsar en eventos de Fenómeno de El Niño.
- Canal de regadío en ladera media es amenazado por desprendimiento de rocas, lo que podría causar la inundación en viviendas aledañas
- Altos índices de vulnerabilidad de la población frente a los deslizamientos de huaycos. (80%)
- Grandes posibilidades de obstrucción de las vías vehiculares internas del Asentamiento Humano y también de la Carretera Central frente a un eventual deslizamiento de huaycos. (80%)
- La inadecuada seguridad a la población en general, ausencia de infraestructura de protección.
- Circulación peatonal riesgosa por la topografía del terreno con pendiente elevada y presencia de suelos inestables.

## **2.3 Topografía del lugar**

La topografía de los cerros circundantes a la ciudad de Chosica es de pendiente pronunciada, examinando las curvas de nivel se puede apreciar que en menos de 10 metros lineales, la elevación es de 6 metros en promedio. Además, tomando como referencia el estudio realizado por INDECI en el año 2010, se identifica pendientes superiores a 45% lo cual aumenta la vulnerabilidad de las viviendas ante un eventual deslizamiento de lodo y piedras, pues con ello aumenta la velocidad de desplazamiento del material suelto,

aumentando también la energía cinética de dichos materiales. Debemos rescatar de este estudio la siguiente información:

- Para el caso de Pendiente muy pronunciada (Mayor a 45% de pendiente), se verificaron 215 viviendas con este tipo de topografía.
- Para el caso de pendiente pronunciada (45% a 20% de pendiente), se verificaron 494 viviendas con este tipo de topografía.
- Con pendiente moderada (entre 20% a 10 % de pendiente) se verificaron 446 viviendas.
- Con pendiente plana o ligera (hasta 10% de pendiente), se verificaron 698 viviendas.

Este indicador nos muestra que para el 62% de las viviendas verificadas presentan problemas en los terrenos colindantes, por estar asentados en terrenos con pendiente moderada a muy alta. Por lo cual, la vulnerabilidad por este indicador es alta a muy alta.

# CAPÍTULO III: ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEOLÓGICO DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

Usando la Carta Geológica Nacional, ubicamos a Chosica en la carta 24j, en donde se detalla la formación geológica de la zona de estudio.

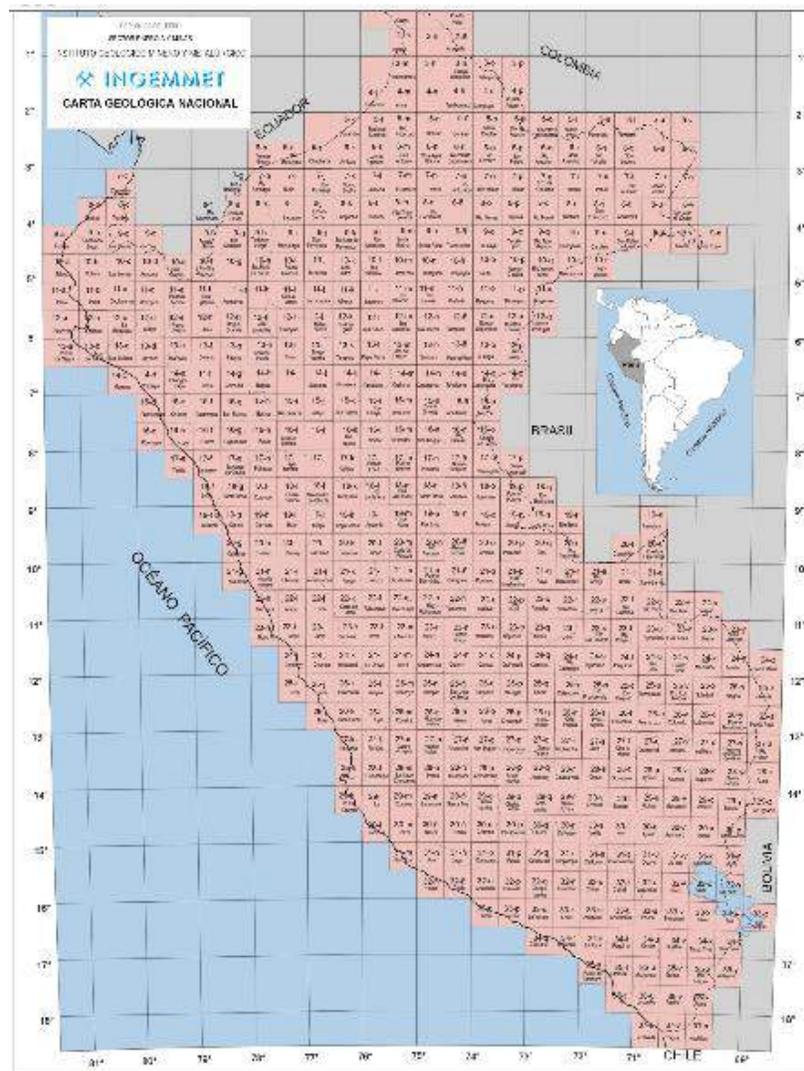


Imagen 1. Carta Geológica Nacional



Cenozoico, sistema del cuaternario, serie reciente, unidad estratigráfica depósitos aluviales (lecho del río Rimac y en donde está asentada la ciudad de Chosica)

**LEYENDA**

CRONOESTRATIGRAFIA			LITOESTRATIGRAFIA			
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS		ROCAS INTRUSIVAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	Dep. aluviales	Or-al		
		PLEHIS - TOCENO	Dep. aluviales	Qp-af		
			Dep. glaciares	Qp-g		
	TERCIARIO	SUPERIOR	Volc. Huarochiri	Ts-hu	Diorita	Te-df
			Volc. Millotingo	Ts-m	Andesita	Te-a
		INFERIOR	Volc. Colqui	Ti-co	Riolita	Te-r
			Gpo. Rimac	Ti-ri		
	MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR MEDIO	Volc. Quilmaná	Kms-q	
				Volc. Huarangal	Kim-h	
			INFERIOR	Fm. Atocongo	Ki-at	
Fm. Pampóna				Ki-pa		
Gpo. Morro Solar		Ki-y				
JURASICO			Fm. Arahua	J-ar		

SUPER UNIDAD	TIPO DE ROGA	ROCA
Santa Rosa	Granitos	Ke-g-sr
Santa Rosa	Tonalita-Granodiorita	Ke-tgd-sr
Santa Rosa	Tonalita-Diorita	Ke-td-sr
Paccho	Tonalita-Diorita	Ke-td-pa
Paraleo	Tonalita-Diorita	Ke-td-par
Patap	Gabro-diorita	Ke-gbd-pt
	Dolerita	Kme-do
	Andesita	Ke-a

Imagen 3. Leyenda de la simbología empleada en el Mapa Geológico Nacional

Entonces con la imagen 3 pudimos identificar que la Lito estratigrafía de Chosica corresponde a rocas intrusivas del tipo Tonalita –Diorita pertenecientes a la súper unidad Santa Rosa. Por consiguiente hacemos referencia a la definición de estos términos.

Rocas Intrusivas. - Las rocas intrusivas relevadas en el cuadrángulo de Chosica corresponden a cuerpos sub volcánicos de intrusiones tempranas, y a cuerpos plutónicos que constituyen el batolito de la costa; así como algunas intrusiones sub volcánicas menores de emplazamiento posterior

Intrusiones sub volcánicas. - Se trata de cuerpos hipabisales, emplazados cerca a la superficie en forma de diques, sills o stocks. Las rocas hipabisales se forman a profundidades intermedias debido al desplazamiento parcial (sin llegar a aflorar) de masas de magma y con enfriamiento más rápido de éste. Estas rocas son intermedias entre volcánico e intrusivo de textura Porfídica es decir de granos grueso y fino.

Dioritas. - Es una roca plutónica de composición intermedia compuesta generalmente de dos tercios de plagioclasa y un tercio de minerales oscuros. La diorita también puede tener cuarzo, magnetita, titanita, minerales sulfuros, zircón, apatita e ilmenita como minerales accesorio

Súper unidad Santa Rosa. - Esta Súper unidad, constituida por cuerpos tonalítico - dioríticos y tonalítico - granodioríticos, tiene una gran extensión dentro de los cuadrángulos de Chancay y Chosica. Ha sido dividida a menar de sub unidades en cuerpos oscuros (diorita-tonalitas) y cuerpos claros (tonalita-granodioritas) los mismos que guardan consanguinidad química, textural y de emplazamiento.

Tonalita-dioritas (Santa Rosa oscuro). - Estos cuerpos se presentan constituyendo la parte central de esta súper familia, con un marcado color oscuro. Las rocas presentan en muestra de mano color gris oscuro, textura holocristalina de grano medio variando a grueso y destacando las plagioclasas blancas dentro de una masa oscura.

- a) Tonalita-granodioritas (Santa Rosa claro). - Se caracterizan por su marcada coloración gris clara que la diferencia de los cuerpos tonalítico -dioríticos más oscuros y a los que casi bordean; siendo sus contactos en parte transicional, pasando de una leucotonalita clara con abundante cuarzo (Santa Rosa claro) a diorita cuarcífera (Santa Rosa Oscuro).

Las tonalitas por la dureza del cuarzo presentan una topografía aguda, con estructuras tabulares debido al diaclasamiento, cuyo rumbo general es Norte-Sur, variando en parte al Noroeste o al Sureste.

Las características físicas macroscópicas son: color gris claro, textura equigranular, holocristalina de grano medio. Al microscopio se pueden apreciar plagioclasas subhedrales; mayormente frescas, aunque algunas se encuentran alteradas a sericita. Presentan maclas algo distorsionadas y microfracturadas, debido al efecto de compresión. El cuarzo es hialino, intersticial y a veces engloba subópticamente biotitas.

### 3.1 Quebrada Mariscal

#### 3.1.1 Calicata N° 1

PERFIL DE CALICATA - M1							
Metodo de excavación :		Calicata		Nivel Freático :		-	
Ubicación :		AAHH MARISCAL - CHOSICA		Profundidad :		1.50	
Superficie :		± 0.00 m.		Fecha		Febrero 2013	
Prof. (m)	TIPO DE EXPL.	MUESTRA	DESCRIPCION	CLASIF.	SIMBOLO		
0.00	A CIELO ABIERTO	M-1	Arena pobremente Gradada (tamaño de partícula uniforme), con un poco o nada de finos, sin plasticidad de un color beige Consistencia blanda Material suelto  γ 2.42 gr/cm <sup>3</sup>	SP	+		
1.50							

Cuadro 1. Detalle de la clasificación de suelo en la muestra M1

### 3.1.2 Calicata N° 2

PERFIL DE CALICATA - M2					
Metodo de excavación : Calicata		Nivel Freático : -			
Ubicación : AAHH MARISCAL - CHOSICA		Profundidad : 1.50			
Superficie : ± 0.00 m.		Fecha : Febrero 2013			
Prof. (m)	TIPO DE EXPL.	MUESTRA	DESCRIPCION	CLASIF.	SIMBOLO
0.00	↑ A CIELO ABERTO ↓	M-2	Arena bien Graduada, arena fina a gruesa con baja plasticidad de un color beige claro con un poco o nada de finos, sin plasticidad de un color beige Consistencia blanda, con presencia de rocas	SW	+
1.50			γ 2.42 gr/cm3		

Cuadro 2. Detalle de la clasificación de suelo en la muestra M2

### 3.1.3 Resultados geotécnicos obtenidos de las calicatas 1 y 2.

#### Muestra M-1

CONTENIDO DE HUMEDAD	ω	0.66 %
PESO ESPECÍFICO NATURAL	γ	2.42 gr/cm3
PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS	Gs	2.74
LÍMITE LÍQUIDO	LL	NP
LÍMITE PLÁSTICO	LP	NP
CLASIFICACIÓN (SUCS)		SP
DENSIDAD MÁXIMA SECA		2.055 gr/cm3
HUMEDAD ÓPTIMA		5 %
CBR al 100% de MDS		83 %
PERMEABILIDAD	K	10 -4
COHESIÓN	C	0.07
ÁNGULO DE FRICCIÓN	∅	38.04

Cuadro 3. Valores de los parámetros geotécnicos de la muestra M1

## Muestra M-2

CONTENIDO DE HUMEDAD	$\omega$	0.59 %
PESO ESPECÍFICO NATURAL	$\gamma$	2.42 gr/cm <sup>3</sup>
PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS	G <sub>s</sub>	2.73
LÍMITE LÍQUIDO	LL	NP
LÍMITE PLÁSTICO	LP	NP
CLASIFICACIÓN (SUCS)		SW
DENSIDAD MÁXIMA SECA		2.02 gr/cm <sup>3</sup>
HUMEDAD ÓPTIMA		5.4 %
CBR al 100% de MDS		80 %
PERMEABILIDAD	K	10 <sup>-4</sup>
COHESIÓN	C	0.07
ÁNGULO DE FRICCIÓN	$\phi$	38.04

Cuadro 4. Valores de los parámetros geotécnicos de la muestra M2

## 3.2 Soluciones geotécnicas

### Muros de Contención

Podemos resaltar y mencionar que ante las inadecuadas condiciones de seguridad en la que viven los pobladores de Chosica - Distrito de Lurigancho – Lima, una de las soluciones geotécnicas sería la construcción de Obras de Contención, mediante un Adecuado Control de la Erosión y una Infraestructura de protección adecuada; así como una Circulación peatonal adecuada en base a una Topografía del terreno nivelada.

Ante la evidencia de condiciones de seguridad, la solución arriba mencionada contribuirá a dotar a los pobladores de un muro de contención, que permitirá la estabilidad de talud de la zona donde actualmente existen desmontes que se encuentra degradando el medio ambiente de la zona y que en tiempo de zona o quebrada activa estos desmontes que se encuentran en todo el desarrollo de la quebrada hacen que se formen lodo, huaycos, pequeñas y medianas avalanchas que para los pobladores es un peligro constante ya que viven a orillas de la quebrada.

Por otro lado, de realizar esta solución ayudará y mucho en que se reduzcan los riesgos de enfermedades respiratorias en la población debido a que reducirá la contaminación local producida por la concentración de polvo en el ambiente producto de una acción eólica.

En el plano adjunto podemos visualizar la Instalación de muro de contención.

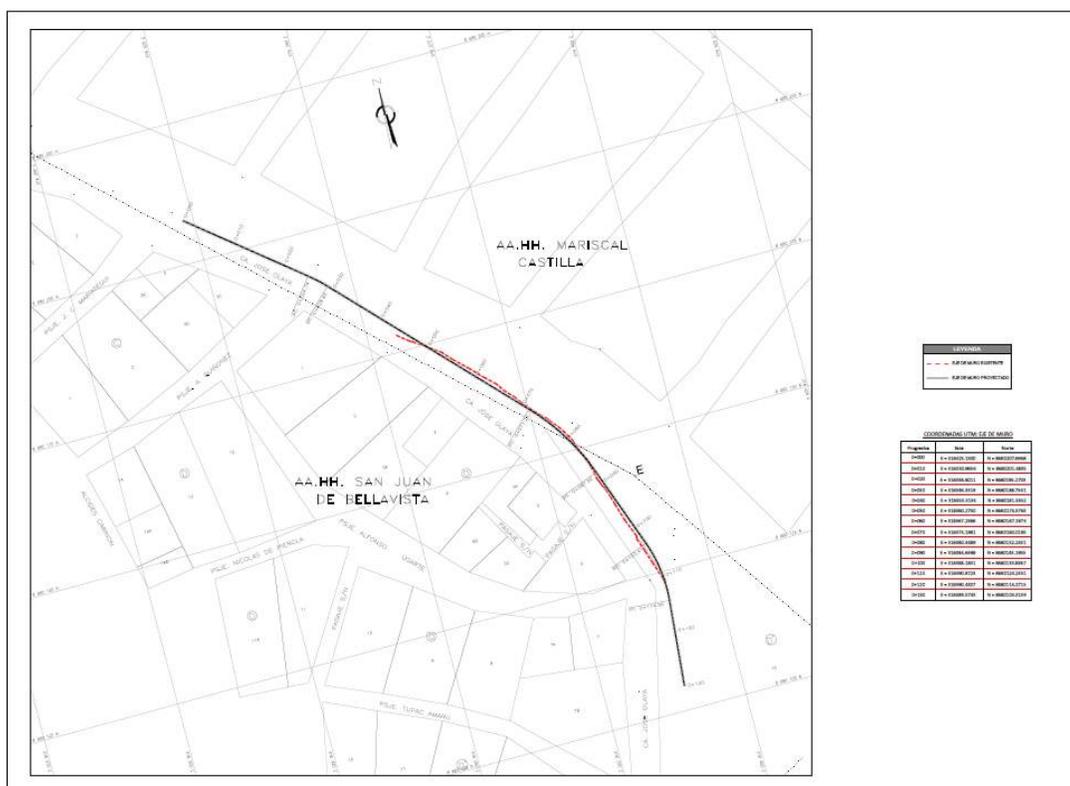
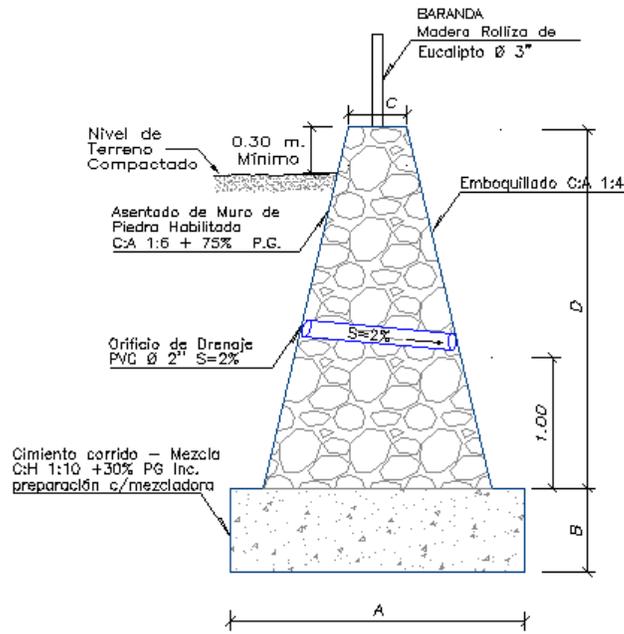


Imagen 4. Plano en planta del muro de contención a construir

Ahora bien, presentamos la configuración del muro de contención, señalando las características de las mismas.



**SECCION TIPICA DE MURO**

Imagen 5. Sección Típica del muro de contención

El muro es en voladizo de sección trapezoidal, en la imagen 4 se puede apreciar con letras las dimensiones del muro (A, B, C, D) estas van a variar de acuerdo a la ubicación del muro a lo largo del cauce.

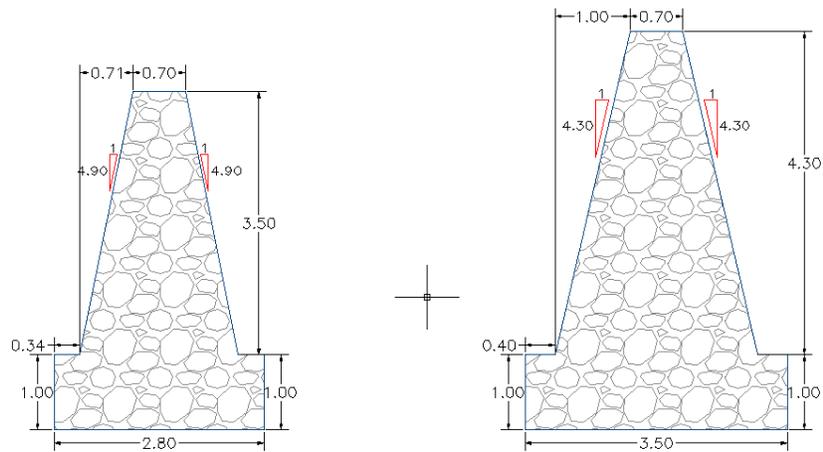


Imagen 6. Variación de la sección del muro

En la imagen 6 podemos observar los dos tipos de secciones del muro de contención.

En la imagen 5 podemos distinguir la colocación de un tubo de pvc de 2" de diámetro instalado para drenar el agua que se pueda filtrar por el suelo compactado, esto porque el agua acumulado ejercería una presión adicional en el muro y ocasionar daños en la estructura, el detalle de la abertura dejada por la tubería se especifica en la imagen 7. Además se detalla la dosificación tanto para el concreto que va a ir en el cimienta corrido como el mortero que va a servir para el asentado de las piedras en el muro

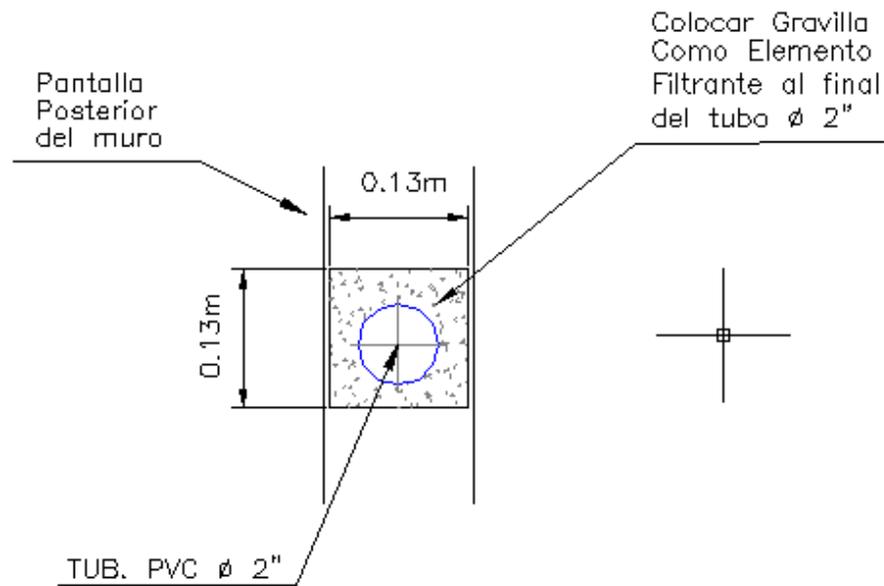


Imagen 7. Detalle de abertura para el pase de la tubería de PVC 2"

En la imagen 8 damos cuenta del detalle de junta de construcción del muro, siendo esta junta cada 5 metros y relleno con tecknopor de 1" de espesor.

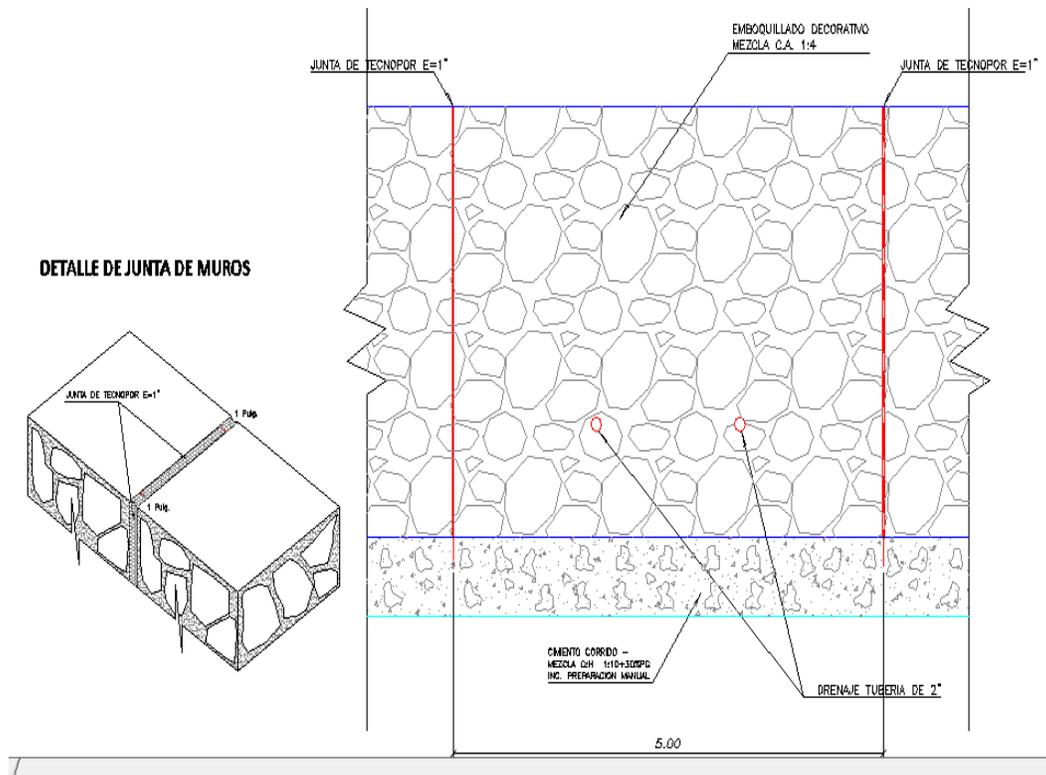


Imagen 8. Detalle de junta en muro

## Diques

Los diques son terraplenes usados para evitar el paso del agua, para nuestro problema y del cual es tema de estudio nuestro trabajo, modificaremos su función, permitiendo el paso del agua y reteniendo los materiales sueltos, como rocas, lodo, etc.

Convencionalmente los diques son estructuras de concreto armado, lo que origina que su construcción sea costosa, tanto por los materiales que son utilizados para su elaboración (cemento, agregados y acero); como por el tiempo que demanda (trasladar los materiales al punto).

Por tanto, proponemos una solución económica para la construcción de diques, esta es mediante gaviones de caja (ver foto 1), pues estas representan una alternativa de excelente resultado técnico y funcional en la construcción de diques, pues ofrece la ventaja de ser altamente permeable y permitir la ampliación de la estructura en etapas (ver foto 2). También en estos casos, la piedra para el llenado de los gaviones está disponible en el mismo cauce de la quebrada El Mariscal.

Los materiales usados en la construcción de un gavión caja son malla hexagonal de doble torsión, fabricada con alambres con revestimientos Galfan y protección adicional en material plástico y piedras medianas de 30 cm de diámetro. Hay que mencionar que la empresa MACCAFERRI PERÚ, son los proveedores de estas mallas hexagonales y los que dan la ingeniería de gaviones.



Foto 1. Gaviones usados como diques



Foto 2. Gaviones colocados por etapas funcionamiento de diques

### **Volúmenes del material deslizado ladera abajo.**

Para el cálculo del material deslizado se realizó el levantamiento topográfico del cauce de la quebrada El Mariscal, se tiene varios perfiles de la sección del cauce, para motivos de cálculo se tomará la sección de mayor sección registrada pues esta representa el máximo nivel alcanzado en los eventos ocurridos en los últimos años.

**Zona baja.**



Imagen 9. Plano de la quebrada El Mariscal notándose las progresivas marcadas

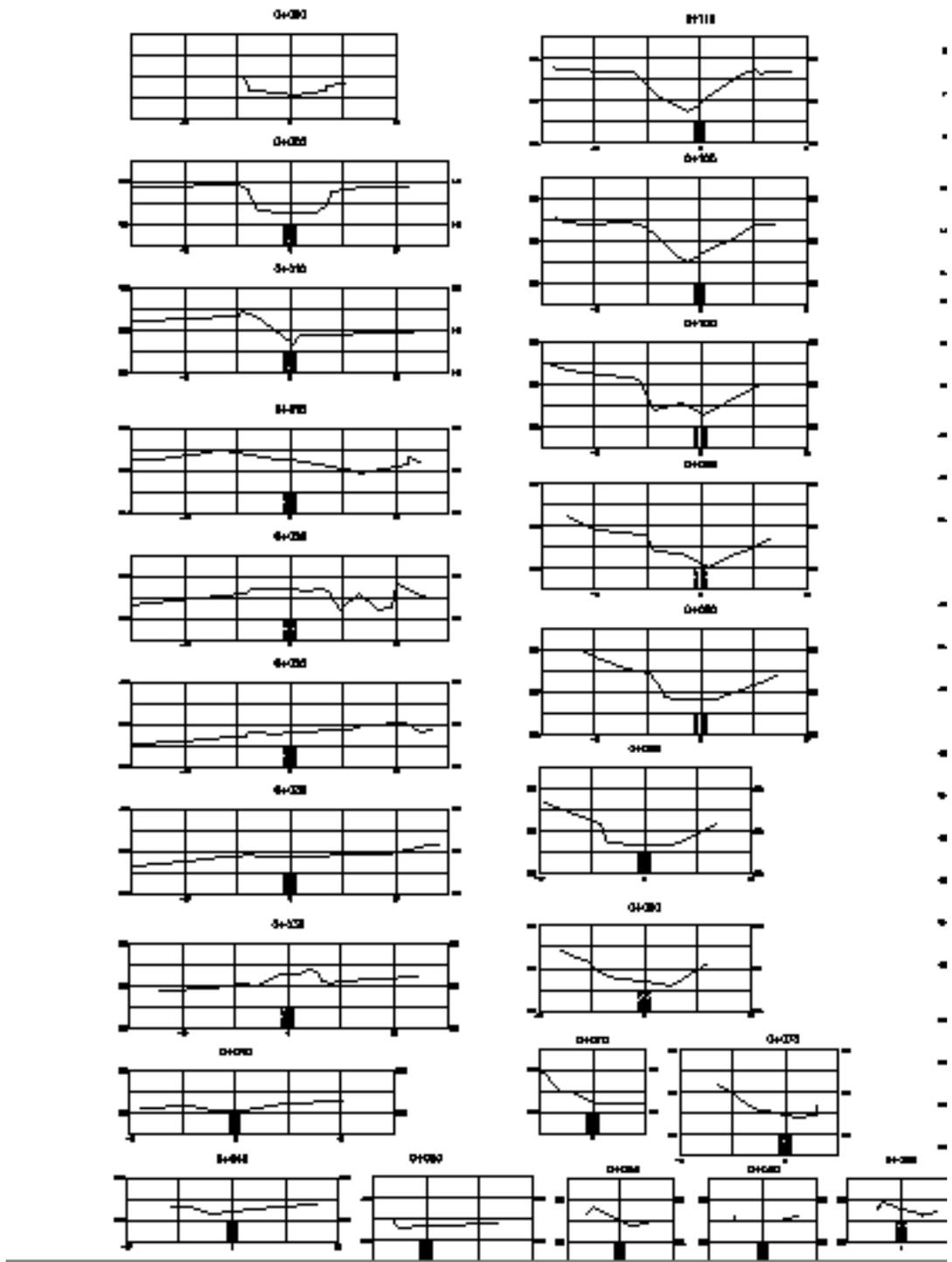


Imagen 10. Perfiles del cauce de la quebrada entre progresivas 0+000.00 a 0+110.00

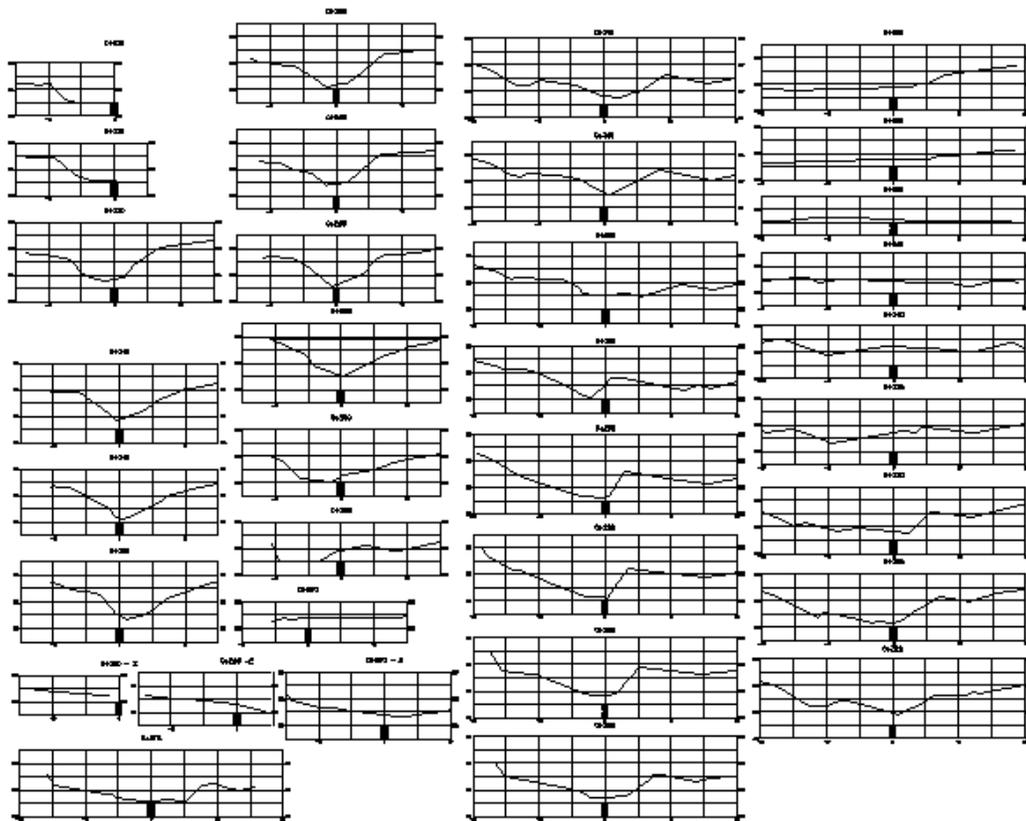


Imagen 11. Perfiles del cauce de la quebrada entre progresivas 0+110.00 hasta 0+360.00

Se presenta una variación de los perfiles a lo largo de la quebrada notándose que al inicio de la misma el cauce no tiene mucha profundidad, debido a que en esta zona comienza el cono de eyección de la quebrada, por lo que el material que baja de la quebrada se esparce por toda el área en forma de abanico. Nótese que los perfiles en las partes altas si son pronunciadas las profundidades debido a que la erosión en esta parte de la quebrada es alta debido a la pendiente de la ladera que hace aumentar la energía cinética del material deslizante. Ahora bien los cálculos lo haremos de acuerdo a la sección más desfavorable en cuanto a incremento de volumen. Por tanto identificamos el perfil para realizar los cálculos.

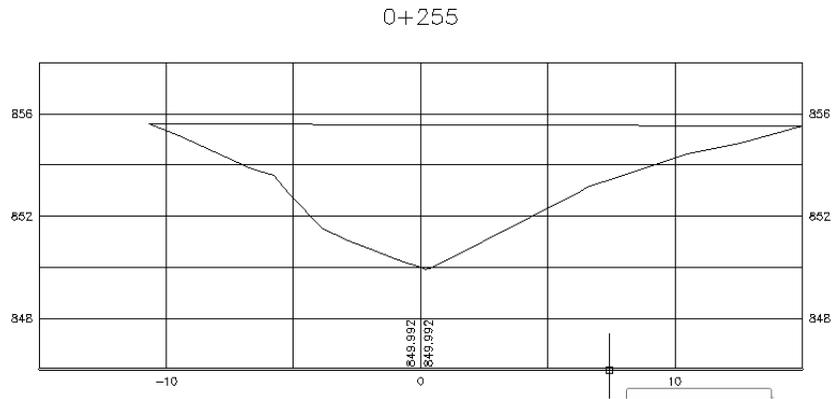


Imagen 12. Perfil seleccionado para realizar los cálculos

En este perfil ubicado en la progresiva 0+255.00, procederemos a calcular el área de la sección la que será multiplicada por la longitud total de la quebrada, para ello usaremos el Software AUTOCAD 2011.

Tenemos.

$$A_s = 66.48\text{m}^2$$

$$L_t = 1806.46$$

Nota: La longitud total corresponde a la medida de la zona baja hasta la zona más alta de la quebrada.

Por tanto calculando el volumen:

$$V_t = A_s \times L_t = 66.48 \times 1806.46 = 120093 \text{ m}^3$$

Por tanto el volumen de material que desciende por la quebrada es de 120093 m<sup>3</sup>

A continuación se anexa fotos del cauce de la quebrada en estudio.



Foto 3. Parte baja de la quebrada se puede apreciar que tiene poca profundidad



Foto 4. Parte intermedia de la quebrada, aumenta la pendiente así como también la profundidad del cauce de la quebrada



Foto 5. Sección de la parte alta de la quebrada, en pleno trabajo de construcción de muro de contención

### **Represa de Contención**

El área correspondiente al cono de eyección de la quebrada en estudio, se encuentra poblada en un 70% aproximadamente, donde la mayoría de viviendas bloquean el cauce natural de la quebrada hacia el río, por tanto para mitigar el daño que se pueda producir por la ocurrencia de un “huayco” se propone la construcción de una represa de contención en un área libre de 8751 m<sup>2</sup> aproximadamente.

Describiremos la solución propuesta.

Tomando como referencia el plano de la propuesta de la construcción del muro de contención, ubicamos el inicio del cono de eyección en la progresiva 0+000.00. De este punto avanzamos 100 m. aguas arriba, en este trayecto se debe construir escalones rompe presión, para disminuir la energía cinética de la masa de agua y lodo que desciende por la quebrada.



Imagen 13. En el círculo rojo se nota el área del cauce de la quebrada para que se construya los escalones rompe presión

A partir de la progresiva 0+000.00, aguas abajo, está constituida el área en donde se va a construir el embalse que servirá como protección a las viviendas que bloquean el cauce de la quebrada hacia el río Rímac.

En primera instancia a la salida del cauce natural de la quebrada, la sección de esta es rectangular siguiendo una transición en V hasta llegar al nivel más bajo. Esto para generar un mejor drenaje del agua y que las rocas no obstaculicen el curso del agua a ser evacuado. Además se deberá adicionar diques de mediana altura en la transición de sección, para evitar que las rocas puedan obstruir los drenajes centrales (estos diques también deben contar con aberturas para drenar agua)

En la sección en V, se debe construir un muro perimetral en Cantiliver (ver imagen 14) delante de este reforzar con gaviones escalonados para evitar socavación de la base del muro, esto en todo el perímetro. Notar que la zona pegada a la pared natural (roca o material depositado de aproximadamente 10 metros de altura) no es necesario construir un muro, se puede proteger con gaviones. En la sección transversal al flujo de agua y lodo se

debe colocar solo gaviones y drenajes en todo el largo del muro, al pie de este se debe construir un sistema de canales cuyo eje debe ser construido por la calle Las Guyanas en dirección al río Rímac. En la zona central del embalse se debe colocar un piso con bloques de roca llamado empedrado que nacen en la zona central y culmina en la base de los gaviones, este piso debe tener una pendiente suave, esto con la finalidad de evitar erosión del suelo.

Los drenajes a construir deben estar ubicados en la base del muro colindante a las viviendas y debajo de los gaviones de protección siguiendo la dirección aguas abajo hasta el muro de gaviones en forma de vertedero. El dren central se debe formar por configuración propia de la sección en V, debiendo ser rectangular en la zona central, se puede construir un solo canal o 2 canales paralelos. Este dren debe culminar en un canal paralelo al eje del muro vertedero y en todo el largo del muro se colocarán aberturas que entregaran el agua en el canal principal que llevara las aguas al río Rímac, la distribución y dimensiones de estas aberturas serán calculadas de acuerdo al volumen arrastrado.

Planos de Ubicación y de detalle del diseño.



Imagen 14. Zona a construir la defensa contra el deslizamiento de lodo y piedra

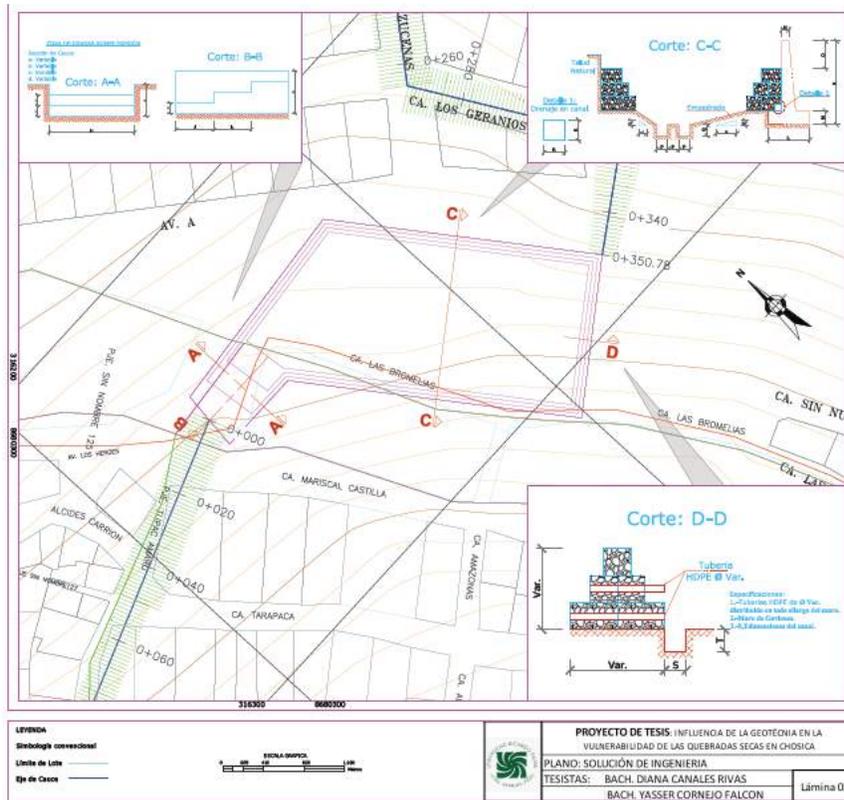


Imagen 15. Plano de detalle con la estructura a diseñar

# CAPÍTULO IV: PROPIEDADES MECÁNICAS DELSUELO

## 4.1 Ensayos de Laboratorio

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de la Universidad Ricardo Palma. Se analizaron 2 muestras tomadas de la quebrada Mariscal ubicada en el distrito de Lurigancho Chosica, en el margen izquierdo del rio Rímac.

[La muestra M-1 se obtuvo de una calicata de 1.5 m. de profundidad ubicada aguas arriba de la quebrada. Siendo este material granular, en el sitio se pudo apreciar que las rocas estaban en proceso de erosión mecánica. (Ver foto 6)



Foto 6. Muestra de suelo granular

La muestra M-2 se obtuvo de una calicata de 1.5 m. de profundidad ubicada aguas abajo de la quebrada Mariscal. La muestra de suelo obtenida tiene mayor cantidad de finos que la muestra M-1, además se puede apreciar botonería, rocas angulares y en proceso de meteorización. (Ver foto 7)



Foto 7. Muestra M-2 material con presencia de finos y rocas angulares

#### **4.1.1 Ensayo de Parafina**

Este ensayo determina la densidad húmeda, seca y máxima de las muestras de Suelo M-1 y M-2 utilizando el método de la parafina.

Tomamos una muestra de suelo compactado, pesamos la muestra y anotamos el peso húmedo de la muestra con que podemos obtener la primera densidad húmeda de la muestra.



Foto 8. Muestra de Suelo Compactada

Ponemos a calentar en la hornilla la parafina que se encuentra en un recipiente metálico. Cuando la parafina ya se encuentra a la temperatura deseada, se introduce la muestra dentro de la parafina hasta que quede totalmente cubierta.



Foto 9. Parafina en recipiente metálico a la hornilla



Foto 10. Parafina derretida



Foto 11. Muestra con parafina



Foto 12. Muestra totalmente bañada en parafina

Con la muestra bañada parafina seca, atamos un pabito e introducimos en una pecera con agua que cuenta con un orificio donde se elimina el agua, el agua que sale ingresa a una probeta, como se muestra en las imágenes adjuntas.



Foto 13. Muestra con parafina atada a un pabito



Foto 14. Muestra dentro de la pecera con agua



Foto 15. Probeta usada para medir el agua desplazada por la parafina

Del ensayo se pudo obtener los siguientes resultados: el peso específico natural es de 2.42 gr/cm<sup>3</sup>.

#### **4.1.2 Ensayo de Contenido de Humedad**

Este ensayo tiene por finalidad, determinar el contenido de humedad de las muestras de suelo M-1 y M-2. El contenido de humedad de una masa de suelo, está formado por la suma de sus aguas libre, capilar e higroscópica.

Del ensayo se obtuvo el contenido de humedad de la muestra M-1 a 0.66% y el M-2 a 0.59%.

#### **4.1.3. Ensayo de Peso Específico Relativo de los Suelos**

El peso específico de un suelo ( $G_s$ ) se define como el cociente entre el peso al aire de las partículas sólidas y el peso del agua, considerando igual temperatura y el mismo volumen.

La Gravedad específica de un suelo ( $G_s$ ), se define como el peso del material dividido por el peso unitario del agua destilada a 4°C.

El peso específico relativo de los sólidos es una propiedad índice que debe determinarse a todos los suelos, debido a que este valor interviene en la mayor parte de los cálculos relacionados con la Mecánica de Suelos, en forma relativa, con los diversos valores determinador en el laboratorio pueden clasificarse algunos materiales.

Este ensayo consiste en mezclar dos muestras de suelo una de M-1 y otra de M-2 con agua en una probeta. Antes de ello, se debe pesar la muestra seca.



Foto 16. Muestras saturadas, colocadas en el horno hasta el punto de ebullición del agua

Cuando hay a hervido el agua se retira, debemos cerciorarnos que todas las partículas se encuentren al fondo del recipiente, dándole vueltas como se ve en la foto.



Foto 17. Muestra Caliente

Luego de ello se coloca en un recipiente y llevarlo al horno, cuando se encuentre bien seco se pesa.

Del ensayo obtuvimos como resultado de Peso Específico Relativo de los Sólidos en la muestra M-1:  $G_s = 2.74$ ; y en la muestra M-2:  $G_s = 2.73$ .

#### 4.1.4. Ensayo de Granulometría

Este ensayo nos permite determinar la granulometría de los suelos mediante su división y obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en nuestras muestras de suelo.

Este ensayo inicial lavando las muestra 2 muestras de suelo M-1 y M-2, obtenidas en la Quebrada Mariscal y secarlo al horno, se utiliza una serie de tamices con diferentes diámetros que son ensamblados en una columna. Se inicia pasando el material por el tamiz de mayor diámetro, y así se pasa por cada uno de ellos hasta llegar al tamiz N° 200. Cada uno de los materiales retenidos se pesa el material retenido.

Los tamices usados fueron: 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", 4, 8, 10, 16, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 200.



Foto 18. Proceso de pasar las muestras de suelo por los tamices



Foto 19. Ensayo de granulometría



Foto 20. Muestras de suelo obtenidas en las calicatas



Foto 21. Las dos muestras de suelo obtenidas de la quebrada Mariscal

Tomando en cuenta el peso total y los pesos retenidos, se procede a realizar la Curva Granulométrica, con los valores de porcentaje retenido que cada diámetro ha obtenido. La curva granulométrica permite visualizar la tendencia homogénea o heterogénea que tienen los tamaños del grano (diámetro) de las partículas.

Dimensión de la partícula elemental (mm)	Attemberg – (Sistema Internacional)	U.S. Dep. De Agricultura	Ex – U.R.S.S.
<0,001	Arcilla	Arcilla	Arcilla
<0,002			Limo fino
0,005	Limo	Limo	Limo medio
0,01			Limo grueso
0,02			Arena muy fina
0,05	Arena fina	Arena fina	Arena fina
0,1			Arena media
0,25	Arena gruesa	Arena gruesa	Arena gruesa
0,2		Arena muy gruesa	
0,5		Grava fina	Grava fina
1,0	Grava	Grava	
2,0	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras
3,0			Grava gruesa y piedras
5,0	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras
10,0			Grava gruesa y piedras
20,0	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras
>20,0			Grava gruesa y piedras

Cuadro 5. Clasificación del suelo de acuerdo al tamaño de sus partículas

Este análisis granulométrico permite diferenciar diversas clases de materiales independientemente de su naturaleza química. La siguiente tabla muestra esta clasificación.

**Escala granulométrica**

Partícula	Tamaño
Arcillas	< 0,002 mm
Limos	0,002 – 0,06 mm
Arenas	0,06 – 2 mm
Gravas	2 – 60 mm
Cantos rodados	60 – 250 mm
Bloques	>250 mm

Cuadro 6. Escala granulométrica de las partículas de suelo obtenidas

En el cuadro siguiente se puede visualizar los pesos y porcentajes retenidos en cada tamiz de la muestra M-1, donde el tamaño máximo el tamiz 1 ½” y el mínimo tamiz N° 200.

DATOS DE LA MUESTRA								
MUESTRA		Tomada In Situ		TAMAÑO MÁXIMO :		1 1/2"		
				Peso inicial seco :		2728 g		
				Fracción :		758 g		
TAMIZ	ASHTO T-2 (mm)	PESO RETENIDO	PESO PARCIAL RETENIDO CORREGIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION DE CRV5	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00		Contenido de Humedad (%) : 0.66
2 1/2"	63.300	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00		Límite Líquido (LL) : N.P
1 1/2"	38.100	147.08	147.08	5.39	5.39	94.61		Límite Plástico (LP) : N.P
1"	25.400	100.67	100.67	3.69	9.08	90.92		Índice Plástico (IP) : N.P
3/4"	19.000	40.95	40.95	1.50	10.58	89.42		Clasificación (SUCS) : SP
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	10.58	89.42		Clasificación (AASHTO) : A-1-b (0)
3/8"	9.500	34.67	34.67	1.27	11.85	88.15		Índice de Grupo :
1/4"	6.300	0.00	0.00	0.00	11.85	88.15		
Nº 4	4.750	116.52	116.52	4.27	16.13	83.87		
Nº 8	2.360	0.00	0.00	0.00	16.13	83.87		
Nº 10	2.000	711.10	711.10	26.07	42.19	57.81		
Nº 16	1.190	0.00	0.00	0.00	42.19	57.81		
Nº 20	0.840	710.37	710.37	26.04	68.23	31.77		OBSERVACIONES :
Nº 30	0.600	0.00	0.00	0.00	68.23	31.77		
Nº 40	0.425	430.02	430.02	15.76	84.00	16.00		
Nº 60	0.300	182.03	182.03	6.67	90.67	9.33		
Nº 80	0.177	0.00	0.00	0.00	90.67	9.33		
Nº 100	0.150	112.48	112.48	4.12	94.79	5.21		
Nº 200	0.075	70.01	70.01	2.57	97.36	2.64		
< Nº 200	FONDO	2.11	72.06	2.64	100.00	0.00		
TOTAL		2658	2728					

Cuadro 7. Resultados de la granulometría de la Muestra M-1

Se obtiene un contenido de humedad de 0.66%, la muestra no tiene límite líquido, límite plástico por ende no cuenta con índice plástico. De la clasificación SUCS se obtuvo un SP que es una arena pobremente graduada el cual es un suelo adecuado.

En la Curva Granulométrica de la muestra M-1 es la representación gráfica de los resultados obtenidos.

Si observamos la Curva Granulométrica nos muestra claramente que los productos asociados a los materiales ensayos dan como resultado una serie de incidencias que por la cual podemos definir claramente a los materiales como arena.

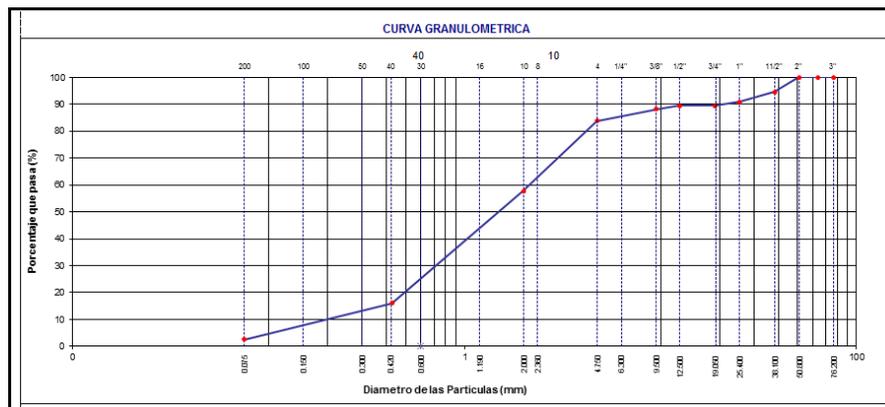


Gráfico 1. Curva Granulométrica M-1

En el cuadro siguiente se puede visualizar los pesos y porcentajes retenidos en cada tamiz de la muestra M-2, donde el tamaño máximo el tamiz 1 ½” y el mínimo tamiz N° 200.

DATOS DE LA MUESTRA								TAMAÑO MAXIMO : 2"	
MUESTRA Tomada In Situ								Peso inicial seco : 3466 g	
								Fracción : 758 g	
TAMIZ	ASHTO T-2 (mm)	PESO RETENIDO	PESO PARCIAL RETENIDO CORREGIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION DE CRVS	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00		Contenido de Humedad (%) : 0.59	
2 1/2"	63.300	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00			
2"	50.800	288.78	288.78	8.33	8.33	91.67		Límite Líquido (LL) : N.P	
1 1/2"	38.100	228.50	228.50	6.59	14.92	85.08		Límite Plástico (LP) : N.P	
1"	25.400	307.90	307.90	8.88	23.80	76.20		Índice Plástico (IP) : N.P	
3/4"	19.000	134.93	134.93	3.89	27.70	72.30		Clasificación (SUCS) : SW	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	27.70	72.30		Clasificación (AASHTO) : A-1-a ( 0 )	
3/8"	9.500	250.46	250.46	7.23	34.92	65.08		Índice de Grupo :	
1/4"	6.300	0.00	0.00	0.00	34.92	65.08			
Nº 4	4.750	266.43	266.43	7.69	42.61	57.39			
Nº 8	2.360	0.00	0.00	0.00	42.61	57.39			
Nº 10	2.000	708.07	710.12	20.49	63.09	36.91			
Nº 16	1.190	0.00	0.00	0.00	63.09	36.91			
Nº 20	0.840	543.40	543.40	15.68	78.77	21.23			
Nº 30	0.600	0.00	0.00	0.00	78.77	21.23		OBSERVACIONES :	
Nº 40	0.425	302.01	302.01	8.71	87.48	12.52			
Nº 60	0.300	134.03	134.03	3.87	91.35	8.65			
Nº 80	0.177	0.00	0.00	0.00	91.35	8.65			
Nº 100	0.150	89.64	89.64	2.59	93.94	6.06			
Nº 200	0.075	72.68	72.68	2.10	96.03	3.97			
< Nº 200	FONDO	5.27	137.55	3.97	100.00	0.00			
TOTAL		3332	3466						

Cuadro 8. Resultados de la granulometría de la Muestra M-2

Se obtiene un contenido de humedad de 0.59%, la muestra no tiene límite líquido, límite plástico por ende no cuenta con índice plástico. De la clasificación SUCS se obtuvo un SW que es una arena bien graduada el cual es un suelo adecuado.

En la Curva Granulométrica de la muestra M-2 es la representación gráfica de los resultados obtenidos.

Si observamos la Curva Granulométrica nos muestra claramente que los productos asociados a los materiales ensayos dan como resultado una serie de incidencias que por la cual podemos definir claramente a los materiales como arena.

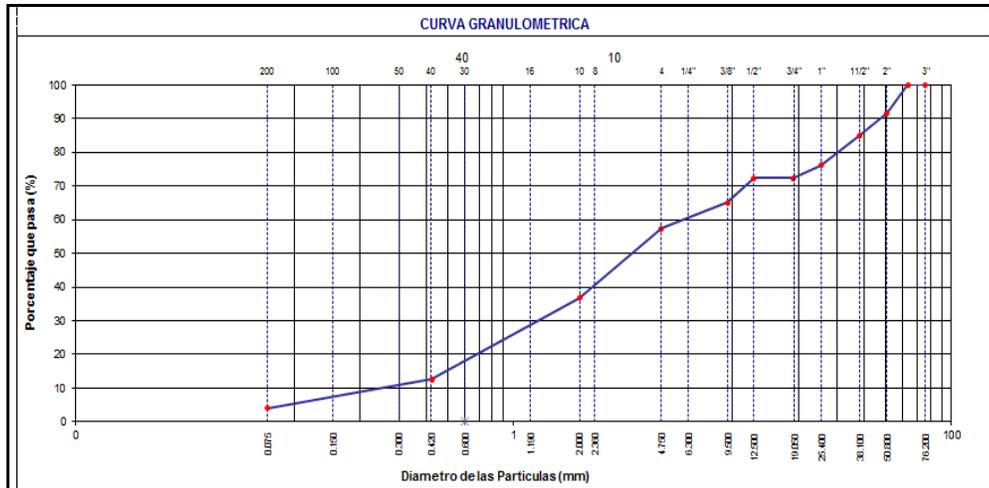


Gráfico 2. Curva Granulométrica M-2

#### 4.1.5 Ensayo de Corte Directo

Este ensayo describe y regula el método de ensayo para la determinación de la resistencia al corte de las muestras M-1 y M-2, sometidas previamente a un proceso de consolidación, cuando se le aplica un esfuerzo de cizalladura o corte directos mientras se permite un drenaje completo de ella. El ensayo se lleva a cabo deformando las muestras a una velocidad de 0.90 mm/min, cerca un plano de cizalladura determinado por la configuración del aparato de cizalladura.



Foto 22. Equipo usado en el ensayo del corte directo

Se realizó el ensayo a 3 muestras de peso 66 gramos cada una, cada una con un esfuerzo normal de 0.50, 1.00 y 1.50 kg/cm<sup>2</sup>, con ello determinamos su efecto sobre la resistencia al corte y al desplazamiento y las propiedades a partir de las envolventes de resistencia de Mohr.

El estado de la muestra es remoldeada y la condición del ensayo es humedecido, consideramos como altura de la muestra 0.90 cm y el lado de la muestra 2.00 cm.

Este ensayo consiste en colocar los especímenes del ensayo en una caja de cizalladura directa, con agua como muestra en la foto.



Foto 23. Material colocado en la caja de cizalladura



Foto 24. Muestra colocada en la caja de cizalladura

Aplicamos un esfuerzo normal, soltar los marcos que contienen la muestra y desplazar un marco horizontalmente respecto al otro a una velocidad de 0.90 (mm/min) constante de deformación y medir la fuerza de cizalladura y los desplazamientos horizontales a medida que la muestra es cizallada.

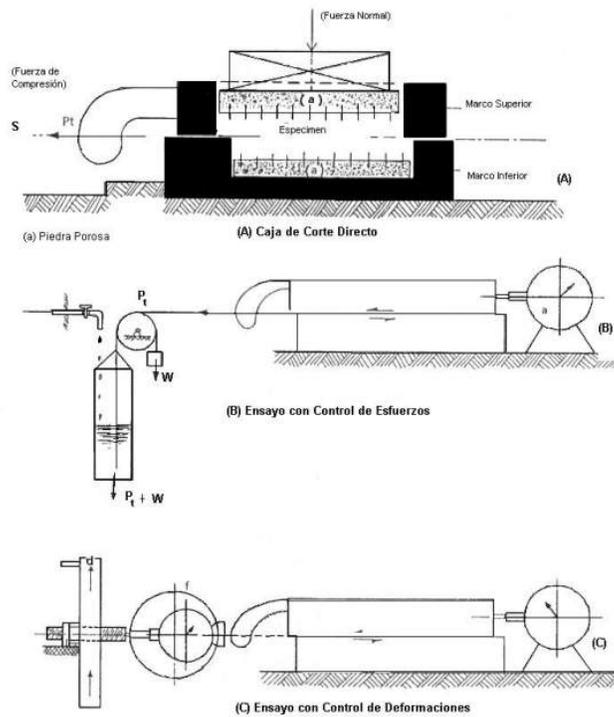


Imagen 16. Proceso de ejecución del ensayo de corte directo



Foto 25. Muestra luego de ser ensayada



Foto 26. Muestra luego de ser ensayada

El ensayo de cizalladura directa es adecuado para la determinación rápida de las propiedades de resistencia de materiales drenados y consolidados. Debido a que las trayectorias de drenaje a través de la muestra son cortas, se permite que el exceso de presión en los poros sea disipado más rápidamente que con otros ensayos drenados. El ensayo puede ser hecho en todo tipo de suelos inalterados, remoldeados o compactados.

Los resultados del ensayo son aplicables para estimar la resistencia al corte en una situación de campo donde ha tenido lugar una completa consolidación bajo los esfuerzos normales actuales. La ruptura ocurre lentamente bajo condiciones drenadas, de tal manera que los excesos de presión en los poros quedan disipados. Los resultados también pueden ser utilizados para expresar la relación entre los esfuerzos de consolidación y la resistencia a la cizalladura en condiciones drenadas.

Del ensayo realizado a las muestras M-1 y M-2 se obtuvo los siguientes resultados:

## Resultados de la muestra M-1

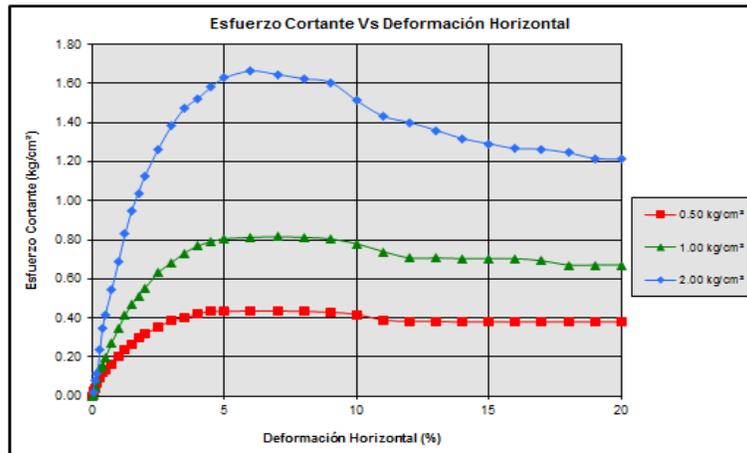


Gráfico 3. Relación entre esfuerzo cortante y la deformación horizontal, para esfuerzos de hasta 1 kg/cm<sup>2</sup>

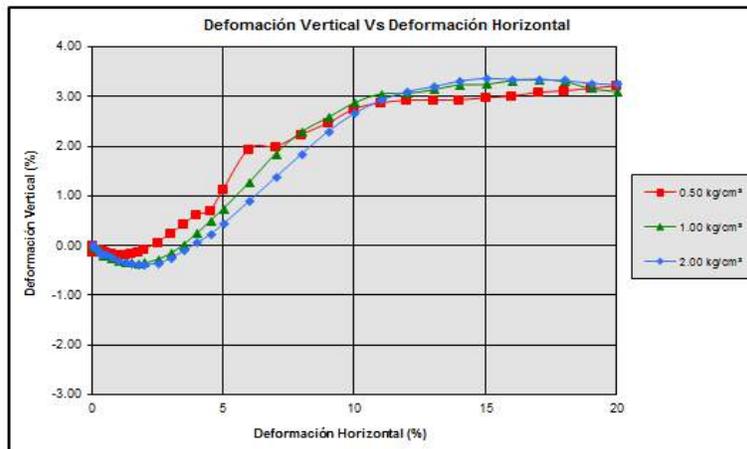
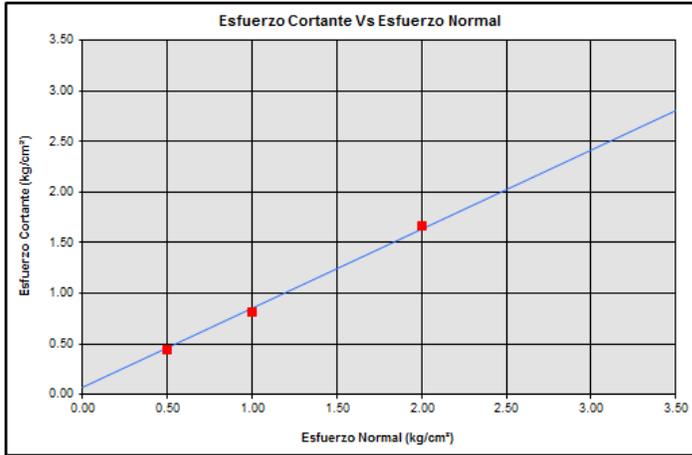


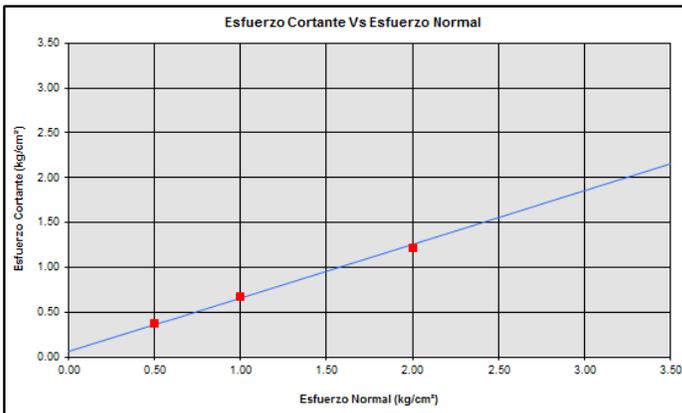
Gráfico 4. Relación entre deformación vertical y la deformación horizontal, para esfuerzos de más de 1 kg/cm<sup>2</sup>



PARAMETROS DE RESISTENCIA

COHESION (C)	0.07
ANGULO DE FRICCION ( $\phi$ )	38.04
Límite inferior Eje X	0.00
Límite superior Eje X	4.00
Límite inferior Eje Y	0.00
Límite superior Eje Y	1.50
Envolvente	0.00 0.07
	4.00 3.20

Gráfico 5. Relación entre esfuerzo cortante y esfuerzo normal, con parámetro de cohesión del suelo de 0.07



PARAMETROS DE RESISTENCIA RESIDUAL

COHESION (C)	0.06
ANGULO DE FRICCION ( $\phi$ )	30.86
Límite inferior Eje X	0.00
Límite superior Eje X	4.00
Límite inferior Eje Y	0.00
Límite superior Eje Y	2.00
Envolvente	0.00 0.06
	4.00 2.45

Gráfico 6. Relación entre esfuerzo cortante y esfuerzo normal, con parámetro de cohesión del suelo de 0.06

## Resultados de la muestra M-2

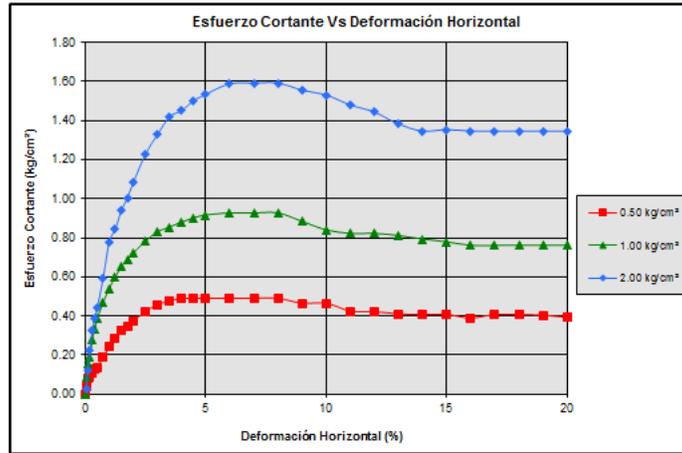


Gráfico 7. Relación entre esfuerzo cortante y la deformación horizontal, para esfuerzos de hasta 1.80 kg/cm<sup>2</sup>

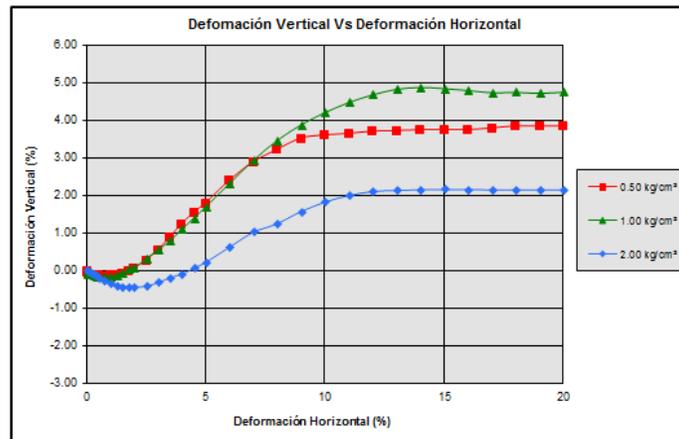
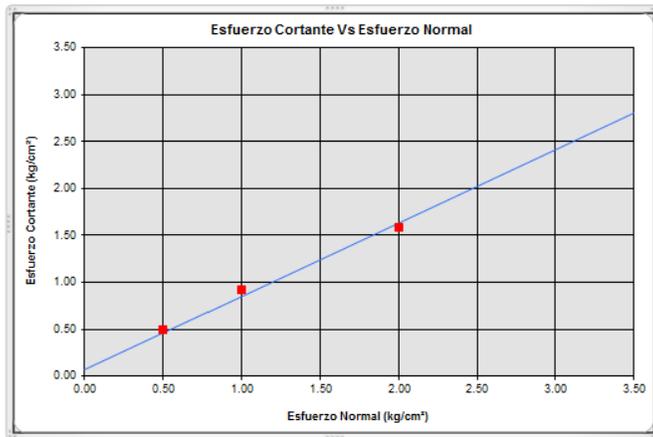


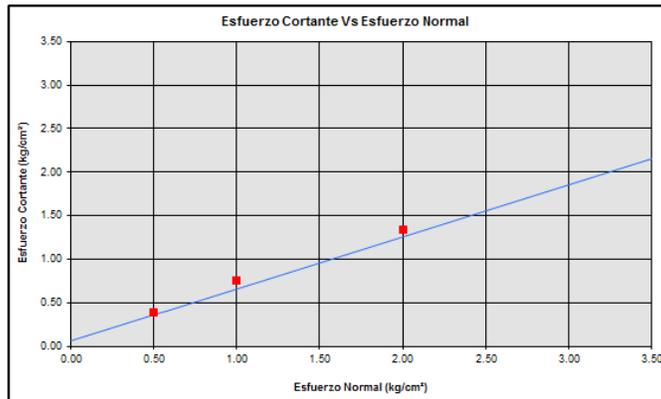
Gráfico 8. Relación entre deformación vertical y la deformación horizontal, para esfuerzos de más de 1.80 kg/cm<sup>2</sup>



**PARAMETROS DE RESISTENCIA**

COHESION (C)	0.07
ANGULO DE FRICCIÓN ( $\Phi$ )	38.04
Limite inferior Eje X	0.00
Limite superior Eje X	4.00
Limite inferior Eje Y	0.00
Limite superior Eje Y	1.50
Envolvente	0.00 0.07
	4.00 3.20

Gráfico 9. Relación entre esfuerzo cortante y esfuerzo normal, con parámetro de cohesión del suelo de 0.07



**PARAMETROS DE RESISTENCIA RESIDUAL**

COHESION (C)	0.06
ANGULO DE FRICCIÓN ( $\Phi$ )	30.86
Limite inferior Eje X	0.00
Limite superior Eje X	4.00
Limite inferior Eje Y	0.00
Limite superior Eje Y	2.00
Envolvente	0.00 0.06
	4.00 2.45

Gráfico 10. Relación entre esfuerzo cortante y esfuerzo normal, con parámetro de cohesión del suelo de 0.06

#### 4.1.6 Ensayo de Permeabilidad

Se entiende por permeabilidad a la facilidad de movimiento de un flujo a través de un medio poroso. La permeabilidad puede definirse como velocidad de flujo producida por un

gradiente hidráulico unitario. El valor del coeficiente de permeabilidad ( $k$ ) se usa como una medida de resistencia al flujo ofrecida por el suelo.

La permeabilidad se ve afectada por diversos factores inherentes tanto al suelo como a las características del agua circulante. Los factores principales son:

- a) La densidad del suelo,
- b) La relación de vacíos del suelo,
- c) La estructura y estratificación del suelo,
- d) La existencia de agujeros, fisura, etc. en el suelo,
- e) La viscosidad del agua del suelo, que varía con la temperatura

El intervalo de los valores del coeficiente de permeabilidad ( $k$ ) es muy amplio y se extiende desde  $10^5$  cm/s para las gravas de granos muy gruesos, hasta un valor promedio de  $k$  para diversos suelos, incluyendo las condiciones de drenaje potencial.

En la siguiente tabla se puede visualizar el intervalo de valores promedio de  $k$  para diversos suelos, incluyendo las condiciones de drenaje potencial

### Intervalos de Valores de K (cm/seg)

$10^2$		
$10^1$		
$10^0$	Gravas limpias	Muy buen drenaje
$10^{-1}$		
$10^{-2}$		
$10^{-3}$	Arenas limpias	Buen drenaje
$10^{-4}$	Mezclas grava-arena (arcillas fisuradas y alteradas)	
$10^{-5}$	Arenas muy finas	
$10^{-6}$	Limos y arenas limosas	
$10^{-7}$		Mal drenaje
$10^{-8}$	Limos arcillosos (>20% arcilla)	
$10^{-9}$		
	Arcillas sin fisuras	Prácticamente impermeable

Cuadro 9. Valores de la constante K

El objetivo de este ensayo es determinar los valores de conductividad hidráulica de materiales finos saturados para la construcción de pantallas impermeables en diques de tierra. Lo que se busca es optimizar el tiempo destinado a la saturación de suelos finos.

El ensayo se realizó a los 2 ensayos por cada muestra de M-1 y de M-2.

El ensayo consiste en colocar una porción de suelo en un cilindro con volumen determinado y apisonar como muestra en la foto 27, 28



Foto 27. Muestra de suelo colocada en el cilindro metálico



Foto 28. Apisonado de la muestra de suelo

Luego de ello al molde se le debe colocar la tapa como se muestra en la foto 29



Foto 29. Muestra de suelo lista para ser ensayada

La tapa cuenta con una manguera la cual la debemos conectar al panel de mangueras donde irá conectado a un recipiente de agua como se visualiza en la foto 30



Foto 30. Conexión del recipiente con las mangueras que ingresarán agua al material

Abrimos el grifo del recipiente para que fluya el agua, para ello debemos de colocar una probeta debajo del molde para que acumular el agua que pasa por la muestra como muestra en la foto 31



Foto 31. Aplicación de agua en la muestra de suelo

Cuando inicie el goteo del agua debemos tomar el tiempo para tomar nota de los cc que filtraron por la muestra, los minutos determinados fueron 1" al 7".



Foto 32. Control del tiempo de filtración de la muestra.

Los datos obtenidos se colocan en la tabla siguiente donde podemos visualizar los resultados.

Muestra M-1

TIEMPO	CAUDAL	LONGITUD	AREA	ALTURA	PERMEABILIDAD
t (segundos)	Q (cm3)	L (cm)	A (cm2)	H (cm)	K (cm/s)
60	15.5	11.04	80.91	195	0.00018
120	30.0	11.04	80.91	195	0.00017
300	69.0	11.04	80.91	195	0.00016

TIEMPO	CAUDAL	LONGITUD	AREA	ALTURA	PERMEABILIDAD
t (segundos)	Q (cm3)	L (cm)	A (cm2)	H (cm)	K (cm/s)
60	20.0	10.12	80.88	195	0.00021
120	40.0	10.12	80.88	195	0.00021
300	70.5	10.12	80.88	195	0.00015

Cuadro 10. Resultado del ensayo de permeabilidad de M1

Muestra M-2

TIEMPO	CAUDAL	LONGITUD	AREA	ALTURA	PERMEABILIDAD
t (segundos)	Q (cm3)	L (cm)	A (cm2)	H (cm)	K (cm/s)
60	70.0	11.12	80.87	195	0.00082
120	148.0	11.12	80.87	195	0.00087
180	212.0	11.12	80.87	195	0.00083
240	285.0	11.12	80.87	195	0.00084
300	352.0	11.12	80.87	195	0.00083
360	410.0	11.12	80.87	195	0.00080
420	475.0	11.12	80.87	195	0.00080

TIEMPO	CAUDAL	LONGITUD	AREA	ALTURA	PERMEABILIDAD
t (segundos)	Q (cm3)	L (cm)	A (cm2)	H (cm)	K (cm/s)
60	74.0	11.04	80.91	195	0.00086
120	150.0	11.04	80.91	195	0.00087
180	225.0	11.04	80.91	195	0.00087
240	295.0	11.04	80.91	195	0.00086
300	360.0	11.04	80.91	195	0.00084
360	430.0	11.04	80.91	195	0.00084
420	500.0	11.04	80.91	195	0.00083

Cuadro 11. Resultado del ensayo de permeabilidad de M2

De acuerdo a los resultados el  $k = 8 \times 10^{-4}$ , que sería una mezcla de grava y arena (arcillas fisuradas y alteradas).

#### **4.1.7 Ensayo de Proctor Modificado.**

Este ensayo nos permite determinar la compactación máxima de un terreno en relación con su grado de humedad.

El ensayo consiste en compactar una porción de suelo en un cilindro con volumen determinado, haciendo variar la humedad para obtener el punto de compactación máxima en el cual se obtiene la humedad óptima de compactación.

En laboratorio se usó porcentajes de humedad de 2%, 4%, 6% y 8% (muestra M-1); 4%, 6%, 8% (muestra M-2) estos valores a partir del peso total del material ensayado. El volumen del cilindro usado en el proctor modificado es de 2129 cc y el peso del mismo es de 6494 gr. Entonces con los valores de humedad se pesó el material húmedo dentro del cilindro y se realizó el ensayo, compactando en 5 capas de 56 golpes cada una. Luego se retiró el material y se pesó (peso húmedo de material compactado), una vez obtenido el peso del material húmedo, se introdujo la muestra al horno para su secado, con esto se obtuvo el peso del material seco, así como también, la cantidad de agua contenida en la muestra. Entonces, para obtener el contenido de agua en porcentaje, se efectuó la división entre el peso del agua con el peso del material seco. Este proceso se repite con los diferentes valores de humedad propuestos inicialmente.

Luego de ejecutar el ensayo se obtuvo, para la muestra M-1, el porcentaje de humedad óptimo de 5% y una densidad máxima seca de 2.055 gr/cc. A continuación se presenta el gráfico que relaciona el porcentaje de humedad y la densidad seca. (Gráfico 11)

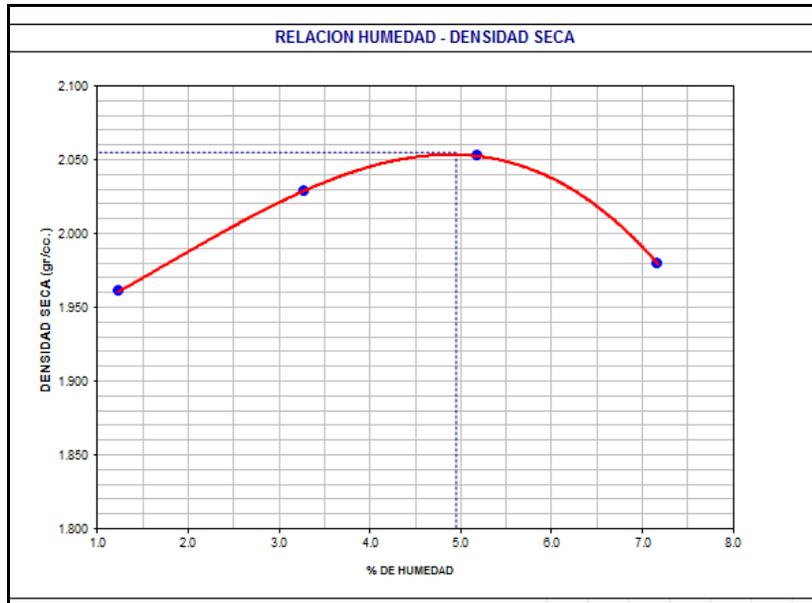


Gráfico 11. Relación entre porcentaje de humedad y densidad seca

Mostramos el cuadro donde se detallan los pesos de la muestra con el cilindro usado para la compactación, el peso de la muestra humedad compactada, peso de la muestra seca y los resultados de la humedad óptima y los valores de densidad seca para los diferentes valores de humedad iniciales (2%, 4%, 6%, 8%) tomando un valor intermedio de las densidades secas como densidad máxima seca. (Cuadro 12)

Molde Numero.	3	Volumen Molde	2129	m3.	Numero de capas	5
		Peso Molde	6494	gr.	Numero de golpes	56
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>						
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	
Peso Suelo + Molde	gr.	10,720	10,955	11,090	11,010	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,226	4,461	4,596	4,516	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.98	2.10	2.16	2.12	
Recipiente Numero		-	-	-	-	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	532.5	410.0	410.0	443.9	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	526.0	397.0	389.8	414.2	
Peso de la Tara	gr.	-	-	-	-	
Peso del agua	gr.	6.5	13.0	20.2	29.7	
Peso del suelo seco	gr.	526	397	390	414	
Contenido de agua	%	1.2	3.3	5.2	7.2	
Densidad Seca	gr/cc	1.961	2.029	2.052	1.979	
<b>RESULTADOS</b>						
Densidad Máxima Seca		2.055	gr/cc.	Humedad óptima	5.0	%

Cuadro 12. Información de laboratorio del ensayo en la muestra de suelo M-1

Para la muestra M-2, el valor de la densidad máxima seca es de 2.02 gr/cc con una humedad óptima de 5.4%. Se presenta un gráfico donde mostramos la relación entre la densidad seca y la humedad, en el mismo se puede apreciar los valores obtenidos, mediante cálculo, de la densidad máxima seca y de la humedad óptima.

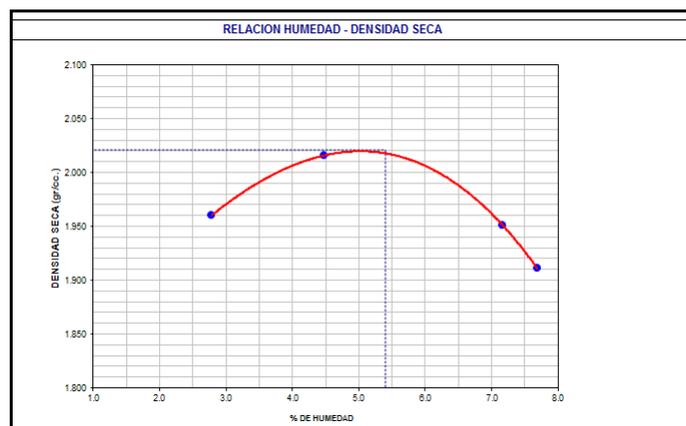


Gráfico 12. Relación entre porcentaje de humedad y densidad seca

Ahora, presentamos un cuadro donde están detallados todos los pesos obtenidos durante el ensayo, todo para las diferentes humedades iniciales (4%, 6% y 8%). (Cuadro 13)

Molde Numero.	3	Volumen Molde	2129	m3.	Numero de capas	5
		Peso Molde	6494	gr.	Numero de golpes	56
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>						
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	
Peso Suelo + Molde	gr.	10,784	10,978	10,945	10,875	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,290	4,484	4,451	4,381	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.02	2.11	2.09	2.06	
Recipiente Numero		-	-	-	-	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	410.0	415.3	443.9	448.3	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	398.9	397.5	414.2	416.3	
Peso de la Tara	gr.	-	-	-	-	
Peso del agua	gr.	11.1	17.8	29.7	32.0	
Peso del suelo seco	gr.	399	397	414	416	
Contenido de agua	%	2.8	4.5	7.2	7.7	
Densidad Seca	gr/cc	1.960	2.016	1.951	1.911	
<b>RESULTADOS</b>						
Densidad Máxima Seca		2.02	gr/cc.	Humedad óptima	5.4	%

Cuadro 13. Información de laboratorio del ensayo en la muestra de suelo M-2

Es importante señalar que la humedad óptima en la muestra M-1 es menor que en la muestra M-2, esto debido a que la primera es material granular, por tanto no tiene la capacidad de absorber más agua como la muestra M-2 donde la presencia de finos es la que permite mayor absorción de agua, pero los valores no son tan notorios, por tanto ambos materiales no son permeables (resultados en el ensayo de permeabilidad), lo que condiciona la facilidad de originar deslizamientos del suelo originados por las precipitaciones.

#### **4.1.8 Ensayo de CBR**

Este ensayo nos permite determinar la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El CBR (California Bearing Ratio) se obtiene como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón una profundidad de 0.1 pulgadas en una muestra de suelo y el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón, la misma profundidad de 0.1 pulgadas, en una muestra patrón de piedra triturada.

La relación C.B.R generalmente se determina para 0.1" y 0.2" de penetración, ósea para un esfuerzo de 1000 y 1500 libras por pulgada cuadrada en el patrón respectivamente.

Con el fin de duplicar en el laboratorio la condición más crítica que se presenta en el terreno, las muestras para el ensayo del C.B.R se sumergen en agua hasta obtener su saturación.

La muestra a ensayar se pasa por el tamiz  $\frac{3}{4}$ " y se desechan las partículas retenidas en el tamiz, el material desechado es remplazado por un peso igual de material, pero con partículas que sean retenidas en el tamiz  $\frac{1}{4}$ " y que pasen por el tamiz  $\frac{3}{4}$ ". Al igual que en el procedimiento de la compactación del Proctor Modificado se determina la humedad óptima. Luego, de obtener la humedad óptima, el material sobrante lo usamos, mezclando una cierta

cantidad de agua para producir en contenido de humedad necesario para obtener el máximo peso unitario seco.

Compactamos 3 moldes con material de la muestra M-1 y 3 moldes con material de la muestra M-2, siendo la cantidad de golpes en cada molde; 12 golpes para el primer molde, 25 golpes para el segundo molde y 56 golpes para el tercer molde, esta secuencia para las dos muestras (M-1 y M-2), como ya se mencionó tomamos muestras de humedad para cada molde con anticipación. Luego de realizar las compactaciones pesamos el molde con la muestra compactada, el disco espaciador y la placa de soporte, le quitamos el collarín antes de realizar estas mediciones. Posteriormente colocamos papel filtro sobre la placa de soporte y volteamos el molde con la muestra compactada y lo colocamos sobre la placa de soporte, terminada esta actividad sumergimos los moldes en agua para simular una condición desfavorable. Previo a esto colocamos extensómetros sobre la parte superior de las muestras, con sobrepesos, se deja el material sumergido durante 4 días hasta que esté completamente saturada y no tenga cambios volumétricos, luego de esto se toma la lectura de los extensómetros. Al cuarto día retiramos los moldes del agua, dejamos escurrir y secar el material por un periodo de 15 minutos, quitamos los sobrepesos y pesamos la muestra saturada, con esto podemos obtener la cantidad de agua absorbida por el material. Luego de esto, realizamos la penetración de la muestra con un pistón, para ello colocamos de nuevo los sobrepesos sobre la muestra saturada, posteriormente colocamos la muestra sobre la prensa del C.B.R, aplicamos carga de 10 libras, esta aplicación se realiza a velocidades de 0.05” por minutos. Tomamos lecturas de las cargas aplicadas a 0.025, 0.05, 0.075, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4 y 5 de penetración del pistón. Sacamos la muestra de la prensa y tomamos muestras de humedad alrededor del orificio dejado por el pistón.



Foto 33. Realización del ensayo CBR, compactación



Foto 34. Moldes con muestra compactada sumergidas en agua

Mostraremos los resultados obtenidos en el siguiente cuadro donde figuran los pesos de la muestra compactada, la muestra húmeda y los valores de la penetración.

Para la muestra M-1

DATOS DE LA MUESTRA						
CALICATA	M1					
MUESTRA	M1		CLASF. (SUCS)		sp	
PROF. (m)	1.5		CLASF. (AASHTO)		A-1-b(0)	
COMPACTACION						
Molde N°	Crv-149		Crv-150		Crv-151	
Capas N°	005		005		005	
Golpes por capa N°	056		025		012	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11,325.00	11,380.00	11,200.00	10,950.00	10,800.00	10,750.00
Peso de molde (g)	6,784.00	6,784.00	7,028.00	7,028.00	7,082.00	7,082.00
Peso del suelo húmedo (g)	4,541.00	4,596.00	4,172.00	3,922.00	3,718.00	3,668.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,102.00	2,102.00	2,108.00	2,108.00	2,078.00	2,078.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.158	2.186	1.979	1.861	1.789	1.765
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	544.00	507.20	622.00	531.80	614.00	574.00
Peso suelo seco + tara (g)	517.50	477.00	588.00	498.00	580.00	536.00
Peso de tara (g)	-	-	-	-	-	-
Peso de agua (g)	26.50	30.20	34.00	33.80	34.00	38.00
Peso de suelo seco (g)	517.50	477.00	588.00	498.00	580.00	536.00
Contenido de humedad (%)	5.12	6.33	5.78	6.79	5.86	7.09
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.055	2.056	1.871	1.742	1.690	1.648

Cuadro 14. Datos de muestra M-1

PENETRACION														
PENETRACION		CARGA	MOLDE N°		4		MOLDE N°		6		MOLDE N°		8	
mm	pulg.	STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA	CORRECCION		
		kg/cm <sup>2</sup>	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0.0	0.0		
0.635	0.025		31	70.1			13	28.2			10	21.2		
1.270	0.050		103	237.6			56	128.3			45	102.7		
1.905	0.075		220	509.4			94	216.6			75	172.5		
2.540	1.000	70.455	333	771.6	1,116.26	78.48	135	312.0	432.44	21.93	102	235.2	394.12	16.54
3.810	1.500		545	1262.5			218	504.8			193	446.7		
5.080	2.000	105.68	722	1671.3	1,763.53	82.66	293	678.8	722.18	31.82	240	555.8	614.50	26.05
6.350	2.500		872	2017.1			362	838.8			285	660.3		
7.620	3.000		1003	2318.6			418	968.5			335	776.2		
10.160	4.000		1190	2748.1			516	1195.4			401	923.2		
12.700	5.000		1320	3046.1			590	1366.5			470	1088.9		

Cuadro 15. Resultados de la penetración del pistón

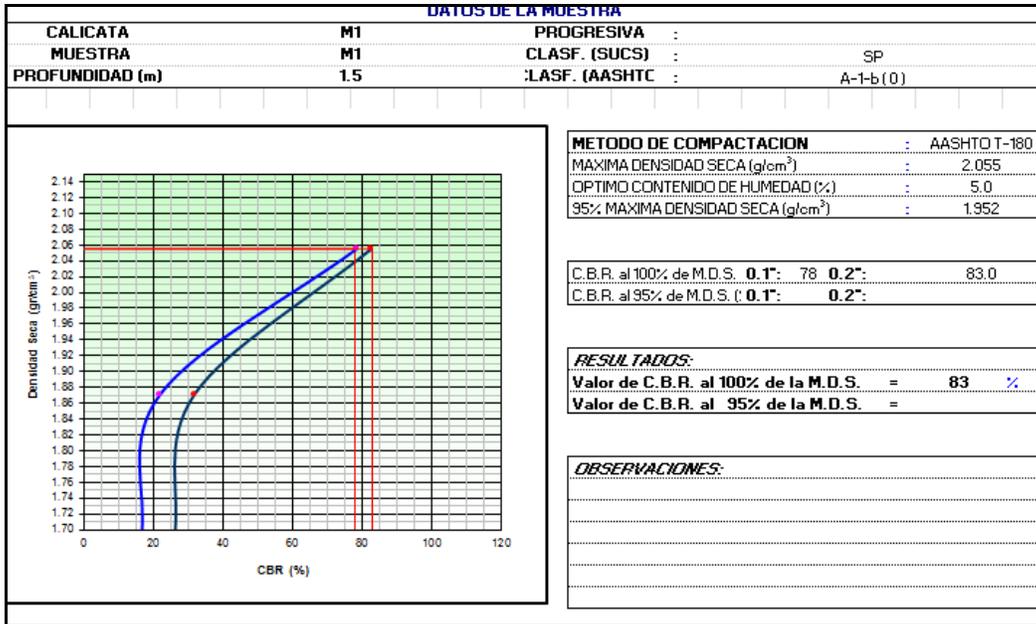


Gráfico 13. Gráfico comparativo entre CBR % con densidad seca

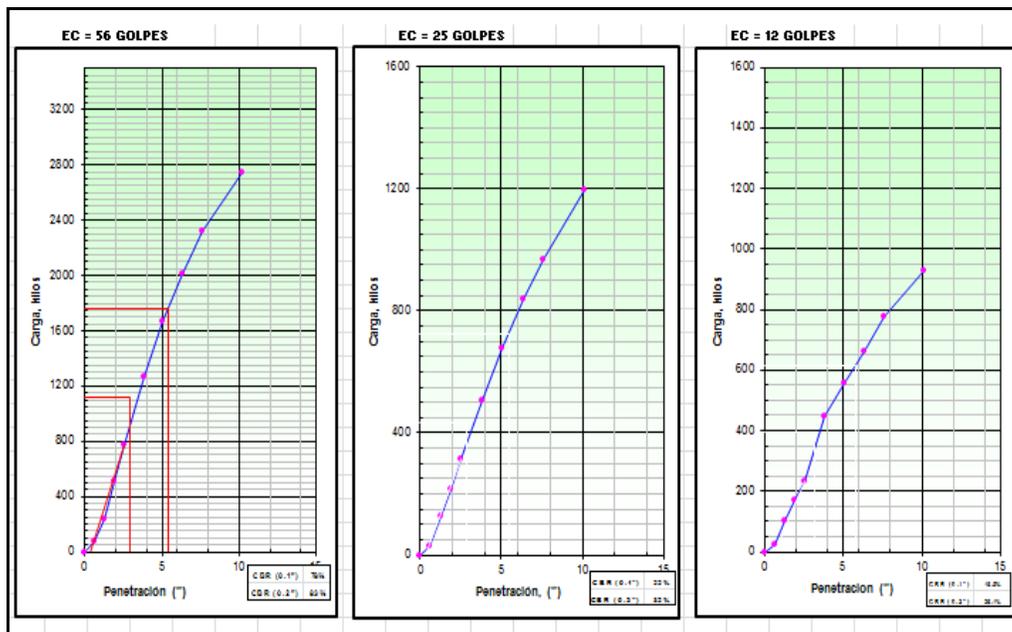


Gráfico 14. Comparación entre la carga aplicada y la penetración para 12, 25 y 56 golpes

Para la muestra M-2

DATOS DE LA MUESTRA						
CALICATA	M2					
MUESTRA	M2	CLASF. (SUCS)		Sw		
PROF. (m)	1.5	CLASF. (AASHTO)		A-1-a(0)		
COMPACTACION						
Molde N°	Crv-149		Crv-150		Crv-151	
Capas N°	005		005		005	
Golpes por capa N°	056		025		012	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11,270.00	11,325.00	11,350.00	11,280.00	11,000.00	11,000.00
Peso de molde (g)	6,784.00	6,784.00	7,028.00	7,028.00	7,082.00	7,082.00
Peso del suelo húmedo (g)	4,486.00	4,541.00	4,322.00	4,252.00	3,918.00	3,918.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,102.00	2,102.00	2,108.00	2,108.00	2,078.00	2,078.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.158	2.160	2.050	2.017	1.885	1.885
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	580.00	518.00	645.00	555.00	645.00	612.00
Peso suelo seco + tara (g)	551.00	490.00	608.00	521.00	603.00	569.00
Peso de tara (g)	-	-	-	-	-	-
Peso de agua (g)	29.00	28.00	37.00	34.00	42.00	43.00
Peso de suelo seco (g)	551.00	490.00	608.00	521.00	603.00	569.00
Contenido de humedad (%)	5.26	5.71	6.09	6.53	6.97	7.56
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.027	2.044	1.933	1.894	1.763	1.753

Cuadro 16. Datos muestra M-2

PENETRACION														
PENETRACION		CARGA	MOLDE N°		4		MOLDE N°		6		MOLDE N°		8	
		STAND.	CARGA			CORRECCION	CARGA			CORRECCION	CARGA			CORRECCION
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0.0	0.0		
0.635	0.025		28	63.1			12	25.9			9	18.9		
1.270	0.050		98	225.9			55	125.9			45	102.7		
1.905	0.075		215	497.8			95	219.0			77	177.1		
2.540	1.000	<b>70.455</b>	325	753.0	1,143.23	80.38	135	312.0	21.93		104	239.9		16.87
3.810	1.500		535	1239.3			213	493.1			189	437.4		
5.080	2.000	<b>105.68</b>	717	1659.8	1,765.24	82.74	286	662.6	31.06		255	590.6		27.68
6.350	2.500		866	2003.3			355	822.6			324	750.7		
7.620	3.000		987	2281.8			417	966.2			366	848.1		
10.160	4.000		1170	2702.2			512	1186.1			398	922.2		
12.700	5.000		1285	2965.9			577	1336.4			465	1077.4		

Cuadro 17. Resultados de la penetración del pistón

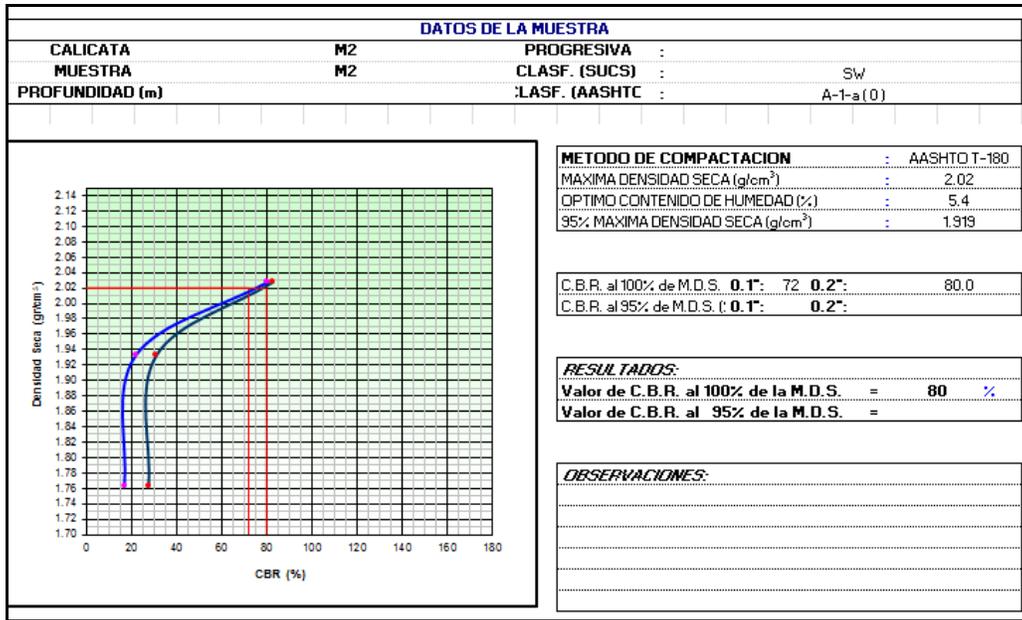


Gráfico 15. Gráfico comparativo entre CBR % con densidad seca

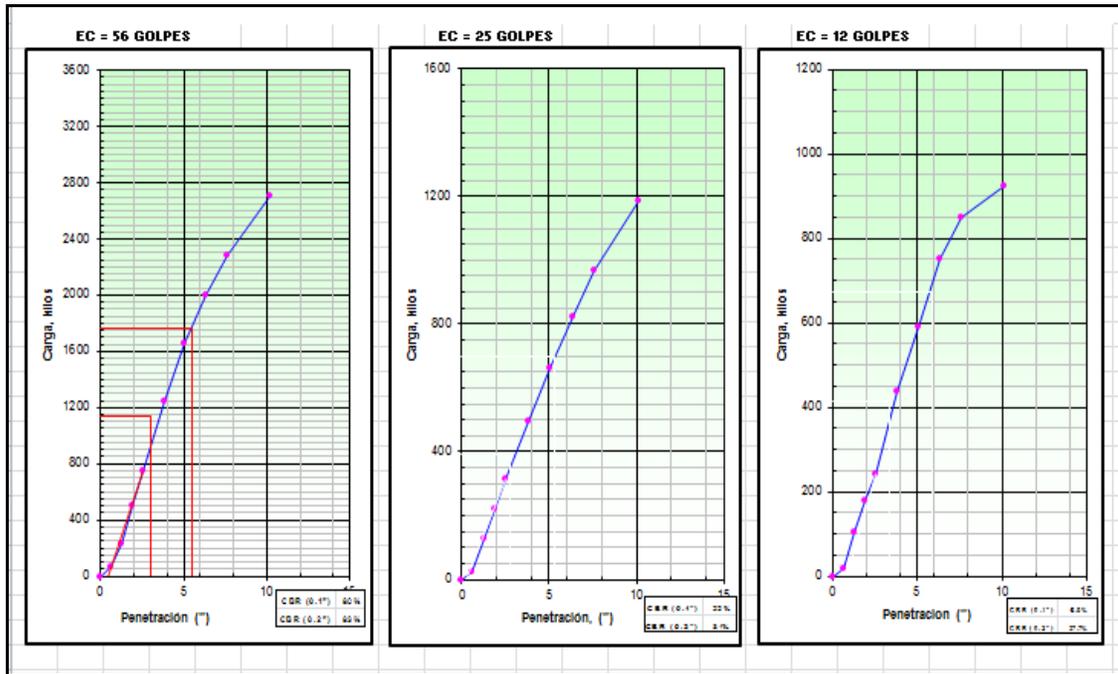


Gráfico 16. Comparación entre la carga aplicada y la penetración para 12, 25 y 56 golpes

## **4.2 Propiedades mecánicas del suelo:**

### **4.2.1 Clasificación, relaciones volumétricas y gravimétricas.**

En un suelo se distinguen tres fases constituyentes: sólida, la líquida y la gaseosa. La fase sólida está formada por las partículas minerales del suelo (incluyendo la capa sólida absorbida); la líquida por el agua (libre, específicamente), aunque en los suelos pueden existir otros líquidos de menor significación; la fase gaseosa comprende sobre todo el aire, si bien pueden estar presentes otros gases (vapores sulfurados, anhídrido carbónico, etc.). La capa viscosa del agua absorbida que presenta propiedades intermedias entre la fase sólida y la líquida, suele incluirse en esta última, pues es susceptible de desaparecer cuando el suelo es sometido a una fuerte evaporación (secado).

Las fases líquida y gaseosa del suelo suelen comprenderse en el Volumen de los Sólidos.

Se dice que un suelo es totalmente saturado cuando todos sus vacíos están ocupados por agua. Un suelo en tal circunstancia consta, como caso particular, de sólo dos fases, la sólida y la líquida. Muchos suelos yacientes bajo el nivel freático son totalmente saturados.

Algunos el contenido de materia orgánica y las capas absorbidas en muy importantes desde el punto de vista de las propiedades mecánicas del suelo, no es preciso considerarlos en la medición de pesos y volúmenes relativos de las tres fases principales; su influencia se toma en cuenta más fácilmente en etapas posteriores del estudio de ciertas propiedades de los suelos.

Clasificación SUCS: SP, Arenas limpias con poco fino.

Clasificación AASHTO: A-1-b (0)

Porcentaje de Humedad: 0.66%

Peso específico del Sólido: 2.74

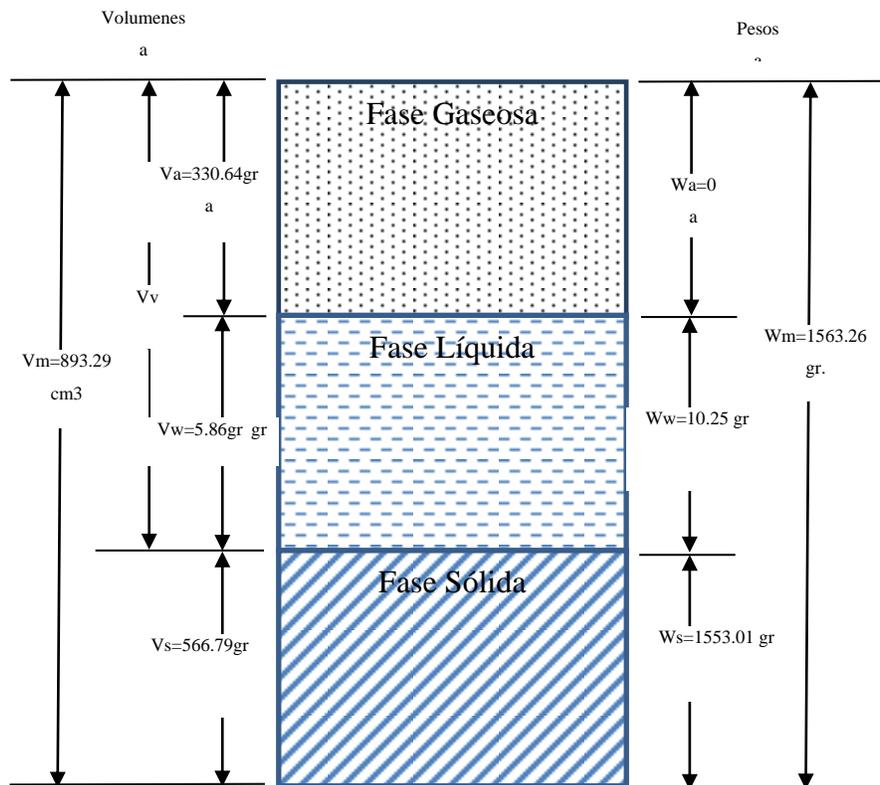


Imagen 17. Imagen

#### 4.2.2 Plasticidad y compacidad de suelos.

Existen suelos que al ser remoldeados, cambiando su contenido de agua si es necesario, adoptan una consistencia característica, que desde épocas antiguas se ha determinado Plástica. Estos suelos han sido llamados arcillas, originalmente, por los hombres dedicados a la cerámica; la palabra pasó a la Mecánica de Suelos, en épocas más recientes, con idéntico significado. La plasticidad es, en este sentido, una propiedad tan evidente que ha

servido antaño para clasificar suelos en forma puramente descriptiva. Pronto se reconoció que existía una relación específica entre la plasticidad y las propiedades fisicoquímicas determinantes del comportamiento mecánico de las arcillas. En este momento la plasticidad se convirtió en una propiedad ingenieril de interés científico estricto, dejando de ser una casualidad puramente descriptiva o de trabajabilidad en cerámica; las investigaciones posteriores han probado que la plasticidad de un suelo es debida a su contenido de partículas más finas de forma laminar. Ya se ha visto que la forma laminar ejerce una influencia importante en la compresibilidad del suelo, mientras que el pequeño tamaño propio de esas partículas hace que la permeabilidad del conjunto sea muy baja; existe, así, una relación entre la plasticidad y éstas y otras propiedades físicas de importancia.

Límite Plástico: N.P.

Límite Líquido: N.P.

## **4.3 Permeabilidad del suelo**

### **4.3.1 Determinación en el laboratorio.**

Permeabilidad de un suelo es la capacidad del mismo para permitir el flujo de un fluido, líquido o gas, a través suyo. En el campo de la Geotecnia se estudia el flujo de agua.

Los suelos están formados por partículas minerales sólidas que dejan vacíos entre ellas. Estos vacíos están interconectados y permiten el flujo de agua a través de ellos. Esto convierte a los suelos en materiales permeables al agua. El grado de permeabilidad es determinado aplicando a una muestra saturada de suelo una diferencia de presión hidráulica. El coeficiente de permeabilidad es expresado en términos de velocidad.

Este fenómeno es gobernado por las mismas leyes físicas en todos los tipos de suelos y la diferencia en el coeficiente de permeabilidad en tipos de suelos extremos es solo una cuestión de magnitud.

Los suelos y las rocas no son sólidos ideales, sino que forman sistemas con 2 ó 3 fases: partículas sólidas y gas, partículas sólidas y líquido, o bien, partículas sólidas gas y líquido. El líquido es normalmente agua y el gas se manifiesta a través de vapor de agua. Por lo tanto se habla de medios “porosos”. A estos medios se les caracteriza a través de su “porosidad” y a su vez esta propiedad condiciona la permeabilidad del medio o del material en estudio.

Se dice que un material es permeable cuando contiene vacíos continuos, estos vacíos existen en todos los suelos, incluyendo las arcillas más compactas, y en todos los materiales de construcción no metálicos, incluido el granito sano y la pasta de cemento, por lo tanto dichos materiales son permeables. La circulación de agua a través de la masa de éstos obedece aproximadamente a leyes idénticas, de modo que la diferencia entre una arena limpia y un granito es, en este concepto, solo una diferencia de magnitud.

La permeabilidad de los suelos, es decir la facultad con la que el agua pasa a través de los poros, tiene un efecto decisivo sobre el costo y las dificultades a encontrar en muchas operaciones constructivas, como los son, por ejemplo, las excavaciones a cielo abierto en arena bajo agua o la velocidad de consolidación de un estrato de arcilla bajo el peso de un terraplén, de allí la importancia de su estudio y determinación

## **4.4 Esfuerzos en una masa de suelo.**

### **4.4.1 Esfuerzo efectivo en un suelo parcialmente saturado**

Se dice que un medio continuo está sometido a un estado de esfuerzos continuo puede determinarse un plano al que resulten paralelos los segmentos dirigidos representativos de los esfuerzos en todos los puntos de dicho medio. Es decir, los esfuerzos normales y tangenciales paralelos a la normal a ese plano determinado son nulos en todos los puntos del medio. Además, los esfuerzos no nulos son independientes de la coordenada  $x$ .

Se dice que un medio continuo está sometido a un estado continuo de deformación plana cuando, para todos los puntos del medio puede determinarse un plano en el cual las deformaciones normales asociadas a él nulas y cuando, simultáneamente, existen otros dos planos normales al primero y entre sí, en los que las deformaciones angulares asociadas sean también nulas.

### **4.4.2 Esfuerzos causados por cargas puntuales.**

Boussinesq resolvió el problema de los esfuerzos producidos en cualquier punto de un medio homogéneo, elástico e isótropo como resultado de una carga puntual aplicada sobre la superficie de un semiespacio infinitamente grande. De acuerdo con la figura 2 la solución de Boussinesq para los esfuerzos normales en un punto A causado por la carga puntual P es

$$\Delta\sigma_x = \frac{P}{2x} \left( \frac{3x^2z}{L^5} - \left( (1 - 2\mu) \left[ \frac{x^2 - y^2}{Lx^2(L+z)} + \frac{y^2z}{L^3r^2} \right] \right) \right) \dots (1)$$

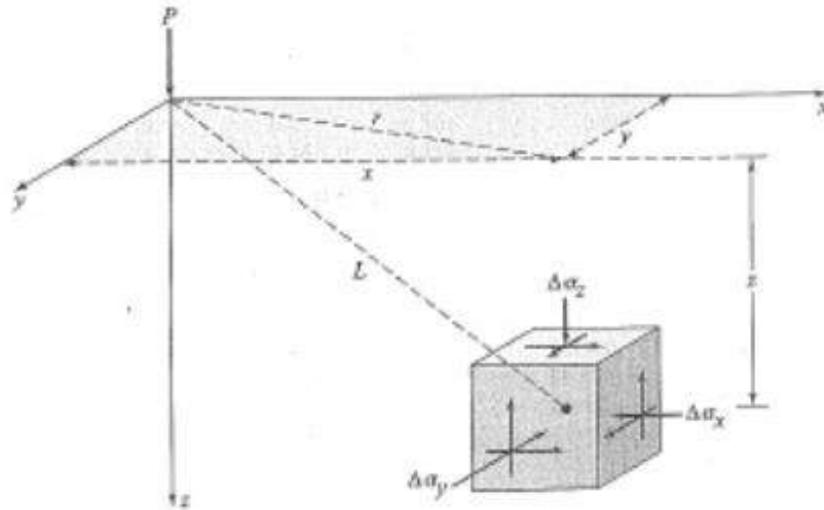


Figura 2. Esfuerzos en un medio elástico causados por una carga puntual

$$\Delta\sigma_x = \frac{P}{2\pi} \left( \frac{3y^2z}{L^5} - \left( (1 - 2\mu) \left[ \frac{y^2 - x^2}{Lx^2(L+z)} + \frac{x^2z}{L^3r^2} \right] \right) \right) \dots (2)$$

Y

$$\Delta\sigma_z = \frac{3Pz^3}{2xL^5} = \frac{3Pz^3}{2\pi(r^2 + z^2)^{5/2}} \dots (3)$$

Donde:  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$

$$L = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = \sqrt{r^2 + z^2}$$

$\mu = \text{relacion de Poisson}$

Note que las ecuaciones 1 y 2, que son las expresiones para los esfuerzos normales horizontales, dependen de la relación de Poisson del medio. Sin embargo, la relación para el esfuerzo normal vertical,  $\Delta\sigma_z$  dada por la ecuación 3, es independiente de la relación de Poisson. La relación para  $\Delta\sigma_z$  se reescribe en la siguiente forma:

$$\Delta\sigma_z = \frac{P}{z^2} \left\{ \frac{3I}{2\pi \left[ \left(\frac{r}{z}\right)^2 + 1 \right]^{5/2}} \right\} = \frac{P}{z^2} I_1 \dots (4)$$

$$\text{Donde: } I_1 = \frac{3}{2\pi} \frac{1}{\left[ \left(\frac{r}{z}\right)^2 + 1 \right]^{5/2}} \dots (5)$$

La variación de  $I_1$  para varios valores de  $r/z$  está dada en la tabla 1.

$r/z$	$I_1$	$r/z$	$I_1$
0	0.4775	0.9	0.1083
0.1	0.4657	1.0	0.0844
0.2	0.4329	1.5	0.0251
0.3	0.3849	1.75	0.0144
0.4	0.3295	2.0	0.0085
0.5	0.2733	2.5	0.0034
0.6	0.2214	3.0	0.0015
0.7	0.1762	4.0	0.0004
0.8	0.1386	5.0	0.00014

Tabla 1. Variación de  $I_1$

Tipo de suelo	Relación de Poisson, $\mu$
Arena suelta	0.2 – 0.4
Arena media	0.25 – 0.4
Arena densa	0.3 – 0.45
Arena limosa	0.2 – 0.4
Arcilla blanda	0.15 – 0.25
Arcilla media	0.2 – 0.5

Tabla 2. Valores representativos de la relación de Poisson para varios suelos.

## 4.5 Resistencia cortante del suelo

### 4.5.1 Criterios de falla de Mohr-Coulomb

Coulomb: Estableció una teoría según la cual un material falla cuando el esfuerzo cortante actuante en un plano a su través alcanza un valor límite máximo. Dentro de la teoría, que también es atribuida a Navier se acepta que dicho esfuerzo cortante límite depende del esfuerzo normal actuante en el plano de falla y que existe una ley de variación lineal entre ambos tipos de esfuerzos.

Mohr: Esta teoría debido a Otto Morh establece que, en general en la falla por deslizamiento ocurre a lo largo de la superficie particular en la que la relación del esfuerzo tangencial al normal (oblicuidad) alcance un cierto valor máximo. Dicho máximo fue postulado por Mohr como una función tanto del acomodo y forma de las partículas del suelo, como el coeficiente de fricción entre ellas. La teoría de Mohr no fija la hipótesis de variación lineal entre el esfuerzo normal y el cortante que definen la oblicuidad límite en la superficie crítica; según esta teoría, dicha ley de variación queda representada en general por una curva. Esta teoría explica satisfactoriamente varios fenómenos de importancia en los materiales frágiles, como rocas, concreto y suelos.

La Mecánica de Suelos actual utiliza generalmente como criterio de falla lo que suele llamarse el criterio de Mohr – Coulomb, con líneas de falla curvas. Se atribuye la falla al esfuerzo cortante y se acepta que éste depende del esfuerzo normal actuante en el plano de falla, pero se acepta también que la relación entre ambos esfuerzos no es constante. La teoría de Coulomb, que resulta ahora un caso particular de la generalizada de Mohr-Coulomb, puede ser suficientemente satisfactoria en muchos problemas, tales como los que se refieren a los suelos arenosos sujetos a niveles de esfuerzos bajos y a los suelos plásticos saturados y normalmente consolidados. En los suelos plásticos no saturados y o pre consolidados, la generalización que representa el criterio de Mohr es conveniente.

#### 4.5.2 Prueba al corte directo

Durante muchos años, la prueba directa de resistencia al esfuerzo cortante fue prácticamente la única para la determinación de la resistencia de los suelos; hoy, aun cuando conserva interés práctico debido a su simplicidad, ha sido sustituida en buena parte de las pruebas de compresión triaxial.

Los resultados de la prueba, en la cual suelen calcularse los valores de la relación  $\tau/\sigma$  correspondientes a deformaciones sobre el plano de falla.

En ésta, como en todas las pruebas de resistencia de suelos, caben dos posibilidades de realización; el método de esfuerzo controlado y el de deformación controlada. En el primero la prueba se lleva a efecto aplicando valores fijos de la fuerza tangencial al aparato de modo que el esfuerzo aplicado tiene en todo momento un valor prefijado; en el segundo tipo, la máquina actúa con una velocidad de deformación constante y la fuerza actuante sobre el espécimen se lee en la báscula de la máquina que la aplica.

Ejecutando varias pruebas con diversos valores de la presión normal, pueden trazarse puntos en la gráfica  $\sigma - s$  con los valores de las presiones normales y los valores máximos de  $\tau$  obtenidos de cada una de las pruebas. Uniendo los puntos así obtenidos se tendrá la línea de falla del material, correspondiente a este procedimiento de prueba.

# CAPÍTULO V: ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE CHOSICA

## 5.1 Climatología, hidrología y drenaje

### 5.1.1 Clima

El clima de la faja costera es desértico templado y húmedo, con temperatura media anual de 19.8° C, con una precipitación pluvial mínima de 18 mm, y máxima de 22 mm, al día, caracterizado por una lluvia fina en todo el año, excepto entre Enero y Marzo que puede llover generando fenómenos geológico climáticos que activan las quebradas y el desborde del río Rímac, ocasionando huaycos, inundaciones y erosión del suelo..

### 5.1.2 Hidrología

El Río Rímac se encuentra localizado en el Departamento de Lima, se origina en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes a una altitud máxima de aproximadamente 5,508 msnm en el nevado de Paca y aproximadamente a 132 Km., al NE de la ciudad de Lima, entre los paralelos 11° 27' a 12° 11' de latitud Sur y los meridianos 76° 06' y 77° 11' de longitud Oeste. Desembocando sus aguas, en el Océano Pacífico. La Cuenca tiene un área de recepción de 3,389 Km<sup>2</sup> que incluye a uno de los principales tributarios, el río Santa Eulalia de 1,097.7 Km<sup>2</sup> y el río Blanco de 193.7 Km<sup>2</sup>, contando con un total de 191 lagunas, la cuenca posee geoméricamente 204 Km. de largo sus límites son al NE con la cuenca del río Mantaro, al SE con la cuenca del río Lurín, por el NW con la cuenca del río Chillón y por el SW con el Océano Pacífico.

El Caudal del río Rímac proviene del escurrimiento natural originado por las precipitaciones sobre la sierra central del Perú, el deshielo de los nevados y los caudales liberados de las lagunas.

La descarga máxima en 24 horas, ocurrida en el río Rímac y registrada en la estación de Chosica asciende a 385 m<sup>3</sup>/seg. (año 1941) y solo repetida en otra oportunidad con 380 m<sup>3</sup>/seg. (año 1955).

Entre los meses de Mayo y Diciembre, la cuenca es abastecida por el complejo de lagunas y represas existentes, con fines de generación de energía, tanto en la cuenca propia del río Rímac, como en la sub cuenca vecina de Marcapomacocha, que es transvasada hacia el río Santa Eulalia, afluente del río Rímac. Por lo que su caudal fluctúa entre 16.90 m<sup>3</sup>/seg Y 18.19 m<sup>3</sup>/seg, de los cuales aproximadamente 5 m<sup>3</sup>/seg, proceden del transvase de Marcapomacocha.

La característica geomorfológica de la cuenca está dominada por la presencia de un valle juvenil, con una sección transversal estrecha, de relieve muy agreste. Las marcadas variaciones de pendiente se relacionan con los cambios en las condiciones geológicas y tectónicas que generan una morfología muy dinámica que se va modificando rápidamente, sobre todo a lo largo del curso principal y en el cauce de los torrentes activos que afluyen en la zona media y baja de la cuenca (ríos tributarios tales como Santa Eulalia, San Mateo y quebradas que se activan en los meses de verano en la costa de Lima.

La Estación Hidrológica R-2 dentro de la cuenca del río Rímac, está ubicada en la provincia de Lima, Distrito de Chosica, en la confluencia del río Santa Eulalia y San Mateo. Sus coordenadas geográficas de dicha Estación son: Latitud 11°56' S; Longitud 76°42' W; y está a una altitud de 870 m.s.n.m. El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

(SENAMHI) administra la Estación Hidrológica R-2 Chosica, en dicha estación la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) ha instalado un sensor acústico que nos proporciona el nivel del río y la data es transmitida vía radio módem hacia nuestras instalaciones.

El registro histórico disponible de descargas medias mensuales en la estación hidrométrica Chosica, es continuo del período 1912-2009, con 98 años de información, del año 1912-1964 corresponde a caudales naturales y de 1965-2009 caudales regulados.

**AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA**  
OFICINA DEL SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS  
**CAUDAL MEDIO DIARIO (m<sup>3</sup>/s)**

ESTACIÓN: CHOSICA  
CÓDIGO: 202906  
TIPO DE ESTACIÓN: HIDROMÉTRICA  
CATEGORÍA: LIMNIGRÁFICA  
FUENTE: SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

LATITUD: 11°55'48"  
LONGITUD: 76°41'23"  
ALTITUD: 906 msnm

AAA: CAÑETE - FORTALEZA  
ALA: CHILLÓN-RÍMAC-LURÍN  
CUENCA: RÍMAC  
RÍO: RÍMAC  
AÑO: 2013

AÑO	2013											
	DIANUMIS	ENERO	FEBRERO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
1	24,91	26,93	26,92	21,74	27,40	33,17	29,69	60,90	37,50	101,50	50,20	21,70
2	27,91	27,26	26,77	20,65	25,90	33,26	28,54	60,80	32,80	98,40	48,10	20,70
3	28,30	29,41	26,77	24,50	23,97	31,45	33,78	55,70	28,90	96,90	61,50	19,20
4	28,76	29,47	26,29	24,89	24,12	28,86	33,35	49,00	28,00	92,50	60,70	19,50
5	27,91	28,23	24,27	25,66	23,82	35,19	27,81	51,10	31,80	93,30	65,00	20,70
6	27,32	28,36	24,89	24,96	23,06	40,14	31,11	38,30	48,90	97,00	71,60	
7	27,58	29,08	25,66	24,04	22,03	40,23	25,51	39,90	60,50	99,50	62,90	
8	26,34	28,56	27,40	22,69	22,54	48,45	21,44	36,90	62,60	96,30	61,60	
9	26,99	28,17	24,96	21,23	24,27	51,13	20,58	38,00	60,80	93,40	59,40	
10	25,17	28,43	25,12	22,54	23,36	47,24	22,32	46,00	67,20	94,60	55,20	
11	26,99	28,62	26,21	23,06	22,17	44,95	21,95	49,60	69,90	107,20	50,60	
12	26,54	25,04	26,21	23,06	23,59	32,39	24,96	45,00	63,10	112,80	49,40	
13	27,91	24,32	29,69	21,74	24,04	35,82	24,66	39,70	58,20	115,60	44,90	
14	26,80	25,10	29,36	22,77	22,03	31,37	25,98	35,60	57,30	129,00	40,40	
15	28,30	22,89	26,21	21,81	22,62	38,88	25,90	37,50	60,60	119,70	38,80	
16	27,26	22,23	25,35	21,44	23,67	43,00	22,25	40,50	59,30	128,30	37,60	
17	26,02	23,99	26,21	22,17	23,06	44,46	25,35	57,40	66,50	131,00	33,10	
18	23,86	25,30	25,51	22,92	24,35	42,90	33,00	61,80	90,20	122,30	28,70	
19	26,54	24,19	25,20	22,14	28,25	41,37	31,96	54,60	92,60	108,10	28,20	
20	24,84	26,21	22,47	22,02	29,11	42,13	26,05	44,20	91,80	97,10	27,40	
21	25,69	25,17	21,23	22,25	25,27	36,72	34,31	41,10	97,90	92,40	26,70	
22	24,97	25,36	23,36	21,52	24,43	30,27	43,00	42,10	107,30	85,20	28,90	
23	26,54	25,23	23,44	22,62	28,62	33,62	40,80	53,10	116,70	79,60	31,30	
24	24,91	25,82	22,17	24,66	27,97	29,19	38,64	50,50	108,10	66,50	29,00	
25	24,84	25,95	22,03	23,36	28,46	30,52	41,27	40,70	101,70	66,90	26,00	
26	27,39	27,65	21,30	25,00	29,61	29,94	57,19	38,00	95,10	63,10	25,70	
27	26,15	26,99	23,67	27,48	28,13	33,69	95,35	32,60	92,20	59,30	24,00	
28	27,39	29,34	23,51	23,97	24,50	31,54	82,76	32,30	106,00	57,80	21,90	
29	27,06	27,45	23,44	24,04	26,85	31,03	76,30	31,10			24,00	
30	25,95	28,17	24,66	25,35	30,11	30,02	63,08	32,30			52,90	22,70
31		27,78	22,69		30,95		56,11	41,10			50,60	

Cuadro 18. Caudal Medio diario (m3/s)

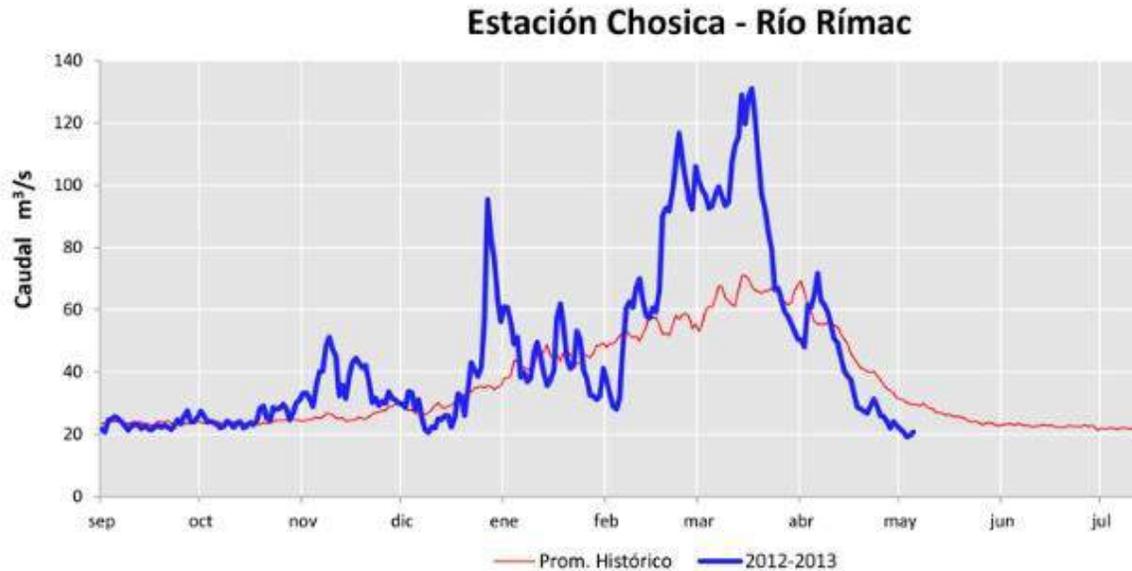


Imagen 18. Caudal Histórico

La característica geomorfológica de la cuenca está dominada por la presencia de un valle juvenil, con una sección transversal estrecha, de relieve muy agreste. Las marcadas variaciones de pendiente se relacionan con los cambios en las condiciones geológicas y tectónicas que generan una morfología muy dinámica que se va modificando rápidamente, sobre todo a lo largo del curso principal y en el cauce de los torrentes activos que afluyen en la zona media y baja de la cuenca (ríos tributarios tales como Santa Eulalia, San Mateo y quebradas que se activan en los meses de verano en la costa de Lima, tal como la quebrada de Huaycoloro)

### 5.1.3 Ubicación de la Estación

La Estación Hidrológica R-2 dentro de la cuenca del río Rímac, está ubicada en la provincia de Lima, Distrito de Chosica, en la confluencia del río Santa Eulalia y San Mateo. Sus coordenadas geográficas de dicha Estación son: Latitud 11°56' S; Longitud 76°42' W; y está a una altitud de 870 m.s.n.m. El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) administra la Estación Hidrológica R-2 Chosica, en dicha estación la

Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) ha instalado un sensor acústico que nos proporciona el nivel del río y la data es transmitida vía radio módem hacia nuestras instalaciones.

La cuenca del río Rímac tiene una superficie aproximada de 3,312 km<sup>2</sup>, de acuerdo a su pluviosidad se ha dividido en dos: Cuenca Húmeda a partir de la ciudad de Ricardo Palma hacia arriba con el 60% de la cuenca, donde se dan precipitaciones significativas; presentados sub cuencas principales, la del río Santa Eulalia (sub cuencas secundarias: Macachaca y Sacsa) y la del río Rímac (sub cuencas secundarias: Río Blanco y quebrada Parac). La cuenca seca se da a partir de la ciudad de Chosica hacia abajo, incluyendo la quebrada de Jicamarca, con el 40%.

#### **5.1.4 Cuenca Húmeda**

La cuenca húmeda del río Rímac, desde las estribaciones occidentales de la Cordillera de los Andes hasta Chosica tiene una extensión de 2,237.2 km<sup>2</sup> y muestra dos sub cuencas principales, la del río Santa Eulalia, con 1,097.7 km<sup>2</sup> de extensión y la del río Alto Rímac o San Mateo, con 1,139.5 km<sup>2</sup> de extensión. Estas sub cuencas tienen, a su vez, sub cuencas secundarias: dos en el Santa Eulalia y dos en el Alto Rímac o San Mateo.

La sub cuenca principal de Santa Eulalia tiene una extensión de 1,097.7 km<sup>2</sup>, con una longitud de cauce de 69 km. Se puede distinguir dos sub cuencas secundarias: Macachaca y Sacsa.

La sub cuenca Macachaca, tiene una extensión de 328 km<sup>2</sup> y una longitud de cauce de 24.5 km, con una pendiente de 4.9 por ciento que baja de los 4,850 a los 3,400 m.s.n.m.

La sub cuenca Sacsa, tiene una extensión de 155.7 km<sup>2</sup> y una longitud de cauce de 24.5 km. con una pendiente 4.9 por ciento que baja de los 4,600 a los 3,400 m.s.n.m.

El tramo inferior del río Santa Eulalia, aguas debajo de la unión de los ríos Macachaca y del Río Sacsa, tiene una extensión de 614.0 km<sup>2</sup> una longitud de cauce de 39.5 km, con una pendiente de 6.2 por ciento que baja de los 3,400 a 966 m.s.n.m.

La sub cuenca principal del Alto Rímac tiene una extensión de 1,139.5 km<sup>2</sup>, con una longitud de cauce de 59.8 km. Tiene dos sub cuencas secundarias laterales: el río Blanco y la quebrada Parac. La sub cuenca propia del Alto Rímac tiene una extensión de 804.7 km<sup>2</sup> y una longitud de cauce de 59.8 km., con una pendiente de 6.5 por ciento que baja de los 4,850 a 966 m.s.n.m.

La sub cuenca del río Blanco, es lateral a la sub cuenca del Alto Rímac y tiene una extensión de 193.7 km<sup>2</sup>, con una longitud de cauce de 33 km, con una pendiente de 3.3 por ciento que baja de 4,750 a 3,650 m.s.n.m.

La sub cuenca de la quebrada Parac, es también lateral a la sub cuenca del Alto Rímac y paralela a la sub cuenca del río Blanco. Tiene una extensión de 141.1 km<sup>2</sup> y una longitud de cauce de 20 km, con una pendiente de 7.5 por ciento, que baja de los 4,650 a 3,200 m.s.n.m.

La precipitación total anual en la cuenca del río Rímac, según los registros obtenidos en las respectivas estaciones, tiene los siguientes valores:

Cuenca baja (Von Humboldt, Ñaña, Aeropuerto Internacional, Santa Eulalia) = 19.5 mm/año

### **5.1.5 Drenaje**

La cuenca del río Rímac tiene una baja densidad de drenaje, la cuenca húmeda tiene 0.46 km/km<sup>2</sup> y la cuenca integral del río Rímac tiene una densidad de drenaje de 0.5 Km/km<sup>2</sup>.



Año	Estación Meteorológica																						
	Arahuay	Autiba	Campo de Mare	Canchasalla	Carampona	Casapalca	Challita	Chosica (PLU)	Cereguilla	Hipólito Umanu	La Cantuta	Lachaqui	Mancana	Millic	Mina Colqui	Pariscancha	Rímac	Río Blanco	San José de Pando	Santa Clara	Santa Eulalia	Santiago de Tana	Von Humboldt
1964	21.2	18.3	2.0	30.4	25.0	22.8	34.3	10.6	1.4	5.0	9.4	41.2	22.1	31.2	16.6	30.5	1.9	26.8	30.2	0.7	5.4	42.2	0.7
1965	20.7	20.5	4.9	57.8	20.5	30.4	9.5	7.2	1.8	1.0	17.6	34.6	14.9	33.2	21.9	20.2	0.1	24.6	22.3	3.2	15.3	26.7	1.1
1966	19.6	21.1	4.0	33.4	10.6	18.4	42.0	13.8	1.5	3.6	7.5	29.7	17.1	35.8	15.3	31.7	0.0	18.9	14.6	0.2	26.0	42.0	1.3
1967	16.7	14.7	0.5	23.0	22.2	17.7	25.4	6.9	1.2	0.9	11.2	36.6	16.7	40.0	13.3	23.8	2.3	30.5	24.0	0.0	29.8	78.1	2.4
1968	17.7	15.5	0.9	20.9	15.5	17.3	42.1	3.2	2.1	1.0	2.5	17.3	15.4	31.9	13.6	20.8	0.0	21.7	10.0	0.6	3.0	13.5	2.4
1969	29.5	21.4	1.7	36.3	21.3	26.0	26.5	6.8	0.8	1.7	6.3	18.9	12.0	21.5	21.6	30.3	0.0	21.1	17.0	0.3	10.6	25.1	1.6
1970	35.1	12.5	2.4	65.2	30.2	17.6	24.1	11.9	0.5	16.0	0.2	59.5	31.7	35.5	24.9	37.1	2.5	25.2	31.3	1.1	30.8	89.9	9.7
1971	30.1	15.1	1.9	11.6	30.4	18.0	22.6	15.1	1.5	1.5	1.7	18.8	23.3	31.8	32.5	20.7	1.7	21.1	24.9	0.7	14.5	36.2	2.6
1972	27.3	15.4	3.6	65.1	27.5	26.8	39.1	9.5	1.4	2.0	1.7	40.7	18.1	58.4	13.8	22.6	1.5	29.5	28.2	1.5	20.0	37.0	1.4
1973	34.7	27.4	0.9	21.0	32.6	18.0	22.3	6.9	4.5	0.3	0.8	22.4	25.2	37.0	36.7	33.5	0.2	21.8	28.6	0.0	19.2	49.7	5.3
1974	17.7	11.2	3.4	17.4	28.2	21.7	23.3	1.6	1.5	1.3	4.7	26.2	11.9	21.3	19.8	22.0	0.0	21.4	26.7	0.0	6.0	27.7	1.7
1975	14.5	14.6	0.7	15.1	17.0	22.7	25.3	10.8	0.2	0.5	2.8	25.1	10.8	28.4	18.4	37.9	0.0	26.5	26.4	0.0	14.5	24.0	2.4
1976	38.2	20.4	1.6	51.0	24.5	23.6	37.8	11.9	2.0	1.7	32.2	28.3	15.8	79.4	14.4	17.7	1.3	18.5	20.8	6.0	30.0	20.5	2.8
1977	34.2	18.6	1.8	19.9	23.8	22.8	25.5	6.5	1.4	0.9	3.4	65.0	35.2	32.9	12.0	23.5	0.8	18.1	20.9	0.0	8.0	42.1	2.6
1978	15.0	9.3	0.6	14.1	14.8	23.1	31.3	1.6	1.0	1.0	1.4	18.9	7.8	33.9	16.0	28.0	0.5	45.0	24.1	0.0	6.8	25.3	1.0
1979	9.8	10.3	0.8	16.2	20.3	23.7	31.6	7.5	0.3	2.9	30.4	29.6	12.3	21.1	18.2	20.4	0.0	15.4	17.7	0.3	10.0	31.1	1.7
1980	46.5	16.5	4.0	15.3	20.6	21.1	11.3	8.7	0.7	1.0	1.2	27.1	8.8	24.8	17.4	32.5	0.3	19.0	22.9	0.5	10.0	20.6	0.0
1981	15.9	13.7	3.0	65.2	30.3	22.7	29.4	5.7	2.2	5.8	5.4	55.9	12.5	37.9	18.2	46.2	0.0	25.7	42.0	1.1	10.0	46.5	3.5
1982	11.2	11.2	1.8	31.4	15.5	27.9	38.6	14.0	0.5	0.7	8.3	31.7	9.5	26.2	16.4	27.2	0.0	32.7	28.5	0.4	6.3	35.8	1.0
1983	30.0	20.5	7.0	13.1	31.2	29.5	8.7	7.2	1.5	5.8	15.4	25.9	25.0	38.3	16.4	27.2	0.3	22.8	27.7	0.2	10.2	46.3	2.5
1984	32.5	14.0	1.4	51.4	20.8	31.0	22.1	5.4	0.7	2.0	6.6	36.9	21.5	59.8	18.4	19.2	0.6	21.8	29.1	1.1	10.5	38.6	2.2
1985	14.0	6.4	0.9	65.2	21.4	21.5	63.3	10.5	1.3	0.4	1.5	40.9	19.8	37.0	18.6	29.0	0.1	23.9	24.3	1.8	0.4	18.6	1.5
1986	14.9	12.8	0.5	32.0	33.3	23.0	44.7	7.3	2.0	3.3	0.9	29.9	27.2	34.6	12.8	39.5	0.0	18.9	25.0	0.1	2.0	30.7	1.0
1987	13.0	11.6	1.4	27.2	22.7	44.0	13.1	16.1	0.8	1.3	8.4	24.0	20.9	20.0	9.6	22.7	0.1	14.9	21.2	2.0	36.0	22.0	0.8
1988	20.0	9.8	0.3	11.9	31.5	27.0	28.2	2.9	1.0	1.3	4.6	29.9	12.3	32.4	13.8	28.5	0.0	21.3	22.9	0.7	19.7	28.2	0.8
1989	17.7	20.3	0.5	16.7	19.6	20.0	32.5	5.2	1.7	2.0	2.6	22.7	10.7	33.1	13.5	21.0	0.0	17.6	15.8	0.4	27.6	33.5	1.4
1990	22.0	14.7	1.0	6.5	25.6	13.0	17.7	3.2	0.6	1.6	4.1	19.2	10.6	46.2	12.3	20.9	0.6	20.1	14.6	0.2	6.5	36.8	1.5

1991	21.4	29.7	3.2	13.4	23.3	20.1	20.6	3.7	0.9	2.5	1.9	26.6	17.6	44.4	9.6	19.5	0.0	18.7	18.4	0.7	3.0	33.2	0.7
1992	12.0	6.3	0.6	8.4	19.2	14.7	13.5	2.3	0.2	2.9	14.3	20.0	30.5	30.8	7.1	26.8	0.5	10.9	12.4	0.0	0.5	5.8	1.0
1993	27.0	23.3	3.2	17.4	22.4	26.1	32.0	2.4	2.3	2.4	1.6	20.3	30.3	37.6	13.0	24.8	0.0	21.3	19.7	0.2	2.0	38.7	0.9
1994	16.5	11.2	0.6	16.4	17.9	23.2	10.5	16.0	2.1	1.5	1.5	30.9	15.5	49.2	10.2	27.7	0.0	27.0	25.4	0.0	13.5	14.9	2.1
1995	11.4	9.3	2.9	11.5	15.1	30.5	61.9	3.0	2.0	1.8	3.0	17.1	22.3	54.4	15.5	29.2	0.0	22.3	28.8	0.4	3.8	12.2	0.7
1996	18.5	18.4	0.9	18.0	17.2	21.0	15.9	5.8	0.6	1.2	1.5	17.7	13.6	23.8	15.1	17.7	0.0	18.5	17.8	1.6	4.5	15.7	2.0
1997	25.4	10.2	1.2	12.1	15.7	19.5	17.5	2.8	1.0	5.1	2.8	24.8	9.5	18.3	14.5	24.2	0.0	18.9	18.1	0.7	4.9	15.1	4.6
1998	30.2	22.2	0.6	46.7	24.1	31.0	49.9	13.2	0.2	1.4	0.1	26.8	21.9	27.5	22.8	38.0	0.0	18.5	18.8	0.8	6.0	30.2	3.4
1999	23.8	22.1	0.8	39.5	15.5	18.4	24.8	6.5	3.8	0.4	6.1	22.6	19.8	28.3	11.2	20.9	0.0	26.5	28.4	3.2	14.7	19.6	2.3
2000	31.7	9.5	0.8	24.3	15.2	14.8	16.2	6.0	0.6	1.7	4.4	19.5	14.3	31.3	17.3	25.0	0.1	24.1	28.9	0.4	6.4	17.9	0.9
2001	21.5	14.1	1.7	18.9	17.4	16.5	19.0	5.2	0.4	0.3	5.4	26.2	16.2	45.6	18.9	22.6	3.3	18.6	23.5	0.0	8.0	13.5	2.7
2002	27.2	16.4	1.7	18.1	21.2	22.8	84.4	30.7	1.4	1.9	37.2	23.3	15.7	24.7	22.7	18.4	0.0	20.0	19.9	0.1	25.9	15.4	2.2
2003	22.9	25.5	0.7	24.4	18.3	29.3	38.9	2.8	2.2	1.2	5.2	21.5	19.5	17.6	20.6	23.3	0.0	23.2	26.6	0.0	16.8	14.0	2.1
2004	25.5	14.4	0.4	32.7	14.8	17.8	15.1	1.6	1.0	1.4	2.8	21.2	18.0	21.1	16.9	16.0	0.0	17.5	18.1	0.1	2.5	11.7	2.3
2005	12.1	11.7	0.8	15.8	16.3	15.6	19.7	1.2	1.0	1.5	36.6	16.5	21.5	19.3	12.1	18.1	0.7	13.7	23.4	2.3	1.5	18.0	2.7
2006	19.8	30.8	0.8	31.4	24.1	18.8	43.1	5.6	0.3	6.5	5.6	19.4	14.3	23.2	18.4	20.6	0.0	21.2	23.6	0.2	7.8	15.1	0.3
2007	15.7	27.8	1.1	21.7	18.6	26.3	29.0	7.7	0.7	1.0	9.1	23.6	16.6	27.5	17.2	21.2	0.4	53.0	24.4	0.8	4.1	10.5	0.9
2008	20.6	16.9	2.3	44.5	17.5	18.5	42.0	4.0	0.1	3.0	29.6	25.7	16.5	19.3	32.1	18.9	0.3	24.0	23.5	2.2	5.3	30.8	5.4
2009	40.5	19.3	2.5	15.0	18.7	19.5	20.8	8.0	2.0	1.0	1.1	27.9	23.1	26.2	17.6	20.8	0.2	19.2	22.7	6.1	11.2	38.0	1.1
Nº Datos	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
Promedio	22.7	16.5	1.7	27.5	21.5	22.5	29.3	7.5	1.3	2.3	7.9	28.0	18.0	33.3	17.2	25.4	0.4	22.7	23.1	0.9	11.3	29.1	2.1
Dev. Est.	8.6	6.0	1.4	16.8	5.6	5.7	15.2	5.4	0.9	2.6	9.8	10.8	6.5	12.4	5.8	6.7	0.8	7.2	5.7	1.4	9.2	16.3	1.6
Máxima	46.5	30.8	7.0	65.2	33.3	44.0	84.4	30.7	4.5	16.0	37.2	65.0	35.2	79.4	36.7	46.2	3.3	53.0	42.0	6.1	36.0	89.9	9.7
Mínima	9.8	6.3	0.3	6.5	10.6	13.0	8.7	1.2	0.1	0.3	0.1	16.5	7.8	17.6	7.1	16.0	0.0	10.9	10.0	0.0	0.4	5.8	0.0

Cuadro 19. En el cuadro se muestra la precipitación máxima en 24 horas (mm) – de las Estaciones meteorológicas de la cuenca del Río Rímac, principalmente tomar en cuenta la Estación Chosica, de la cual se viene estudiando

## CAPÍTULO VI: ANÁLISIS POBLACIONAL DE LAS QUEBRADAS EN ESTUDIO

El incremento de la población medido por la tasa de crecimiento promedio anual, indica que la población de la provincia de Lima ha presentado un crecimiento promedio anual para el periodo 1993 - 2007 de 2,0%, lo cual confirma la tendencia decreciente observada en los últimos 46 años. Entre los Censos de 1981 y 1993, el crecimiento de la población fue de 2,3% por año; este nivel fue mayor en el período intercensal 1972 - 1981 (3,9% anual). En el gráfico N°17 se puede observar la tendencia descrita anteriormente.

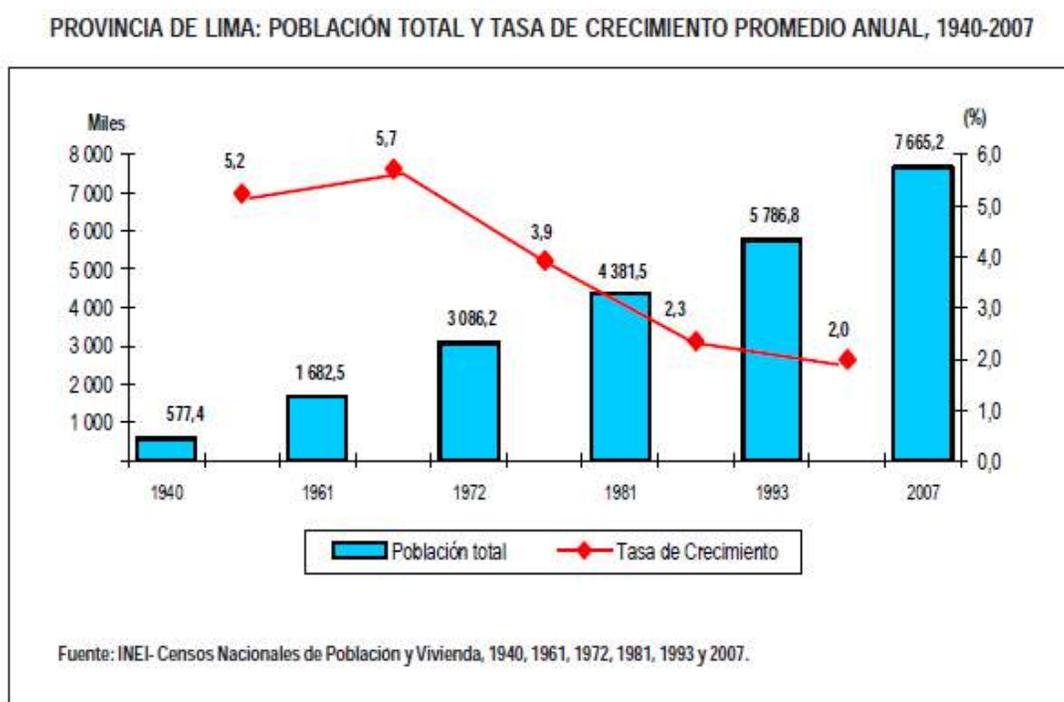


Gráfico 17. Población y tasa de crecimiento anual, 1940-2007

Esta tendencia declinante del ritmo de crecimiento poblacional, se explica fundamentalmente por la reducción de los niveles de fecundidad.

Por otra parte la población de Lima Metropolitana se concentra en gran porcentaje en los conos de la ciudad, el distrito de Lurigancho – Chosica se ubica en el cono Este y cuenta con una población de 169,359 habitantes (Fuente: INEI – Censo Nacional de Población y Vivienda 2007) cuya cantidad representa el 2.2% de la población de Lima, de acuerdo a una distribución por distritos. Además, con la información obtenida del censo del año de 1993 en donde la población de Lurigancho – Chosica fue de 100,240 habitantes, se puede obtener una tasa de crecimiento promedio anual de 3.7%, manteniendo este porcentaje constante entre el censo del año de 1981 hasta el censo del año de 1993.

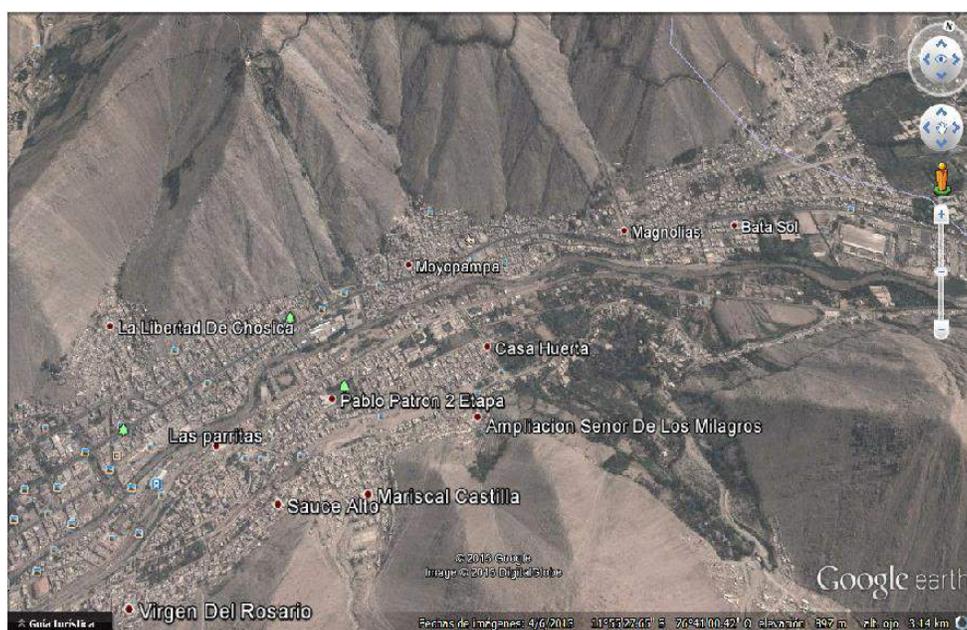


Figura 3. Población asentada en las quebradas de estudio



Figura 4. Plano de lotización quebrada Mariscal



Figura 5. Plano de lotización quebrada Juan Carossio



Figura 6. Plano de lotización quebrada La Libertad



Figura 7. Plano de lotización quebrada Corrales

La densidad poblacional, es un indicador que permite evaluar la concentración de la población de una determinada área geográfica, comprende el número de habitantes por kilómetro cuadrado, que se encuentra en una determinada extensión territorial. De acuerdo a la información obtenida en el Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2007, la densidad poblacional del distrito de Lurigancho – Chosica fue de 716.2 habitantes por kilómetro cuadrado. (ver Cuadro N°20)

Cuadro 20

Provincia de Lima: Superficie y Densidad de la Población Censada según Distrito, 1981, 1993 y 2007

Distrito	Superficie territorial		Densidad poblacional Hab./Km <sup>2</sup>		
	Km <sup>2</sup>	%	1981	1993	2007
Lima	21,98	0,8	16 884,5	15 487,8	13 625,7
Ancón	298,64	11,2	28,2	65,9	111,7
Ate	77,72	2,9	1 457,5	3 427,7	6 153,9
Barranco	3,33	0,1	13 957,4	12 210,2	10 181,1
Breña	3,22	0,1	34 906,2	27 941,9	25 437,6
Carabaylo	346,88	13,0	152,2	307,1	615,2
Chaclacayo	39,5	1,5	799,8	911,2	1 040,8
Chorrillos	38,94	1,5	3 643,6	5 572,7	7 369,7
Cieneguilla	240,33	9,0	18,9	37,4	111,2
Comas	48,75	1,8	5 944,7	8 294,4	9 989,3
El Agustino	12,54	0,5	10 306,6	12 282,9	14 375,0
Independencia	14,56	0,5	10 490,9	12 632,3	14 261,5
Jesús María	4,57	0,2	18 201,1	14 345,1	14 479,4
La Molina	65,75	2,5	223,0	1 189,9	2 015,2
La Victoria	8,74	0,3	30 980,9	25 956,2	22 050,8
Lince	3,03	0,1	26 553,1	20 771,6	18 231,7
Los Olivos	18,25	0,7	4 795,6	12 501,0	17 432,3
<b>Lurigancho</b>	<b>236,47</b>	<b>8,9</b>	<b>275,5</b>	<b>423,9</b>	<b>716,2</b>
Lurin	180,26	6,8	96,5	190,1	349,2
Magdalena del Mar	3,61	0,1	15 383,7	13 563,2	14 062,0
Magdalena Vieja	4,38	0,2	19 174,7	16 907,3	16 932,4
Miraflores	9,62	0,4	10 754,0	9 055,4	8 842,5
Pachacamac	160,23	6,0	42,3	123,9	427,1
Pucusana	31,66	1,2	129,6	133,7	335,8
Puente Piedra	71,18	2,7	476,6	1 444,3	3 281,8
Punta Hermosa	119,5	4,5	8,5	27,5	48,2
Punta Negra	130,5	4,9	4,2	18,2	40,5
Rimac	11,87	0,4	15 542,0	15 984,5	14 841,5
San Bartolo	45,01	1,7	64,7	73,4	129,1
San Borja	9,96	0,4	5 655,3	10 034,8	10 549,8
San Isidro	11,1	0,4	6 224,9	5 676,0	5 230,3
San Juan de Lurigancho	131,25	4,9	1 976,3	4 441,7	6 845,3
San Juan de Miraflores	23,98	0,9	6 912,6	11 816,1	15 122,7
San Luis	3,49	0,1	14 515,5	14 014,0	15 654,4
San Martín de Porres	36,91	1,4	8 008,3	10 305,7	15 702,0
San Miguel	10,72	0,4	9 255,7	10 959,7	12 043,6
Santa Anita	10,69	0,4	6 618,6	11 100,0	17 269,8
Santa María del Mar	9,81	0,4	9,8	18,5	77,6
Santa Rosa	21,5	0,8	22,9	181,5	507,1
Santiago de Surco	34,75	1,3	4 023,0	5 776,5	8 333,7

Fuente: INEI. Censos Nacionales de Población y Vivienda 1981, 1993 y 2007

Nuestro trabajo se centra en las quebradas Mariscal, Corrales, Juan Carossio y La Libertad, ubicadas en la ciudad de Chosica. Determinaremos la población del distrito en el año 2013, para ello utilizaremos dos métodos de calcular la población en un año determinado.

Estos métodos se explican a continuación:

Método aritmético. Se aplica cuando la población se encuentra en el rango de crecimiento o franco crecimiento para obtener los datos de población futura.

$$P_f = P_a + r(t_f - t_o) \dots (1)$$

$$r = (P_{(i+1)} - P_i) / (t_{(i+1)} - t_i) \dots (2)$$

Donde.

$P_f$  = Población futura

$P_a$  = Población actual

$r$  = Tasa de crecimiento

$t_f$  = Tiempo final

$t_o$  = Tiempo inicial

Calculando.

Con la información obtenida en el censo del año 1993 y 2007. Procedemos a calcular la razón de la tasa de crecimiento con la expresión 2, con este resultado empleamos la expresión 1 y obtenemos la cantidad de habitantes para el año 2013.

Año	Población censada	$t_{i+1} - t_i$	$P_{i+1} - P_i$	$r$
1993	100240	14	69119	4937.07
2007	169359			

$$r = 69119/14 = 4937.07$$

$$P_{(f2013=)} = 169359 + 4937.07 \times (2013-2007) = 198,981 \text{ habitantes}$$

Método interés simple. Se aplica cuando la población está en franco crecimiento con tendencia a la saturación

$$P_f = P_a (1 + r(t_f - t_o)) \dots (3)$$

$$r = (P_{(i+1)} - P_i) / ((P_i(t)_{(i+1)} - t_i)) \dots (4)$$

Donde.

$P_f$  = Población futura

$P_a$  = Población actual

$r$  = Tasa de crecimiento

$t_f$  = Tiempo final

$t_o$  = Tiempo inicial

Calculando.

Con la información obtenida en el censo del año 1993 y 2007. Procedemos a calcular la razón de la tasa de crecimiento con la expresión 2, con este resultado empleamos la expresión 1 y obtenemos la cantidad de habitantes para el año 2013.

Año	Población censada	$t_{i+1}-t_i$	$P_{i+1}-P_i$	r
1993	100240	14	69119	0.0493
2007	169359			

$$r = 69119 / 69119 \times 14 = 0.0493$$

$$P_{f2013} = 169359 \times (1 + 0.0493 (2013 - 2007)) = 219,407 \text{ habitantes}$$

Por tanto la población para el año 2013 en promedio sería la semisuma de los resultados de estos dos métodos, entonces la población de Chosica es 209,194 habitantes.

## 6.1 Quebrada Mariscal

### 6.1.1 Cantidad de lotes según el tipo de construcción.

Las viviendas en la comunidad de Mariscal están construidas en base a muros de Ladrillo siendo este material usado en un 97% de las construcciones totales, el adobe es empleado en un 3% de las construcciones de un total de 231 viviendas empadronadas.

### 6.1.2 Cantidad de lotes según el número de pisos.

Solo se ubicó una vivienda de 4 pisos construida con material noble (muros de ladrillo), 3 viviendas con 3 niveles cuyo material de construcción, también son los muros de ladrillo, 212 viviendas de dos niveles y 12 viviendas de un nivel cuya característica es que son con construidos con muros de adobe y ladrillo.

### 6.1.3 Cantidad de lotes en riesgo

Clasificación de la vulnerabilidad de los mismos. Presentado en un mapa temático

## **6.2 Quebrada Juan Carossio**

### **6.2.1 Cantidad de lotes según el tipo de construcción.**

Las viviendas en la comunidad de Juan Carossio están construidas en base a muros de Ladrillo siendo este material usado en un 96.5% de las construcciones totales, el adobe es empleado en un 3.5% de las construcciones de un total de 113 viviendas empadronadas.

### **6.2.2 Cantidad de lotes según el número de pisos.**

No se ubicó viviendas de 4 pisos, tampoco viviendas con 3 niveles; se censo 109 viviendas de dos niveles construidas con muros de ladrillo y 4 viviendas de un nivel construidas a base de adobe.

## **6.3 Quebrada La Libertad**

### **6.3.1 Cantidad de lotes según el tipo de construcción.**

Las viviendas en la comunidad de La Libertad están construidas en base a muros de Ladrillo siendo este material usado en un 96.2% de las construcciones totales, el adobe es empleado en un 3.8% de las construcciones de un total de 318 viviendas empadronadas.

### **6.3.2 Cantidad de lotes según el número de pisos.**

No se ubicó viviendas de 4 pisos, La cantidad de viviendas con 3 niveles son 7, construidas en base de muros de ladrillo; se empadrono 299 viviendas de dos niveles construidas con muros de ladrillo y 12 viviendas de un nivel construidas a base de adobe.

## **6.4 Quebrada Corrales**

### **6.4.1 Cantidad de lotes según el tipo de construcción.**

Las viviendas en la comunidad de Corrales (urbanización Rayos del Sol) están construidas en base a muros de Ladrillo siendo este material usado en un 100% con un total de 160 viviendas empadronadas.

### **6.4.2 Cantidad de lotes según el número de pisos.**

Las viviendas construidas son de 2 niveles, en esta zona existen terrenos usados como depósitos o cocheras que no se están tomando en cuenta como viviendas, ya que son habitadas ocasionalmente.

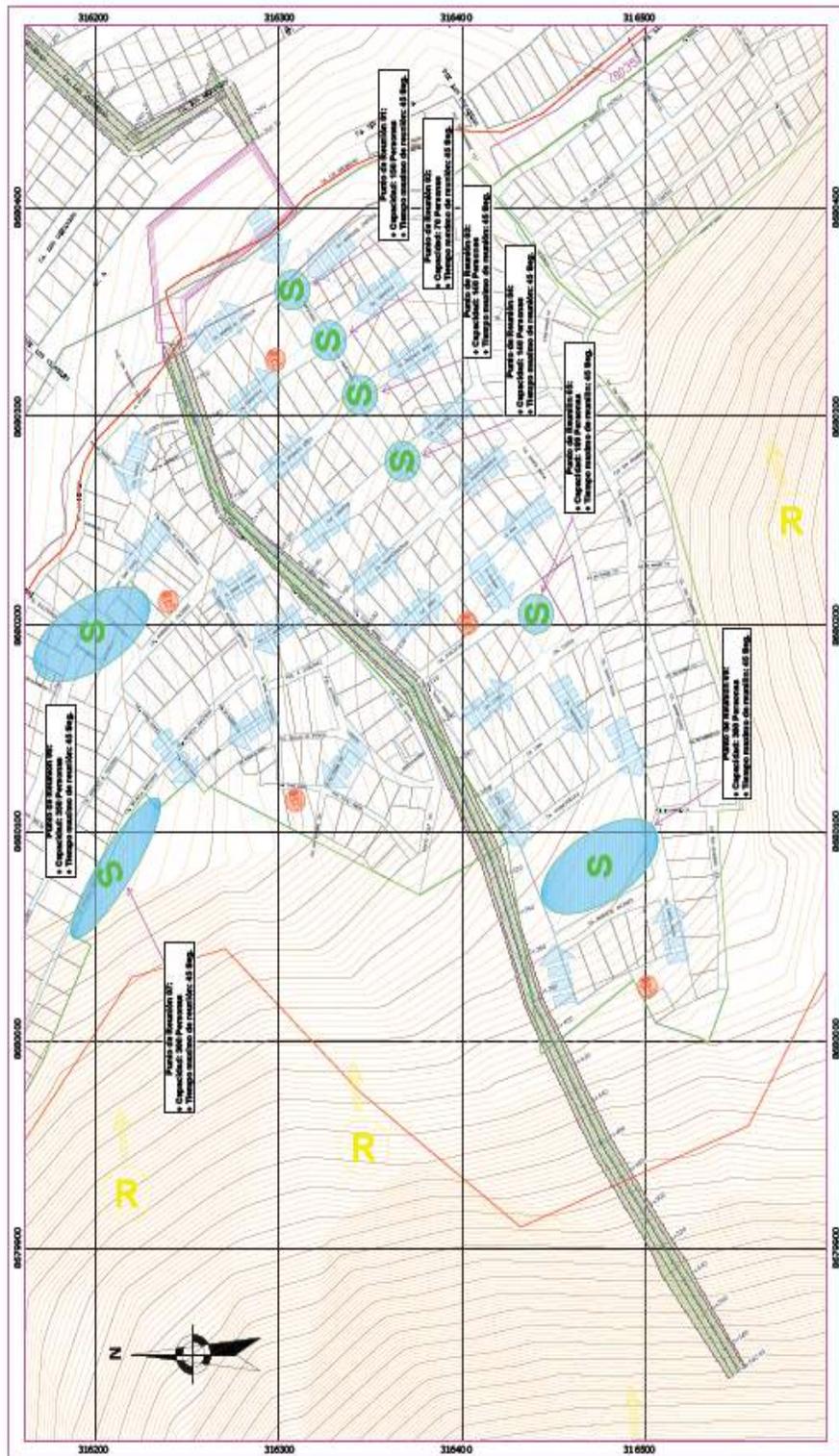
# Capítulo VII: DESARROLLO DE MAPAS TEMÁTICOS DE LAS ZONAS VULNERABLES EN LAS QUEBRADAS SECAS EN CHOSICA.

## **7.1 Mapas temáticos Quebrada Mariscal:**

### **7.1.1 Mapa temático sobre rutas de evacuación.**

En este mapa temático detallamos las rutas de evacuación hacia zonas elevadas y que estén fuera de la influencia inicial de los deslizamientos, estas rutas llevan hacia puntos de concentración, cuya simbología en el plano esta demarcado de color verde con una letra S, cabe señalar que estos puntos de reunión cuenta con una cierta capacidad de personas, como se detalla en el mapa temático. También se puede apreciar un símbolo en forma de megáfono de color rojo, este símbolo indica la ubicación de las alarmas sonoras que servirán como un primer sistema de aviso de evacuación ante el inicio del fenómeno, se ubican 5 alarmas apostadas en viviendas cuya ubicación hace posible que todos los habitantes puedan escuchar el aviso de evacuación.

Presentamos el Mapa temático en la siguiente hoja

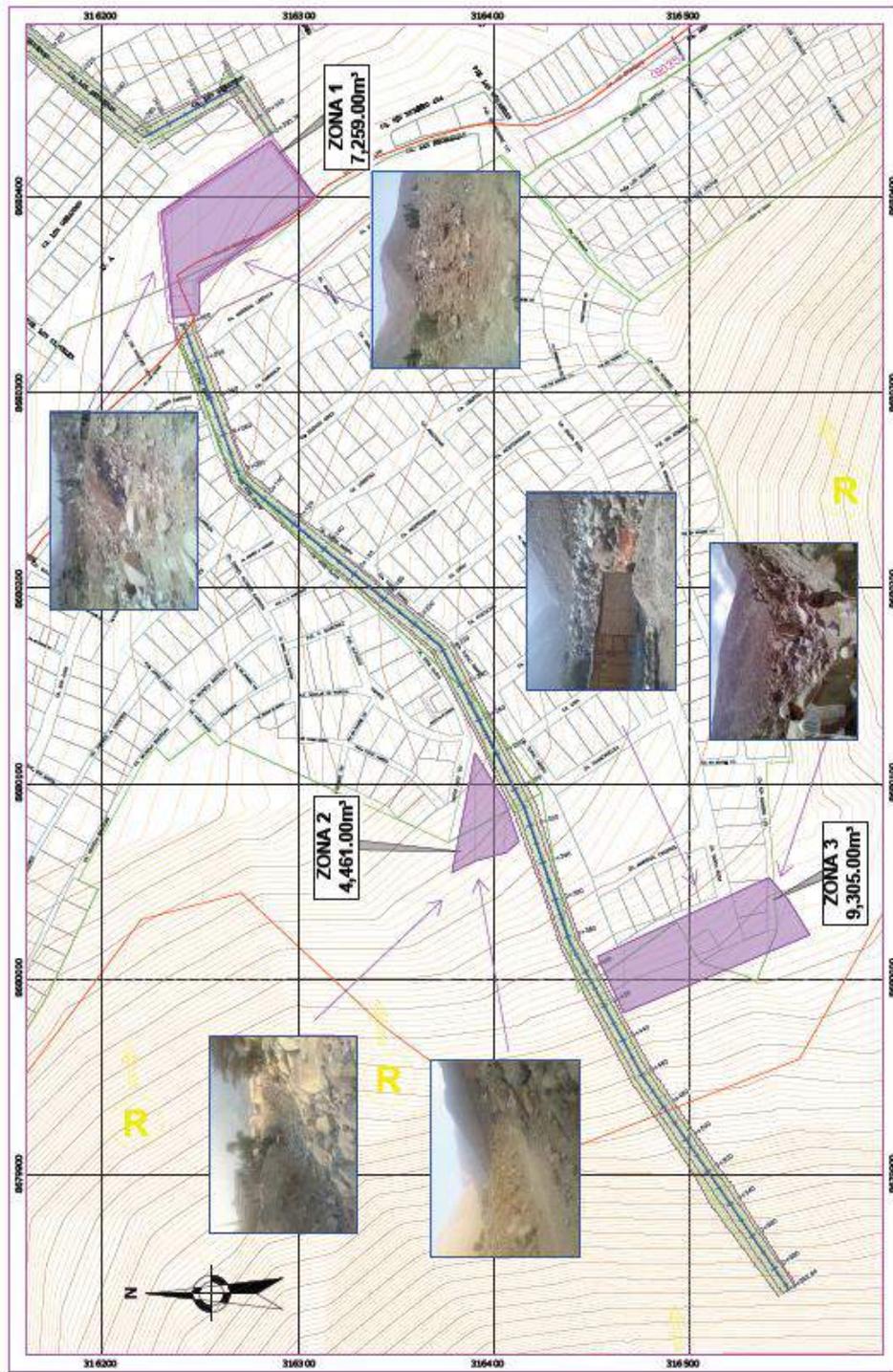


<p><b>PROYECTO DE TESIS: INFLUENCIA DE LA GEOTECNIA EN LA VULNERABILIDAD DE LAS QUEBRADAS SECAS EN CHOSICA</b></p> <p><b>PLANO: RUTAS DE EVACUACIÓN</b></p> <p><b>TESISTAS: BACH. DIANA CANALES RIVAS</b></p> <p><b>BACH. YASSER CORNEJO FALCON</b></p>		<p>Lámina 01</p>
<p>ESCALA GRÁFICA</p>		
<p><b>LEYENDA</b></p> <p><b>Simbología convencional</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Límite de Lote</li> <li>— Río de Cauze</li> </ul>	<p><b>Simbología Símbolos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Punto de Reunión</li> <li>● Desplazamiento de rocas</li> <li>● Alarma Sonora</li> <li>● Punto de Reunión</li> <li>— Ruta de Evacuación</li> </ul>	

### **7.1.2 Mapa temático sobre acumulación de detritos o de material depositado en eventos pasados.**

En este mapa temático mostramos los lugares donde se encuentran acumulados material coluvial, resultado de eventos pasados y que no fueron removidos. Mostramos tres zonas importantes por el volumen depositado. Del mapa temático mostrado hay que resaltar que la mayor cantidad se ubica en la zona media de la quebrada, esto debido a que por años no se ha limpiado esta área.

Presentamos en la siguiente hoja el detalle del mapa temático en mención.



	<b>PROYECTO DE TESIS: INFLUENCIA DE LA GEOTECNIA EN LA VULNERABILIDAD DE LAS QUEBRADAS SECAS EN CHOSICA</b>	
	<b>PLANO: ACUMULACIÓN DE DETRITOS</b>	
<b>TESISTAS: BACH. DIANA CANALES RIVAS</b>		<b>Lámina 02</b>
<b>BACH. YASSER CORNEJO FALCON</b>		

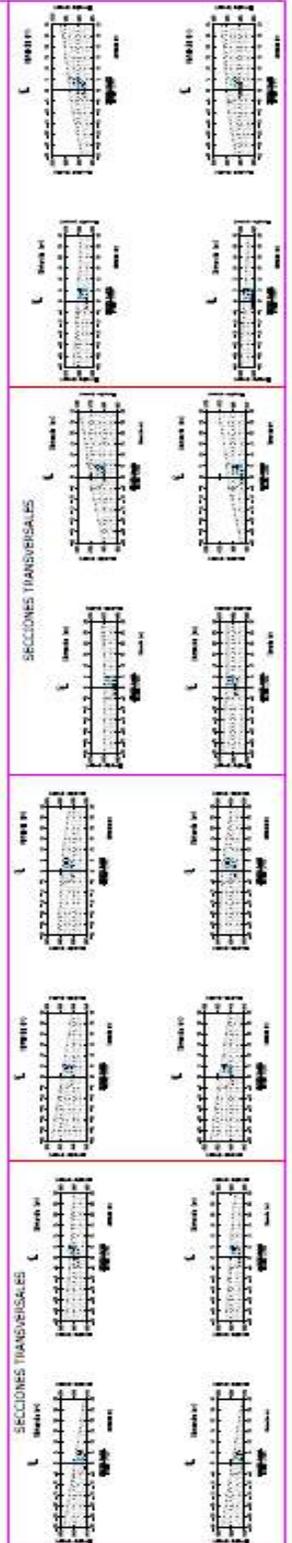
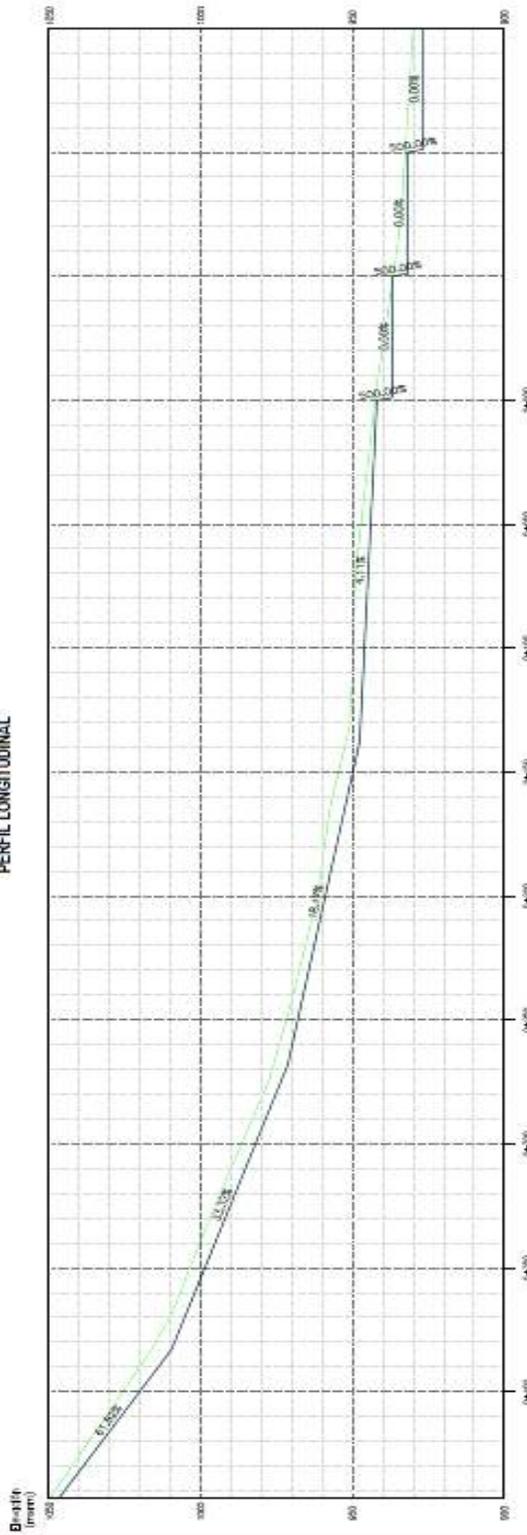
<b>LEYENDA</b> Simbología convencional Límite de Lote Eje de Cauce	Simbología Situal Despejamiento de rocas Acumulación de Detritos	ESCALA GRAFICA 0 200 400 600 800 1000 Meters
---	--	--

### **7.1.3 Mapa temático del perfil longitudinal de la quebrada.**

En este mapa mostramos la pendiente de la quebrada, con un porcentaje de 61% en la zona más alta, esto combinado con la inestabilidad del suelo cuando esta saturado, pues se demostró con el presente trabajo que el suelo de la quebrada es permeable, adicionando a esta condición desfavorable el hecho de que el ángulo de fricción es menor que el ángulo que desarrolla la pendiente, se pueda producir deslizamientos del material depositado en la quebrada fácilmente en épocas de lluvias

Mostramos a continuación el detalle del mapa temático relacionado al perfil longitudinal de la quebrada El Mariscal.

PERFIL LONGITUDINAL



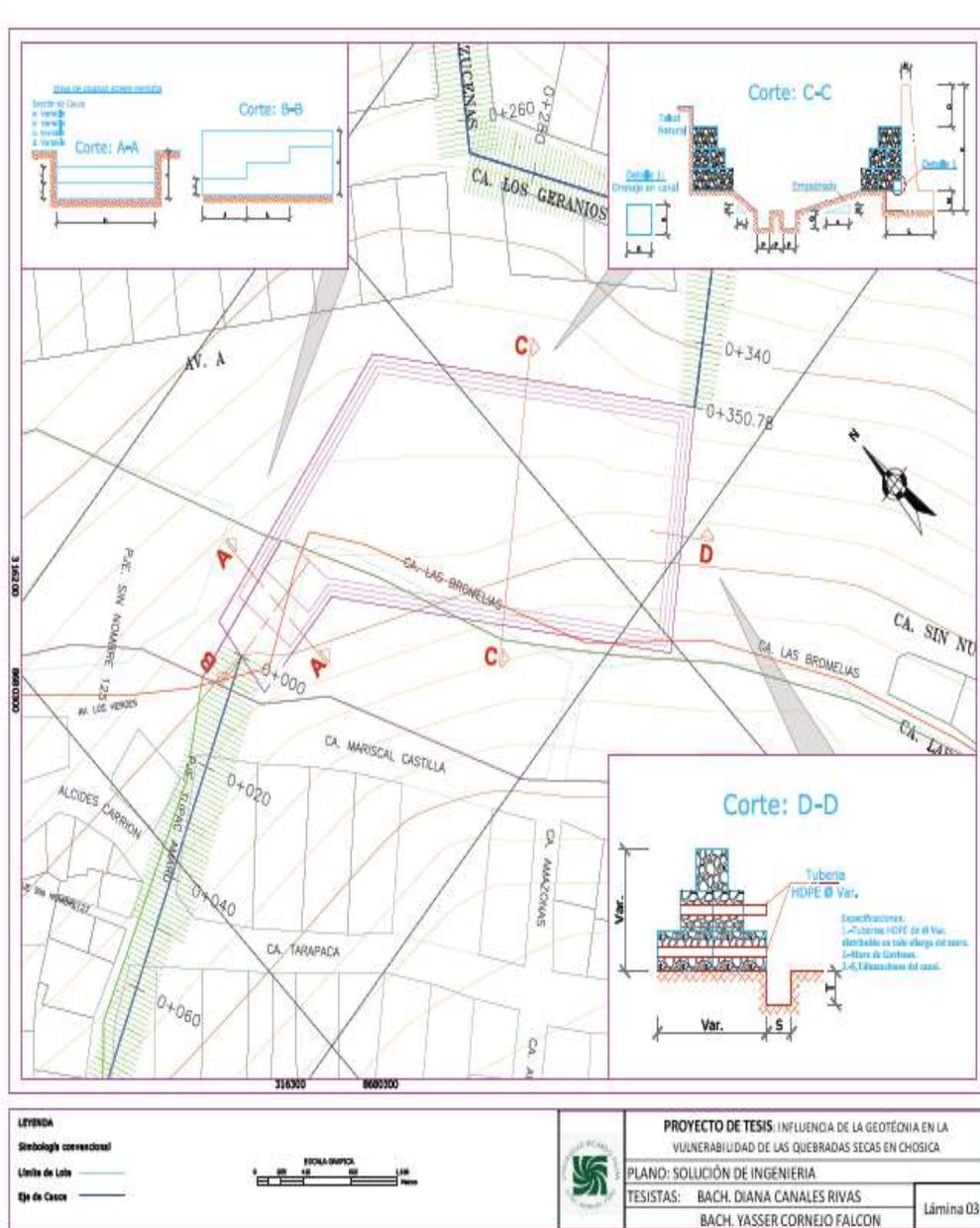
LEYENDA  
 TERRENO   
 PERFIL PROYECTADO




**PROYECTO DE TESIS: INFLUENCIA DE LA GEOTECNIA EN LA**  
**PLANO: SECCIONES TRANSVERSALES Y PERFIL LONGITUDINAL**  
**TESISTAS: BACH. DIANA CANALES RIVAS**  
 BACH. YASSER CORNEJO FALCON Lamina 04

## 7.1.4 Mapa temático de la solución de Ingeniería

En este último mapa temático mostramos la solución de ingeniería presentada y explicada líneas arriba.



# CAPITULO VIII: CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y RESUMEN

## 8.1 Conclusiones

- El valor de permeabilidad obtenida es de  $8 \times 10^{-4}$  de acuerdo al rango de valores de K (fuente: CISMID, Jorge Alva), el suelo de la quebrada El Mariscal tiene buen drenaje, por tanto es un suelo permeable, esto originaría que el suelo se sature por acción de las precipitaciones y origine un deslizamiento “huayco”.
- De las dos muestras obtenidas se desprende el valor de CBR siendo para la muestra M1 83% y para la muestra M2 80%, por tanto ambos suelos son de buena calidad y de buena resistencia, por tanto con estos resultados podríamos indicar que se pueden realizar obras de ingeniería como: diques, muros de contención, etc.
- El ángulo de fricción obtenido es de  $38.04^\circ$ , este ángulo de reposo es bajo, pues al depositarse más material proveniente de la desintegración de las rocas aumentarían el ángulo de reposo, esto provocaría que el material deslice.
- La población asentada en el cauce natural y en el cono de eyección natural de la quebrada incrementa la vulnerabilidad y el riesgo originando un peligro eminente en la población que habitan esta zona. Pues se mostró que existe un índice de vulnerabilidad del 80% frente a un eventual deslizamiento.
- Existe 494 viviendas establecidas en zonas de la quebrada con pendiente entre 20% a 45%, con ello aumenta el riesgo y el peligro de las personas que habitan estas zonas, ante un eventual deslizamiento de lodo y piedra, pues se incrementaría la energía cinética de la masa de lodo y con ello la destrucción de las viviendas asentadas en este lugar.
- Se dan dos soluciones al encauce del huayco las cuales son: Muro de Contención y Gavión.

- La represa de contención evitará que el huayco dañe las casas de la calle Los Geranios, al contener el material y filtrar tan sólo el agua y llevarla por canales hasta el río.

## **8.2 Recomendaciones**

- En el presente trabajo se desarrolló un plan de evacuación ante una eventual activación de la quebrada, este plan de evacuación se debe implementar desarrollando simulacros ante un eventual huayco, con ellos se prepara a la población.
- Se debe realizar un plan de urbanización, en donde se debe restringir el incremento de la población en las quebradas. Del mismo modo a los pobladores asentados en los cauces de las quebradas, reubicarlos en zonas más seguras.
- Se debe tener un plan de contingencia, a nivel distrital, después de que ocurra el evento, este plan debe involucrar: zonas de albergue de los damnificados, maquinaria pesada en stand by en épocas de lluvia, para que se pueda liberar los accesos a las zonas afectadas, capacitación en primeros auxilios a dirigentes o voluntarios por grupos de viviendas.
- Se recomienda el uso del gavión ya que brinda protección ante la socavación, además de ellos son rellenas de piedra y se integran fácilmente al medio ambiente disminuyendo el impacto ambiental.
- Después de un huayco, se recomienda realizar limpieza a la zona y a la represa de contención para que esté operativa para el próximo evento.
- Existen tres zonas de acumulación de detritos las cuales deben señalizarse.

## **8.3 Resumen**

La ciudad de Chosica se ubica en el valle del río Rímac en el kilómetro 32 de la Carretera Central, está rodeada de cerros en cuyas laderas se deposita material coluvial propio de la desintegración mecánica de las rocas, este material es inestable al ser saturado, es por esa razón que en épocas de lluvias se producen movimientos de masas denominados “huaycos”, por otro lado el crecimiento desordenado de la ciudad aumenta el grado de

vulnerabilidad de la misma ante este evento natural, pues en estos últimos años la población ha ocupado los conos de eyección e inclusive los cauces naturales de las quebradas.

Los aludes, flujos de escombros, lodo y grandes movimientos de masas que en el Perú se les llama “huaycos” que como fluido de rocas y suelo se desplazan a través de quebradas de régimen seco, se les describe también como un meteorismo intenso sobre las masas de roca, lo que acentúa y activa la fragmentación, descomposición, así como la infiltración de agua que hace que estos materiales sean movilizados pendiente abajo ocasionando inestabilidad superficial y en algunos casos profunda, y en cierta época del año sufren grandes precipitaciones pluviales en forma intermitente y presentan pendientes empinadas y escasa vegetación.

Este es el caso de las quebradas en Chosica, que son ocupadas por los pobladores de la zona, en los últimos 40 años han ido asentando sus viviendas en los cauces naturales de la gran mayoría de quebradas que conforman este distrito de Lima, esto combinado con la poca estabilidad del suelo, que es material coluvial no consolidado y que en aumento del agua entre sus partículas disminuye las propiedades de resistencia al cortante, específicamente la fricción interna se pierde y el material empieza a moverse o deslizarse siguiendo la pendiente de las quebradas, poniendo en riesgo a los pobladores asentados en la trayectoria del flujo de lodo y piedras y en consecuencia su inminente peligro. Estos acontecimientos se desarrollan sobre manera entre los meses de diciembre a marzo que es el periodo de mayores precipitaciones en dicha zona.

El área de estudio se centra en la quebrada de El Mariscal, la información obtenida, los resultados del análisis y estudio de la quebrada, como las soluciones serán extrapoladas a las quebradas: Juan Carossio, La Libertad y Corrales. Estas quebradas comparten el hecho de que su cauce natural es ocupado por habitantes de la zona, aumentando de esta manera el grado de vulnerabilidad y peligro de sus habitantes.

Nuestro estudio tiene como objetivo determinar los parámetros geotécnicos del material coluvial depositado en las laderas de los cerros al ser saturado por las lluvias, a partir de esto plantear soluciones para minimizar el impacto de los deslizamientos de estos movimientos de masa de lodo y piedra.

La metodología aplicada para la presente tesis es la revisión de toda la información relacionada a estos deslizamientos, para ello se ha realizado trabajos de campo que incluye información hidrológica, topográfica, geológica, geotécnica, estadística y otras. Luego se obtuvo muestras de material de la quebrada El Mariscal por medio de calicatas para poder realizar los ensayos correspondientes y así determinar los parámetros del suelo que son afectados por el agua de escorrentía o flujos por precipitaciones extraordinarias. Con toda la información obtenida se procedió al análisis de los resultados y con ello plantear soluciones al problema de los “huaycos” materia de esta tesis.

Este trabajo, en los dos primeros capítulos, describiremos los objetivos principales de la presente investigación, así como también la ubicación de la zona de estudio y problemática de las quebradas al ser ocupadas por asentamientos humanos. Además, se presentan los planos topográficos de las quebradas en estudio y los planos de lotización de los asentamientos humanos establecidos en dichas quebradas.

En el tercer capítulo se desarrollan los temas de geotecnia, se muestra el procedimiento de muestreo del suelo por medio de calicatas, se describen las características del suelo obtenido en las muestras extraídas, además se presentan las características geológicas de las zonas en estudio.

Con las muestras obtenidas por medio de las calicatas, en el cuarto capítulo se desarrollan los ensayos en laboratorio con los cuales se determinarán las propiedades mecánicas del suelo, permeabilidad del suelo, esfuerzos del suelo y esfuerzos cortantes del suelo.

En el capítulo quinto se desarrollará el análisis hidrológico de la zona en estudio, es indispensable realizar un análisis de la climatología, hidrología y drenaje de la ciudad de Chosica, pues las precipitaciones que caen en la zona es una de las causas principales de la ocurrencia de deslizamientos de lodo y piedra o “huaycos”.

Consecuentemente, en el sexto capítulo se desarrollará el análisis poblacional de las quebradas en estudio. Se realizará un censo de las viviendas según el material empleado para su construcción, el número de pisos de las viviendas y la ubicación referente a la quebrada en la cual están asentadas.

En el último capítulo se presentan las zonas en alto riesgo mediante mapas temáticos originados en el Software Autocad Civil 3D, el cual será el producto de la investigación de esta tesis.

## ANEXOS

## PANEL FOTOGRÁFICO



Foto 35. Vista de la parte media de la quebrada El Mariscal



Foto 36. Viviendas asentadas a orillas del cauce de la quebrada



Foto 37. Falta de muro de contención



Foto 38. Cauce de la quebrada EL Mariscal



Foto 39. Viviendas asentadas que quitan área al cauce natural de la quebrada



Foto 40. Material depositado en el cauce natural



Foto 41. Parte del cauce de la quebrada sin muros de contención



Foto 42. Invasión de la quebrada con materiales de construcción



Foto 43. Acumulación de material depositado por años



Foto 44. Desmonte acumulado en cauce natural de la quebrada



Foto 45. Invasión del cauce natural de la quebrada, reduciendo su área



Foto 46. Calles aledañas al cauce de la quebrada que pueda ser usada como ruta de evacuación



Foto 47. Viviendas asentadas a orillas del río Rímac



Foto 48. Viviendas invadiendo gran parte del cauce de la quebrada Mariscal



Foto 49. Vista del puente colgante que fue destruido en el año 1998 por incremento del caudal del río Rímac



Foto 50. Sección del río Rímac reducida por viviendas asentadas en su orilla



Foto 51. Al fondo se aprecia la estación Chosica, encargada de monitorear el incremento del caudal del río Rímac



Foto 52. Material inestable depositado en la ladera lateral de la quebrada Mariscal



Foto 53. Viviendas en alto riesgo al ser ubicadas a orillas del río



Foto 54. Nuevo muro de contención construido luego del desborde del río en el año 1998

FOTOS DEL ÚLTIMO HUAYCO REPORTADO 06 DE  
ABRIL 2012  
QUEBRADA MARISCAL



Foto 55. Foto Quebrada Mariscal



Foto 56. Foto Quebrada Mariscal



Foto 57. Foto Quebrada Mariscal



Foto 58. Foto Quebrada Mariscal



Foto 59. Foto Quebrada Mariscal



Foto 60. Foto Quebrada Mariscal



Foto 61. Foto Quebrada Mariscal



Foto 62. Foto Quebrada Mariscal



Foto 63. Foto Quebrada Mariscal



Foto 64. Foto Quebrada Mariscal



Foto 65. Foto Quebrada Mariscal



Foto 66. Foto Quebrada Mariscal



Foto 67. Foto Quebrada Mariscal

# JUAN CAROSSIO



Foto 68. Foto Quebrada Juan Carossio



Foto 69. Foto Quebrada Juan Carossio



Foto 70. Foto Quebrada Juan Carossio



Foto 71. Foto Quebrada Juan Carossio



Foto 72. Foto Quebrada Juan Carossio



Foto 73. Foto Quebrada Juan Carossio



Foto 74. Foto Quebrada Juan Carossio



Foto 75. Foto Quebrada Juan Carossio



Foto 76. Foto Quebrada Juan Carossio



Foto 77. Foto Quebrada Juan Carossio



Foto 78. Foto Quebrada Juan Carossio



Foto 79. Foto Quebrada Juan Carossio



Foto 80. Foto Quebrada Juan Carossio



Foto 81. Foto Quebrada Juan Carossio



Foto 82. Foto Quebrada Juan Carossio



Foto 83. Foto Quebrada Juan Carossio

## QUEBRADA QUIRIO



Foto 84. Foto Quebrada Quirio



Foto 85. Foto Quebrada Quirio



Foto 86. Foto Quebrada Quirio



Foto 87. Foto Quebrada Quirio

## BIBLIOGRAFÍA

- Boletín N° 43 Geología de los cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica hojas 25-l, 25-j, 24-i, 24-j; Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, setiembre 1992.
- Índice de Cartas Geológicas, [http://www.ingemmet.gob.pe/publicaciones/serie\\_a/mapas/indice.htm](http://www.ingemmet.gob.pe/publicaciones/serie_a/mapas/indice.htm), cuadrangular 24-j Chosica.
- CEES VAN WESTEN, Introducción a los deslizamientos: Tipos y causas, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, UNESCO, 2005.
- OSCAR PALACIOS, JULIO CALDAS, CHURCHIL VELA, Geología de los cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica, Instituto Geológico Minero y metalúrgico, Lima, 1992.
- INEI, Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda, Lima, 2007.
- INDECI, Mapa de riesgos y plan de usos del suelo y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Chosica, Lima, 2005.
- SENAMHI, Comportamiento del año hidrológico 2007/2008 Cuenca de los ríos Rímac-Chillón-Lurín, Lima, 2008.
- JENNY VASQUEZ ACUÑA, Movimientos en masa en la quebrada Canto Grande, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 2009.
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA, Estudio Hidrológico y Ubicación de la red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac, Ministerio de Agricultura, Lima, 2010.
- ALBERTO MARTINEZ VARGAS, Propuesta para las cimentaciones en suelos aluvionales, Lima, 1996.
- EUROGEOTECNICA, Estudio de corrientes de derrubios para el dimensionamiento de protecciones en la quebrada Carossio, Moyopampa-Chosica, Lima, 2012.
- WILLIAM LAMBE, Mecánica de suelos, Instituto Tecnológico de Massachusetts, Editorial LIMUSA, México, 2001.
- BRAJA M. DAS, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Editorial Thomson Learning, México, 2001.

- Documentos catastrales actualizados - Municipalidad Distrital de Lurigancho-Chosica. 2013
- WOLFRANG GRIEM, académico de la Universidad de Atacama, Apuntes de geología Estructural, geovirtual.cl. 1999.
- Documentos catastrales actualizados - Municipalidad Distrital de Lurigancho-Chosica.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, boletines, datos y parámetros asociados a eventos de geodinámica externa, en las quebradas secas de Chosica, 2011.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Wolfgang Griem, académico de la Universidad de Atacama (1999), Apuntes de geología Estructural, geovirtual.cl
- W.Griem & S.Griem-Klee (1999, 2003 El sistema binario de los feldespatos / La secuencia magmática / Fase pegmatítica / Fase hidrotermal / contaminación / ambiente geotectónico ) geovirtual.cl
- National Science Foundation, Comprehensive Planning for Tsunami Hazard Areas. Prepared by Urban Regional Research (1988). FUENTES DE EVALUACION DE TSUNAMIS y EL DISEÑO DE MEDIDAS DE MITIGACION.