

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**T E S I S**

**Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del Distrito de Yanahuanca, Provincia Daniel Alcides Carrión – Pasco**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

**Bach. Maireth Helen RARAZ JANAMPA**

**Asesor:**

**Ing. Pául Mirko RODRIGUEZ ROJAS**

**Cerro de Pasco - Perú - 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**T E S I S**

**Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del Distrito de Yanahuanca, Provincia Daniel Alcides Carrión – Pasco**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL  
PRESIDENTE

---

Mg. Saturnino Eleuterio FLORES COAGUILA  
MIEMBRO

---

Mg. Pedro YARASCA CORDOVA  
MIEMBRO



**Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Unidad de Investigación**

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 073-2024-UNDAC/UIFI**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión – Pasco**

Apellidos y nombres de los tesistas:

**Bach. RARAZ JANAMPA, Maireth Helen**

Apellidos y nombres del Asesor:

**Ing. RODRIGUEZ ROJAS, Pául Mirko**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería Civil**

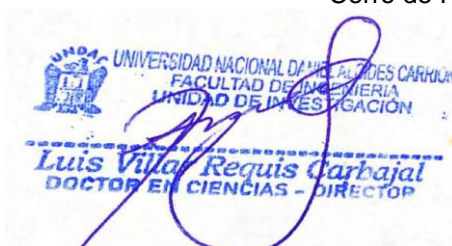
Índice de Similitud

**15 %**

**APROBADO**

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 29 de febrero del 2024

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
**Luis Villar Requís Carbajal**  
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

**“Y todo lo que hacéis, sea de palabra o de hecho, hacedlo todo en el nombre del Señor Jesús, dando gracias a Dios Padre por medio de él.”**

**Colosenses 3:17**

**DEDICATORIA:**

Dedico esta tesis a DIOS por ser mi mayor ejemplo y fuente de inspiración, de modo de hacer cada proyecto como para él, con esfuerzo, humildad y honestidad.

Dedico esta tesis a mi familia, quienes me apoyan constantemente en el cumplimiento de mis metas procurando siempre mi felicidad; a mi amado esposo Jamerli, a mis padres Gines y Daria, a mi hermano Wilber y en especial, a la mejor hermana que pudo regalarme el Todopoderoso y que ahora está con Él, Rosita.

**“Más gracias sean dadas a Dios, que nos da la victoria por medio de nuestro Señor Jesucristo.”**

**1 Corintios 15:57**

**AGRADECIMIENTO:**

En primera instancia agradezco a Dios por haberme cuidado y guiado en todo tiempo, sean estos buenos o malos siempre ha sido fiel.

Agradezco a mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión por sus conocimientos compartidos.

Agradezco al Dr. Rommel López Alvarado, Vicerrector de Investigación UNDAC, por el apoyo con el convenio realizado con CONIDA para el cumplimiento de la tesis.

Agradezco el apoyo al Ing. Justo Girón Ponce por el acceso a imágenes satelitales proporcionadas por el CONIDA.

## RESUMEN

La presente tesis tiene como propósito conocer el comportamiento de los probables flujos de escombros a suscitarse en tres quebradas de la zona de Yanahuanca, a partir de la estimación del volumen de agua máxima que discurren por dichas quebradas producto de lluvias máximas, para lo cual se formuló como objetivo principal: Determinar la influencia del volumen de descarga máxima de agua en el comportamiento de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, en la Provincia Daniel Alcides Carrión, Región Pasco. La investigación es de Tipo Aplicada, con un alcance o nivel correlacional y enfoque cuantitativo, ya que emplea la estadística, ecuaciones empíricas y modelamientos matemáticos computacionales, en este caso, RAMMS: Debris flow. En la presente investigación el comportamiento de los flujos de escombros se ha de expresar mediante sus propiedades: Tirante, velocidad y presión de impacto; de los cuales como resultados se encontró, un coeficiente de correlación de 0.931 entre el volumen de agua de descarga y el tirante del flujo de escombros, un coeficiente de correlación de 0.906 entre el volumen de agua de descarga y la velocidad del flujo de escombros y, un coeficiente de correlación de 0.923 entre el volumen de agua de descarga y la presión de impacto del flujo de escombros. Finalmente se concluye que: Existe una relación directa y significativa entre el volumen de descarga máxima de agua y el comportamiento de los de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca.

**Palabras Clave:** Flujos de escombros, huaycos, lluvias máximas, sedimentos, quebradas.

## ABSTRACT

The purpose of this thesis is to know the behavior of the probable debris flows to arise in three basin in the Yanahuanca area, based on the estimation of the maximum volume of water that flows through these basin as a result of maximum rains, for which it is The main objective was: To determine the influence of the maximum water discharge volume on the behavior of the probable debris flows to arise in the Chaquipa, Maranchacra and Machgyacu basin of the Yanahuanca district, in the Daniel Alcides Carrión Province, Pasco Region. The research is of the Applied Type, with a causal correlational scope and a quantitative approach, since it uses statistics, empirical equations and computational mathematical modeling, in this case, RAMMS: Debris flow. In the present investigation, the behavior of the debris flows has to be expressed through its properties: Tie, speed and impact pressure; of which, as results, a correlation coefficient of 0.931 was found between the volume of discharge water and the debris flow strut, a correlation coefficient of 0.906 between the volume of discharge water and the velocity of the debris flow, and , a correlation coefficient of 0.923 between the volume of discharge water and the impact pressure of the debris flow. Finally, it is concluded that: There is a direct and significant relationship between the maximum water discharge volume and the behavior of the probable debris flows to arise in the Chaquipa, Maranchacra and Machgyacu basin of the Yanahuanca district.

**Keywords:** Debris flows, huaycos, maximum rainfall, sediments, basin.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente en el Perú y el mundo, la ocurrencia de lluvias máximas o extremas producto del cambio climático, han detonado inundaciones y diversos tipos de deslizamientos provocando la muerte de vidas humanas. Según Aleotti & Chowdhury (1999) señala que los deslizamientos y sus derivados como son los flujos de escombros o “huaycos” son responsables de al menos un 14% de muertes anuales a nivel mundial.

**Los flujos de escombros** son un tipo de flujo de característica viscosa, por lo que su movimiento es complejo e involucra grandes volúmenes de sedimento y agua. Debido a la complejidad de conocer su comportamiento, nos lleva a analizar la influencia de los volúmenes de descargas máximas de agua en estos, ya que, a partir de este volumen estimado mediante un estudio hidrológico, y el apoyo de ecuaciones empíricas y herramientas tecnológicas, podremos estimar sus propiedades o parámetros. Por consiguiente, en la presente tesis se plantea el siguiente objetivo principal: Determinar la influencia del volumen de descarga máxima de agua en el comportamiento de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, mediante una correlación simple.

En la investigación, se analizará los valores máximos obtenidos de tres propiedades de los flujos de escombros: el tirante, la velocidad y presión de impacto, las cuales expresan su comportamiento, y se estimarán mediante el cálculo del volumen de agua, considerando la topografía y geotecnia de la zona, mediante la simulación en un modelo matemático computacional, RAMMS: Debris flow.

La investigación se basa y referencia al huayco ocurrido el 05 de abril del 2009 en la ciudad de Yanahuanca, en la quebrada Chaquipa, por lo que es de gran importancia su estudio, ya que se logrará obtener información hidrológica e hidráulica que permita realizar un estudio de prevención de riesgos en la zona.



## ÍNDICE

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**INTRODUCCIÓN**

**ÍNDICE**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

### **CAPÍTULO I**

#### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

1.1. Identificación y determinación del problema .....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.3. Formulación del problema .....	3
1.3.1. Problema general.....	3
1.3.2. Problemas específicos .....	3
1.4. Formulación de objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos .....	4
1.5. Justificación de la investigación .....	5
1.6. Limitaciones de la investigación.....	6

### **CAPÍTULO II**

#### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de estudio.....	8
2.2. Bases teóricas – científicas .....	13
2.3. Definición de términos básicos .....	86
2.4. Formulación de hipótesis .....	89

2.4.1. Hipótesis general.....	89
2.4.2. Hipótesis específicas.....	89
2.5. Identificación de variables.....	90
2.5.1. Variables independientes.....	90
2.5.2. Variables dependientes.....	90
2.5.3. Variables intervinientes.....	90
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	90

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de investigación.....	92
3.2. Nivel de investigación.....	93
3.3. Métodos de investigación.....	93
3.4. Diseño de investigación.....	93
3.5. Población y muestra.....	94
3.5.1. Población.....	94
3.5.2. Muestra.....	94
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	95
3.6.1. Técnicas de recolección de datos.....	95
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos.....	96
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	96
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	96
3.9. Tratamiento estadístico.....	97
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.....	97

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	99
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	152

4.3. Prueba de hipótesis .....	188
4.4. Discusión de resultados.....	193

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de Quebradas por Riesgo.....	17
Tabla 2. Clasificación por Localización.....	17
Tabla 3. Clasificación por Pendientes.....	18
Tabla 4. Clasificación por Área.....	18
Tabla 5. Clasificación por Naturaleza del Suelo.....	18
Tabla 6. Valores de Ponderación para los Diferentes Parámetros.....	19
Tabla 7. Tipos de Forma de Cuencas.....	28
Tabla 8. Valores Interpretados del Factor de Forma.....	29
Tabla 9. Rangos de Pendiente y Tipo de Terreno.....	30
Tabla 10. Coeficiente de Correlación “r”.....	40
Tabla 11. Valores de $K_n$ para la Prueba de Datos Dudosos.....	46
Tabla 12. Valores Concluidos para las Relaciones a la Lluvia de Duración 24 h.....	52
Tabla 13. Relación $T - t - I_{m\acute{a}x}$ .....	53
Tabla 14. Rangos Para la Clasificación de los AMC.....	61
Tabla 15. Condición para la Infiltración.....	63
Tabla 16. Grupos Hidrológicos del Suelo y Características.....	63
Tabla 17. Grupos Hidrológicos del Suelo.....	64
Tabla 18. Reclasificación para los Usos de Suelo.....	65
Tabla 19. Clasificación de Tipos de Flujo (Costa, 1988).....	72
Tabla 20. Ecuaciones Empíricas para Caudal Pico de Flujos.....	76
Tabla 21. Rangos Recomendados para $\mu$ , $\xi$ , C.....	84
Tabla 22. Datos de Entrada Necesarias para Simular en RAMMS.....	85
Tabla 23. Matriz de Oracionalización de Variables e Indicadores.....	91
Tabla 24. Clasificación de Pendiente.....	104
Tabla 25. Descripción de las Calicatas de Exploración.....	108
Tabla 26. Análisis Granulométrico de Muestras de Suelo.....	109
Tabla 27. Porcentajes de Clasificación Granulométrica Promedio.....	109
Tabla 28. Humedad Natural y Límites de Consistencia.....	110
Tabla 29. Clasificación de los Suelos con el Sistema SUCS.....	110
Tabla 30. Densidad y Ángulo de Fricción.....	111
Tabla 31. Parámetros Geomorfológicos de la Quebrada Chaquipa.....	112
Tabla 32. Parámetros Geomorfológicos de la Quebrada Maranchacra.....	113

Tabla 33. Parámetros Geomorfológicos de la Quebrada Machgyacu .....	114
Tabla 34. Análisis Hipsométrico – Q. Chaquipa.....	115
Tabla 35. Análisis Hipsométrico – Q. Maranchacra .....	116
Tabla 36. Análisis Hipsométrico – Q. Machgyacu.....	116
Tabla 37. Tiempo de Concentración y Retardo de Quebradas.....	118
Tabla 38. Precipitación Máxima en 24 h (mm) – Estación Yanahuanca .....	120
Tabla 39. Distribuciones Teóricas en el Software Hydrognomon .....	122
Tabla 40. Precipitación Máxima por Periodos de Retorno.....	124
Tabla 41. Precipitación Máxima Ponderadas por Periodos de Retorno .....	124
Tabla 42. Intensidades Máximas para TR=5, TR=50, TR=500 años.....	125
Tabla 43. Valores para Hietograma en T=4.36, T=5, T=50 y T=500 años .....	127
Tabla 44. Grupo Hidrológico del Suelo Según Clasificación de Suelos .....	129
Tabla 45. Grupo Hidrológico del Suelo Según Geología de la Zona.....	129
Tabla 46. Resultados de Número de Curva Procesada en ArcGIS.....	131
Tabla 47. Resultado del NC Ponderado en Condición Extrema de Humedad del Suelo .....	131
Tabla 48. Caudal Pico y Volumen de Descarga Máxima.....	137
Tabla 49. Clasificación por Probabilidad de Riesgo de la Quebrada Chaquipa.....	137
Tabla 50. Clasificación por Probabilidad de Riesgo de la Quebrada Maranchacra .....	138
Tabla 51. Clasificación por Probabilidad de Riesgo de la Quebrada Machgyacu .....	138
Tabla 52. Índice de Plasticidad de las Muestras de Suelo Extraídas de la Zona.....	140
Tabla 53. Volumen Estimado de Huayco - 2009 .....	143
Tabla 54. Promedio de Densidad de las Rocas Existentes en la Zona .....	144
Tabla 55. Promedio de Densidad de Campos en la Zona.....	144
Tabla 56. Estimación de Caudal Pico con Ecuaciones Empíricas.....	145
Tabla 57. Datos y Promedio del Ángulo de Fricción .....	146
Tabla 58. Datos de Entrada para Modelamiento: Quebrada Chaquipa .....	153
Tabla 59. Datos de Entrada para Modelamiento: Quebrada Maranchacra.....	163
Tabla 60. Datos de Entrada para Modelamiento: Quebrada Machgyacu.....	173
Tabla 61. Volumen de Descarga de Agua Máxima Producto de Lluvias Máximas.....	183
Tabla 62. Resumen de Tirante Máximos Alcanzados en las Quebradas en Estudio....	183
Tabla 63. Resumen de Velocidades Máximas Alcanzadas en las Quebradas .....	183
Tabla 64. Resumen de Presiones Máximas Alcanzadas en las Quebradas en Estudio	184

Tabla 65. Datos de Volumen de Agua y Tirante de Huayco.....	185
Tabla 66. Datos de Volumen de Agua y Velocidad de Huayco.....	186
Tabla 67. Datos de Volumen de Agua y Presión de Impacto de Huayco .....	187
Tabla 68. Estadística de la Regresión - Volumen de Agua VS Tirante de Flujo .....	189
Tabla 69. Prueba de ANOVA - Volumen de Agua VS Tirante de Flujo .....	189
Tabla 70. Estadística de la Regresión - Volumen de Agua VS Velocidad de Flujo ....	190
Tabla 71. Prueba de ANOVA - Volumen de Agua VS Velocidad de Flujo .....	190
Tabla 72. Estadística de la Regresión - Volumen de Agua VS Presión de Impacto de Flujo .....	191
Tabla 73. Prueba de ANOVA - Volumen de Agua VS Presión de Impacto de Flujo..	191

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de una Quebrada Típica.....	15
Figura 2. Ciclo Hidrológico.....	21
Figura 3. Ciclo Hidrológico como Sistema .....	23
Figura 4. Cuenca Hidrográfica .....	24
Figura 5. División de una Cuenca .....	25
Figura 6. Longitud y Perímetro de una Cuenca.....	27
Figura 7. Diferentes Hidrogramas para cada Tipo de Cuenca.....	28
Figura 8. Características de las Curvas Hipsométricas en Ciclo Erosivo.....	31
Figura 9. Componentes de la Red de Drenaje .....	32
Figura 10. Descarga de los Datos en la Plataforma Giovanni .....	38
Figura 11. Registro de Precipitación Diaria - Yanahuanca - 3B42 V7 del TRMM .....	38
Figura 12. Procesos de Selección de una Distribución Teórica .....	47
Figura 13. Hietograma de Alturas de Precipitación .....	54
Figura 14. Hietograma de Intensidades .....	54
Figura 15. Componentes Generales de un Modelo Hidrológico .....	58
Figura 16. Variables en el Método de Abstracciones del SCS.....	60
Figura 17. Relación entre P y Pe para Varias Cuencas - NRCS.....	62
Figura 18. Relación entre la Textura y Grupos Hidrológicos del suelo .....	64
Figura 19. Fases de un Suelo en su Estado Natural.....	66
Figura 20. Tipos de Deslizamiento.....	68
Figura 21. Relación entre Esfuerzo Cortante y Tasa de Deformación .....	69
Figura 22. Condiciones para el Flujo .....	72
Figura 23. DEM – Satélite SPOT 7 .....	77
Figura 24. MDS Vs MDT.....	78
Figura 25. Esquema de un proceso de Modelización .....	79
Figura 26. Ubicación de la Zona de Estudio .....	100
Figura 27. Periodos de Lluvia de enero – marzo 2023 en el Perú.....	101
Figura 28.. Modelo Digital de Elevación .....	102
Figura 29. Curvas de Nivel Procesados en ArcGIS .....	103
Figura 30. Pendientes de la Zona de Estudio .....	103
Figura 31. Unidades Geomorfológicas.....	104
Figura 32. Cobertura Vegetal .....	106

Figura 33. Mapa Geológico.....	107
Figura 34. Puntos de Muestreo de Suelos .....	108
Figura 35. Mapa de Dirección del Flujo de Agua .....	111
Figura 36. Perfil Longitudinal del Cauce de la Q. Chaquipa .....	113
Figura 37. Perfil Longitudinal del Cauce de la Q. Maranchacra.....	114
Figura 38. Perfil Longitudinal del Cauce de la Q. Machgyacu .....	115
Figura 39. Curva Hipsométrica de la Quebrada Chaquipa.....	117
Figura 40. Curva Hipsométrica de la Quebrada Machgyacu .....	117
Figura 41. Curva Hipsométrica de la Quebrada Maranchacra .....	117
Figura 42. Ubicación de Estación Meteorológica Yanahuanca.....	119
Figura 43. Histograma de Precipitación Máxima en 24h. – E. Yanahuanca.....	121
Figura 44. Curva de Distribuciones Teóricas .....	122
Figura 45. Curva de la Distribución Gumbel .....	123
Figura 46. Curva Intensidad-Duración-Frecuencia para la Zona de Estudio .....	126
Figura 47. Hietograma de Diseño para un T = 4.36 años.....	126
Figura 48. Hietograma de Diseño para un T = 5 años.....	127
Figura 49. Hietograma de Diseño para un T = 50 años.....	128
Figura 50. Hietograma de Diseño para un T = 500 años.....	128
Figura 51. Imagen del Satélite PeruSAT – 1 .....	130
Figura 52. Mapa de Uso de Suelo en la Zona de Estudio.....	130
Figura 53. Hidrograma de la Quebrada Chaquipa para el Evento de Referencia.....	132
Figura 54. Hidrograma de la Quebrada Chaquipa para un T=5 años .....	133
Figura 55. Hidrograma de la Quebrada Chaquipa para un T=50 años .....	133
Figura 56. Hidrograma de la Quebrada Chaquipa para un T=500 años .....	133
Figura 57. Hidrograma de la Quebrada Maranchacra para un T=5 años .....	134
Figura 58. Hidrograma de la Quebrada Maranchacra para un T=50 años .....	134
Figura 59. Hidrograma de la Quebrada Maranchacra para un T=500 años .....	135
Figura 60. Hidrograma de la Quebrada Machgyacu para un T=5 años.....	135
Figura 61. Hidrograma de la Quebrada Machgyacu para un T=50 años.....	136
Figura 62. Hidrograma de la Quebrada Machgyacu para un T=500 años.....	136
Figura 63. Localización Según Regiones Naturales de la Zona de Estudio .....	138
Figura 64. Peligros que amenaza al Centro Poblado de Yanahuanca .....	139
Figura 65. Área Aproximada de Depósitos de Sedimentos Evento de Referencia .....	142



Figura 66. Altura Máxima Aproximada de Depósito de Huayco.....	142
Figura 67. Altura Mínima Aproximada de Depósito de Huayco .....	143
Figura 68. Comparación de Modelos Digitales de Elevación con Diferente Resolución Espacial.....	147
Figura 69. Modelo Digital de Elevación Cargada en el Software RAMMS .....	147
Figura 70. Delimitación del Área de Dominio .....	148
Figura 71. Área de Liberación en RAMMS .....	148
Figura 72. Ingreso de Parámetros en el Software RAMMS .....	149
Figura 73. Hidrograma de Ingreso del Flujo de Escombros.....	150
Figura 74. Modelado del Flujo de Escombros del Evento de Referencia en RAMMS	151
Figura 75. Puntos de Control de Evento de Referencia.....	151
Figura 76. Perfil Longitudinal que Proporciona RAMMS y los Puntos de Control ...	152
Figura 77. Tirantes Máximos de Flujos de Escombros en la Quebrada Chaquipa para T= 5años.....	154
Figura 78. Velocidades Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Chaquipa para T=5años .....	155
Figura 79. Presiones Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Chaquipa para T=5años .....	156
Figura 80. Tirantes Máximos de Flujos de Escombros en la Quebrada Chaquipa para T=50años .....	157
Figura 81. Velocidades Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Chaquipa para T=50años .....	158
Figura 82. Presiones Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Chaquipa para T=50años .....	159
Figura 83. Tirantes Máximos de Flujos de Escombros en la Quebrada Chaquipa para T=500años .....	160
Figura 84. Velocidades Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Chaquipa para T=500años .....	161
Figura 85. Presiones Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Chaquipa para T=500años .....	162
Figura 86. Tirantes Máximos de Flujos de Escombros en la Quebrada Maranchacra para T=5 años .....	164

Figura 87. Velocidades Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Maranchacra para T=5 años .....	165
Figura 88. Presiones Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Maranchacra para T=5 años .....	166
Figura 89. Tirantes Máximos de Flujos de Escombros en la Quebrada Machgyacu para T=50 años .....	167
Figura 90. Velocidades Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Maranchacra para T=50años .....	168
Figura 91. Presiones Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Maranchacra para T=50años .....	169
Figura 92. Tirantes Máximos de Flujos de Escombros en la Quebrada Maranchacra para T=500años .....	170
Figura 93. Velocidades Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Maranchacra para T=500años .....	171
Figura 94. Presiones Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Maranchacra para T=500años .....	172
Figura 95. Tirantes Máximos de Flujos de Escombros en la Quebrada Machgyacu para T=5 años .....	174
Figura 96. Velocidades Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Machgyacu para T=5 años .....	175
Figura 97. Presiones Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Machgyacu para T=5 años .....	176
Figura 98. Tirantes Máximos de Flujos de Escombros en la Quebrada Machgyacu para T=50 años .....	177
Figura 99. Velocidades Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Machgyacu para T=50 años .....	178
Figura 100. Presiones Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Machgyacu para T=50 años .....	179
Figura 101. Tirantes Máximos de Flujos de Escombros en la Quebrada Machgyacu para T=500 años .....	180
Figura 102. Velocidades Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Machgyacu para T=500 años .....	181

Figura 103. Presiones Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Machgyacu para T=500 años .....	182
Figura 104. Regresión y Correlación Lineal entre Volumen de Agua y Tirante de Flujos de Escombros.....	185
Figura 105. Regresión y Correlación Lineal entre Volumen de Agua y Velocidad de Flujos de Escombros.....	186
Figura 106. Regresión y Correlación Lineal entre Volumen de Agua y Presión de Impacto de Flujos de Escombros.....	187

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

En el Perú, la ocurrencia de Huaycos o flujos de escombros es considerado uno de los desastres naturales que provoca más daños, y ocurre con mayor frecuencia en las quebradas (Arancibia, 2016).

En el departamento de Pasco, las fuertes lluvias son detonadoras de huaycos, las cuales traen como consecuencia destrucción de viviendas, obras civiles, zonas de cultivo y hasta la muerte de vidas humanas.

La ciudad de Yanahuanca se encuentra ubicado en la provincia Daniel A. Carrión en el departamento de Pasco al pie de tres quebrabas principales, estas son: Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, las mismas que se activan en épocas de lluvia durante los meses de diciembre a abril, por esta razón, la ciudad está expuesta a la ocurrencia de huaycos. El Comité Regional de Defensa Civil (2009) refiere que: “Las viviendas asentadas en la zona de Yanahuanca se encuentran ubicadas en zonas de alta probabilidad de ocurrencia de desastres por huaycos debido a la

topografía del terreno y por la existencia de quebradas con riachuelos permanentes” (p. 35).

Los flujos de escombros están conformados principalmente por agua y sedimento, de ello, Arancibia (2016) refiere que, para el cálculo de las propiedades o parámetros de comportamiento de los flujos de escombros, la determinación del volumen de sedimento capaz de movilizarse en la zona es muy difícil de determinar, por lo que, para conocer el movimiento de los flujos de escombros, el cálculo debe de partir del agua que discurre por las quebradas. De lo mencionado, se considera necesario conocer la influencia del volumen de descarga máxima de agua en el comportamiento de los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, a partir de ecuaciones empíricas y simulaciones computacionales.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

El alcance de la investigación abarca inicialmente fines descriptivos para finalmente ser Correlacional, ya que estudia en primera instancia la hidrología de la zona, con el fin de estimar el volumen máximo de descarga de agua, para luego analizar su influencia en el comportamiento de los flujos de escombros estimados en diferentes periodos de retorno, las cuales fueron elegidas por la probabilidad de ocurrencia de flujos según Jakob y Bovis (1996), quienes señalan que “los flujos de escombros ocurren en una cuenca con intervalos de retorno entre 5 y 50 años y en algunos casos, hasta de 500 años” (Suárez, 2009).

La investigación realiza el estudio de tres quebradas (Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu), ubicadas al lado sur del entorno geográfico de la ciudad de Yanahuanca, las cuales, presentan la posibilidad de activación en

temporada de lluvias. Para llevar a cabo el presente estudio, se determinará los parámetros geomorfológicos, las profundidades e intensidades de las lluvias máximas en diferentes periodos de retorno, el caudal y volumen pico de agua en condiciones extremas mediante la modelación hidrológica en HEC – HMS con el método SCS (Servicio de Conservación de Suelos); posterior a ello, con los datos obtenidos, se realizará la modelación de los flujos de escombros tomando en cuenta la topografía y geotecnia de la zona, en un modelo matemático computacional denominado RAMMS, para obtener tres de sus propiedades: velocidad, tirante y presión de impacto. La calibración del modelo será llevada a cabo con el evento de referencia suscitada el 05 de abril del 2009 en la quebrada Chaquipa, de lo cual se cuenta con registros periodísticos, informes del comité del área de defensa civil de la región y fotografías. Para la investigación, se tomará en consideración las nuevas metodologías, softwares y tecnología satelital, con el fin de obtener resultados cercanos a la realidad.

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema general**

Esta tesis pretende responder la siguiente interrogante: ¿Cómo influye el volumen de descarga máxima de agua en el comportamiento de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, Provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo influye el volumen de descarga máxima de agua en el tirante de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, simulados en un modelo matemático computacional?

- ¿Cómo influye el volumen de descarga máxima de agua en la velocidad de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, simulados en un modelo matemático computacional?
- ¿Cómo influye el volumen de descarga máxima de agua en la presión de impacto de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, simulados en un modelo matemático computacional?

#### **1.4. Formulación de objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar la influencia del volumen de descarga máxima de agua en el comportamiento de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, Provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar la influencia del volumen de descarga máxima de agua en el tirante de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, mediante la simulación en un modelo matemático computacional.
- Determinar la influencia del volumen de descarga máxima de agua en la velocidad de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, mediante la simulación en un modelo matemático computacional.
- Determinar la influencia del volumen de descarga máxima de agua en la presión de impacto de los probables flujos de escombros a suscitarse

en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, mediante la simulación en un modelo matemático computacional.

### **1.5. Justificación de la investigación**

Escusa (2016) indica que “las propiedades de un flujo de escombros pueden resultar muy variables, por lo que es difícil obtener parámetros precisos en campo o laboratorio que indiquen acertadamente cómo se desarrollan los flujos de escombros” (p. 02), es por ello que existen muchas investigaciones que proponen métodos y herramientas que permiten estimar sus propiedades o parámetros. Así mismo, la presente investigación es de gran relevancia, ya que pretende fortalecer las recomendaciones hechas por otros estudios sobre la estimación del comportamiento de los flujos, lo cual se desarrollará a partir del volumen de descarga máxima de agua en tres quebradas de la ciudad de Yanahuanca.

Suárez (2009) refiere que al ocurrir un evento anómalo como lluvias extremas se puede generar procesos de deslizamiento y erosión, las cuales producen una concentración de sedimentos o partículas sobre las laderas que con un evento de lluvia que genere escorrentía líquida, estas pueden deslizarse a gran velocidad hacia la parte baja de la quebrada generándose diversos tipos de flujos, como son los flujos de escombros. En las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, los deslizamientos de tierra son fenómenos recurrentes que causa daño y víctimas en épocas de lluvias, por ello la razón en la que se basa esta investigación es el suceso ocurrido el 05 de abril del 2009, fecha donde se produjo un huayco detonado por lluvias en la quebrada Chaquipa, que ocasionó pérdidas de área de cultivo, viviendas y cuatro vidas humanas. El Comité Regional de Defensa Civil del Gobierno Regional de Pasco (2009), afirma que: “Yanahuanca es una zona amenazada por los huaycos especialmente en las épocas



de precipitaciones pluviales debido a las características geológicas, topográficas y la calidad del tipo de suelo de baja capacidad portante” (p. 36).

Además, mediante la estimación de la profundidad de las lluvias máximas, el caudal máximo de agua, el volumen líquido máximo y las propiedades que expresan el comportamiento de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, la investigación proporcionará datos que pueden ser utilizados en estudios de evaluación de riesgos de desastres en la ciudad de Yanahuanca y para el diseño de estructuras hidráulicas que atenúen los riesgos en la zona.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

Las limitaciones en la presente tesis son:

- Existencia de un sólo punto de estación meteorológica cerca de la zona de estudio, por tal motivo se recurrió a su debida corrección de modo de obtener los datos más confiables.
- La investigación no incluirá escorrentía subterránea, ya que involucra un estudio hidrogeológico a lo cual no estaremos enfocados.
- Las quebradas cuentan con terrenos escarpados que impiden realizar el levantamiento topográfico por el peligro que representan y por la extensión de sus áreas. Por esta razón, se empleó modelos digitales de elevación (DEM), generadas a partir de imágenes satelitales.
- En el mercado existe pocos softwares libres para el modelamiento de flujos de escombros en superficies no confinadas y calles, sólo se tuvo acceso a RAMMS, el cual permite a estudiantes que se encuentran realizando proyectos de investigación en todo el mundo, utilizar todos sus módulos y herramientas.

- La zona de estudio no cuenta con estaciones de monitoreo de fenómenos naturales, como el caso de los Huaycos, provocando la no existencia de información detallada y exacta de volúmenes de sedimentos deslizados en épocas de lluvia, por tal motivo en la investigación se recurre a estimar propiedades del flujo de escombros del evento de referencia del año 2009 empíricamente, con reportes periodísticos, informe de estimación de riesgos del Gobierno Regional de Pasco, fotografías y ecuaciones recomendadas por otros autores.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del estudio**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

- **Título:** “CARACTERÍSTICAS DE LA PRECIPITACIÓN EXTREMA EN ALGUNAS LOCALIDADES DE VENEZUELA”.

**Autores:** Aracelis Hernández, Lelys Guenni & Bruno Sansó

**Año:** Marzo del 2011

**Lugar:** Venezuela

**Objetivo principal:** “Determinar la distribución que siguen sus eventos extremos por el impacto de los desastres que estos pueden causar sobre determinadas zonas de interés”.

**Resumen:** “En el marco de la teoría clásica de valores extremos, en la investigación se propone el modelo de Valores Extremos Generalizados (GEV) para estudiar el comportamiento de los eventos extremos de lluvia en Venezuela. Las simulaciones de la distribución predictiva sugieren que

los modelos Gumbel y Fréchet son los más apropiados para representar los máximos anuales de la mayor parte de las localizaciones estudiadas; sin embargo, en las localizaciones con condiciones extremas dentro de mesoclimas áridos o muy húmedos, el modelo Weibull es el más apropiado para representar los máximos anuales de lluvia”.

- **Título:** “METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA AMENAZA DE FLUJOS DE DETRITOS UTILIZANDO UN ANÁLISIS JERÁRQUICO DE PROCESOS Y EL SOFTWARE RAMMS, CON APLICACIÓN EN LA CUENCA DEL ESTERO SAN ALFONSO, REGIÓN METROPOLITANA”

**Autores:** Antonio Andrés Muñoz Muñoz

**AÑO:** 2018

**Lugar:** Santiago de Chile

**Objetivo principal:** “Desarrollar una metodología que permita evaluar la amenaza de flujos de detritos utilizando un análisis jerárquico de procesos (AHP) y el software RAMMS-debris flow, con aplicación en la cuenca del estero San Alfonso, Región Metropolitana”.

**Resumen:** “En la investigación se desarrolla una metodología determinística para evaluar la amenaza de flujos de detritos, la cual contempla dos etapas con sus respectivas aplicaciones en la cuenca de estudio. La primera etapa consiste en una metodología orientada a evaluar la susceptibilidad de flujos de detritos mediante la ponderación de factores condicionantes con el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la implementación de un análisis jerárquico de procesos (AHP). La segunda etapa consiste en emplear una metodología para evaluar la amenaza de

flujos de detritos. Para ello los posibles flujos se simulan con el programa RAMMS-debris flow v.1.6 y sus áreas de generación se definen en base a una evaluación de susceptibilidad. Finalmente, la investigación concluye que la cuenca del estero San Alfonso presenta zonas de alta, media y baja susceptibilidad de flujos de detritos, además muestra grados de amenaza de este tipo de remoción en masa: muy alto, alto, medio y bajo”.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

- **Título:** “ANÁLISIS HIDROLÓGICO APLICANDO EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y COMPARACIÓN DE MODELOS EN LA CUENCA DEL RIO CRISNEJAS”.

**Autores:** Israel Vicente Montalvo

**Año:** 2011

**Objetivo principal:** “Determinar los caudales máximos que se presentan en la cuenca del río Crisnejas a partir de datos de precipitación máx. en 24 horas”.

**Resumen:** “En la tesis se evalúa la aplicación de dos modelos para la generación de caudales máximos de avenidas a partir de datos de precipitación máximos en 24 horas, usando el Sistema de Información Geográfica (SIG). En el primer modelo aplicado para desarrollar el hidrograma de avenida se usó el Hidrograma Unitario sintético de Snyder con una discretización de 6 y 18 subcuencas y en el segundo modelo se usa el Hidrograma Unitario Sintético del SCS con la misma discretización, evaluando su factibilidad por medio de la calibración que permitió tener un grado de confiabilidad en el comportamiento de la cuenca en análisis. Del estudio se concluye que el modelo Hidrograma Unitario del SCS con una

discretización de 18 Subcuencas se ajusta mejor al comportamiento de la cuenca, es capaz de pronosticar en función de los datos de entrada la ocurrencia de caudales máximos en un periodo de retorno dado”.

- **Título:** “MODELACIÓN DE FLUJOS DE DETRITOS PARA EL ANÁLISIS DEL RIESGO EN LA QUEBRADA LOS CÓNDORES, PROVINCIA DE LIMA, PERÚ”.

**Autor:** Carlos Enrique Millán Arancibia

**AÑO:** 2018

**Objetivo principal:** “Realizar el análisis del riesgo por flujo de detritos en la quebrada Los Cóndores”.

**Resumen:** “El trabajo de investigación realiza la modelación del flujo de detritos para el análisis del riesgo en la quebrada Los Cóndores. La modelación se lleva a cabo utilizando el módulo Debris Flow del modelo RAMMS, para lo cual utiliza el Modelo Digital de Elevaciones a partir de las imágenes del satélite PeruSAT-1 y la calibración del modelo se realiza partir de una filmación de un tramo durante un evento de referencia acontecido el 16 de enero de 2017. De acuerdo a los resultados obtenidos, la investigación concluye que el modelo RAMMS es un método apropiado para la modelación de flujo de detritos”.

- **Título:** “APLICACIÓN DE UN MODELO NUMÉRICO DE FLUJOS DE ESCOMBROS Y LODO EN UNA QUEBRADA EN EL PERÚ”.

**Autor:** Leonardo Franco Castillo Navarro

**Año:** 2006

**Objetivo principal:** “Evaluar las consecuencias de un posible flujo de escombros de la Quebrada Paihua que podría bloquear el cauce del río Rímac y afectar a la ciudad de Matucana”.

**Resumen:** “La tesis simula la quebrada Paihua, la cual se ubica frente a la ciudad de Matucana, en la provincia de Huarochirí. La quebrada Paihua es una quebrada de fuerte pendiente, con mucha acumulación de material en su cauce y con gran incremento de caudal debido a la escorrentía que permite que se originen deslizamientos y derrumbes. Con la simulación de la quebrada, el programa FL0-2D reporta tirantes y velocidades del flujo de lodo tanto en el cono de deyección como en la confluencia con el río Rímac. A partir de la información obtenida, en la tesis se presenta un mapa de amenaza por huayco en la ciudad de Matucana”.

➤ **Título:** “ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA EL FLUJO DE DETRITOS EN LA ZONA DE DESCARGA DE LA QUEBRADA QUIRIO-CHOSICA-PERÚ-2019”.

**Autores:** Ruth Carolina Santuyo Marca y Carlos Alberto Zambrano Orosco

**Año:** 2019

**Objetivo principal:** “Proponer alternativas de mitigación para el flujo de detritos en la zona de descarga de la Quebrada Quirio-Chosica-Perú”.

**Resumen:** “En el trabajo de investigación se realiza la simulación del flujo de detritos con el Programa RAMMS, utilizando datos obtenidos de instituciones del estado que se encargan de caracterizarlos, además se calculan los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo de la zona estudiada, con ello el investigador propone una alternativa de mitigación para disminuir el impacto del evento dentro de la población”.

- **Título:** “ANÁLISIS Y MODELAMIENTO DE FLUJOS DE ESCOMBROS EN LA ZONA DE MARANURA LA CONVENCION – CUSCO”.

**Autor:** Frank Eduardo Escusa Arosquipa

**Año:** 2016

**Objetivo principal:** “Estimar el comportamiento de los flujos de escombros probables en las quebradas de Maranura mediante dos modelos computacionales diferentes para diversos periodos de retornos”.

**Resumen:** “La tesis propone una metodología de trabajo para la estimación de peligros por flujos de escombros, cuyo desencadenamiento se produce debido a fuertes precipitaciones en las regiones con clima tropical, y cuya componente principal en su matriz sea material granular. Para ello, emplea dos modelos numéricos de base reológica diferente, como son el Kanako 2D y el Titán 2D, evaluando la dificultad de su empleo en un contexto donde no existen registros históricos que detallen las características de los flujos de escombros típicos”.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

No existen tesis relacionadas al tema.

## **2.2. Bases teóricas – científicas**

### **2.2.1. Caracterización de quebradas**

#### **2.2.1.1. Definición**

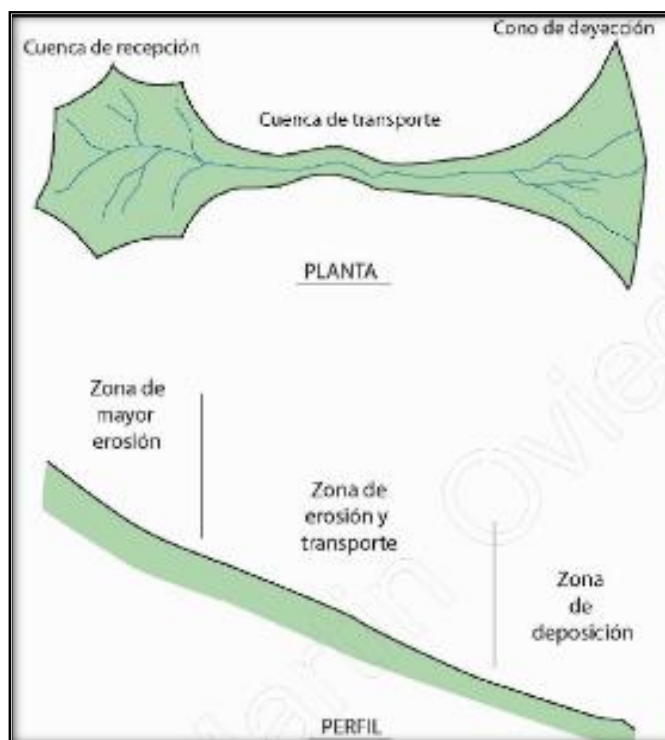
Castillo (2006) menciona que una quebrada es una forma topográfica de pequeña extensión producto de ciertos agentes geológicos como el viento, la precipitación y escorrentía en una región de terreno erosionable, las cuales tienen como función captar el agua que cae sobre sí



misma producto de las lluvias para luego drenarla aguas abajo hasta ser depositada al río.

Castillo (2006) refiere que en una quebrada se reconocen tres zonas (Fig.1):

- **Cuenca de Recepción:** Es la zona ancha y más elevada donde se intercepta el agua de lluvias. Los taludes son muy pronunciados provocando que la erosión sea muy activa. En esta zona suelen identificarse una red de canales pequeños que confluyen aguas abajo (Castillo, 2006, p.6).
- **Cauce de Transporte:** “Es la zona de confluencia de red de canales pequeños, donde se forma un canal más angosto de curso estable, y de mayor profundidad. Su función principal, es transportar el material erosionado; y también puede aportar material del cauce” (Castillo, 2006, p.6).
- **Cono de Depósito:** “Es la zona de deposición del material erosionado. Se caracteriza por tener menor pendiente y acumular todo el material transportado del resto de la cuenca” (Castillo, 2006, p.6).



**Figura 1. Esquema de una Quebrada Típica**

Fuente: Tomado de Oviedo, 2009.

### 2.2.1.2. Formación de Quebradas

Castillo (2006) afirma que “las quebradas son el resultado de la erosión del suelo principalmente por acción de la precipitación y escorrentía, las cuales en el proceso de desarrollo pasan por cuatro etapas” (p.7). A continuación, se describe brevemente cada una de ellas:

- **Primera Etapa:** En la superficie del suelo aparecen pequeños canales aluviales, las cuales han sido formados por el impacto de las gotas de lluvia y la escorrentía superficial. Este procedimiento es denominado erosión laminar, que nos indica el desplazamiento de los materiales superficiales por acción del agua en movimiento.

El proceso de escorrentía superficial se efectúa cuando el suelo absorbe el agua de lluvia completamente y por lo tanto el agua de lluvia es desplazada sobre la superficie del suelo, originando pequeños charcos o aguas de arroyada.

- **Segunda Etapa:** La quebrada crece aceleradamente en longitud, y en dirección opuesta al flujo del agua, producto de una erosión regresiva. El concepto de erosión regresiva es el descenso en el fondo como consecuencia de fenómenos de dinámica fluvial o un desequilibrio en sus componentes. La erosión regresiva avanza aguas arriba.
- **Tercera Etapa:** Como resultado de la socavación y erosión de las laderas, la quebrada sigue ensanchándose y profundizándose. En esta etapa, la acción regresiva, tiende a sobretodo, profundizar el lecho por donde discurrirá el torrente. Se considera a la quebrada en una fase de juventud.  
  
La erosión es muy intensa debido a la velocidad del agua y a los materiales arrastrados y en un posible evento de precipitación extrema, se activará la quebrada, produciéndose los huaycos.
- **Cuarta Etapa:** La erosión del lecho termina progresivamente, por lo que la longitud y la sección transversal de la quebrada se establecen. Provocando que los taludes de las riberas se cubran de pasto y maleza. La quebrada entra en una fase de madurez.

### **2.2.1.3. Clasificación de Quebradas**

Castillo (2006) refiere que la Ing. Ada Arancibia en su tesis "Criterios para el Manejo de Quebradas y su aplicación en el diseño de obras civiles", propone una clasificación de quebradas mediante un análisis de probabilidad de riesgo. La clasificación presentada por la Ing. Ada se apoyó en las cualidades de las diferentes quebradas de nuestro País. Para lo cual empleó la tabla 1 basado en valores de ponderación.

*Tabla 1. Clasificación de Quebradas por Riesgo*

DENOMINACIÓN	GRADO DE RIESGO	VALOR DE PONDERACIÓN - PUNTAJE
TIPO I	ALTO	Máximo 65, mínimo 45
TIPO II	MODERADO	Máximo 44, mínimo 36
TIPO III	BAJO	Máximo 35, mínimo 21

Fuente: Adaptado de Castillo, 2006.

El proceso que se debe realizar es asignar un valor o puntaje a cada parámetro que define una quebrada (Localización, Pendiente, Área, Naturaleza del suelo, Tipo de vía); según las tablas presentadas a continuación:

- **Clasificación por Localización:** Según la ubicación de la quebrada, esta se clasifica para una vertiente, luego como corresponda, se proceda a realizar las combinaciones de acuerdo a la tabla 2:

*Tabla 2. Clasificación por Localización*

VERTIENTE DEL PACÍFICO			VERTIENTE DEL ATLÁNTICO		VERTIENTE DEL LAGO TITICACA	
Norte b	Centro c	Sur d	a		c	
Chala o Costa			b	Omagua o Selva Baja	b	
Yunga Marítima y Fluvial			a	Selva Alta	a	
Quechua			a	Yunga Fluvial	b	
Suni			b	Quechua	a	
Puna			c	Suni	b	Suni b
Janca			d	Puna	c	Puna c
				Janca	d	Janca d

Fuente: Adaptado de Castillo, 2006

- A: “Si se dan las combinaciones: aa o ab”
- B: “Si se dan las combinaciones: bb o ac”
- C: “Si se dan las combinaciones: ce, ad o be”
- D: “Si se dan las combinaciones: bd, cd o dd”

- **Clasificación por Pendiente:**

*Tabla 3. Clasificación por Pendientes*

<b>A: FUERTE</b>	$S < 10\%$
<b>B: MEDIA</b>	$10\% < S < 40\%$
<b>C: SUAVE</b>	$40\% < S$

Fuente: Adaptado de Castillo, 2006

➤ **Clasificación por Área:**

*Tabla 4. Clasificación por Área*

<b>A: GRANDE</b>	$50 \text{ Km}^2 < A < 150 \text{ Km}^2$
<b>B: MEDIANA</b>	$2.5 \text{ Km}^2 < A < 50 \text{ Km}^2$
<b>C: PEQUEÑA</b>	$A < 2.5 \text{ Km}^2$

Fuente: Adaptado de Castillo, 2006

➤ **Clasificación por Naturaleza del Suelo:** Se clasifica por el grado de contribución de material sólido (Ver tabla 5).

*Tabla 5. Clasificación por Naturaleza del Suelo*

<b>A: Alta contribución</b>	Material de laderas en suelos no cohesivos, sueltos, áreas de avalancha, con alturas $> 5\text{m}$ y con $S_{\text{laderas}} > 35^\circ$ .
<b>B: Moderada contribución</b>	Material de laderas en suelos cohesivos y densos con alturas $> 5\text{m}$ . En suelos no cohesivos y sueltos $< 5\text{m}$ y con $S_{\text{laderas}}$ entre $15^\circ$ y $45^\circ$ .
<b>C: Baja contribución</b>	Lechos de roca sana, y o fracturada, material de las riberas denso con alturas $< 5\text{m}$ y con $S_{\text{laderas}} < 15^\circ$ .

Fuente: Adaptado de Castillo, 2006

Una vez denominado la letra A, B, C o D para los diferentes parámetros, obtenemos sus puntajes de la siguiente tabla:

**Tabla 6. Valores de Ponderación para los Diferentes Parámetros**

<b>LOCALIZACIÓN</b>	A	5	B	4	C	3	D	2
<b>PENDIENTE</b>	A	4	B	3	C	2		
<b>ÁREA</b>	A	3	B	2	C	1		
<b>SUELO</b>	A	3	B	2	C	1		
<b>TIPO DE VÍA</b>	A	50	B	30	C	15		
	Duales y 1° clase.		2° y 3° clase.		Trochas			

Fuente: Adaptado de Castillo, 2006

Por último, calculamos la suma total de los puntajes obtenidos de los diferentes parámetros, y clasificamos a la quebrada según la Tabla 1.

## **2.2.2. La hidrología**

### **2.2.2.1. Definición de hidrología**

Existen muchas definiciones de hidrología, U.S. Federal Council for Science and Technology (1962) señala que: “Hidrología es la ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos” (p. s/n).

Para orientar el análisis de la hidrología, Gámez (2009) plantea:

La necesidad de otras disciplinas tales como; la meteorología y climatología, ecología, matemáticas y estadística, edafología, silvicultura, geología, hidroquímica, geografía, física y otras. Así también es auxiliada por la fotointerpretación, la cartografía, la computación, etc. La Meteorología y Climatología: permiten el análisis y procesamiento de datos meteorológicos y sobre todo aquellos que afectan el balance hidrológico como son las precipitaciones y evapotranspiración de una región determinada. La Edafología y Geología: permite el estudio de los procesos

de infiltración, percolación, susceptibilidad del suelo a la erosión, escorrentía superficial, etc. (p. 8).

#### **2.2.2.2. Ingeniería hidrológica**

La ingeniería hidrológica es una ciencia aplicada, la cual según Cahuana & Yugar (2009) “usa principios hidrológicos en la solución de problemas de ingeniería, que surgen de la necesidad de explotación y uso de los recursos hídricos, así como para la protección contra daños ocasionados por éste” (p.2).

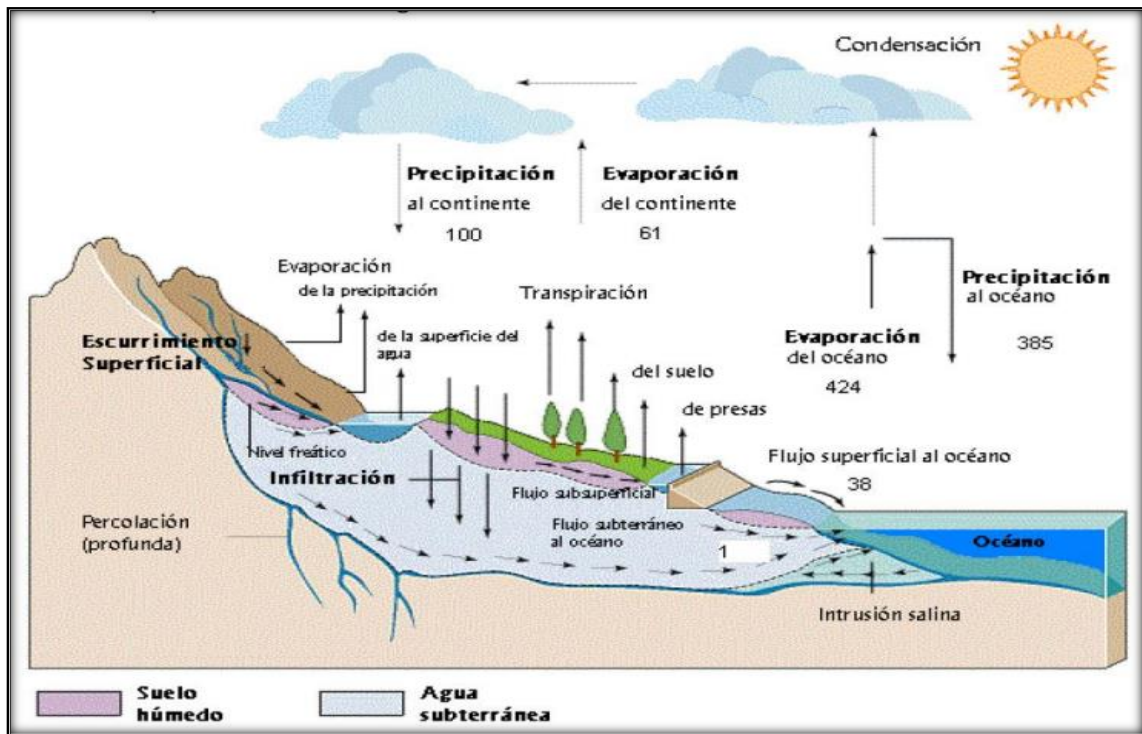
#### **2.2.2.3. Ciclo hidrológico**

##### ***2.2.2.3.1. Definición***

El ciclo hidrológico es un fenómeno global de circulación del agua entre la superficie terrestre y la atmósfera, provocado fundamentalmente por la energía solar y la energía gravitacional; así mismo, el ciclo hidrológico es el conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso), como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc.). (Cahuana & Yugar, 2009, p. 5).

“El ciclo hidrológico es el foco central de la hidrología, El ciclo no tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren en forma continua” (Ven Te Chow et al., 2000, p. 2).

El ciclo hidrológico (Figura 2) es irregular. Una muestra de ello son los periodos de sequías y de inundaciones, que ocurren.



**Figura 2. Ciclo Hidrológico**

Fuente: Tomado de SENAMHI – Modificado de Ven Te Chow, 1988.

### 2.2.2.3.2. Fases o procesos del ciclo hidrológico

Gámez (2009) refiere que los procesos que intervienen en el ciclo hidrológico son: evaporación, condensación, precipitación, interceptación, infiltración, percolación, afloramiento, almacenamiento, escurrimiento, transpiración, etc. A continuación, se describe cada uno de ellos:

- **Evaporación:** “Fenómeno por el cual el agua que se encuentra sobre la superficie terrestre se evapora bajo el efecto de la radiación solar y el viento. El valor aumenta con la intensidad de la radiación y la temperatura del aire” (Gámez, 2009, p.15).
- **Condensación:** “Es el paso del agua de su estado de vapor a su estado líquido o sólido, mediante la reducción de su temperatura” (Gámez, 2009, p.15).



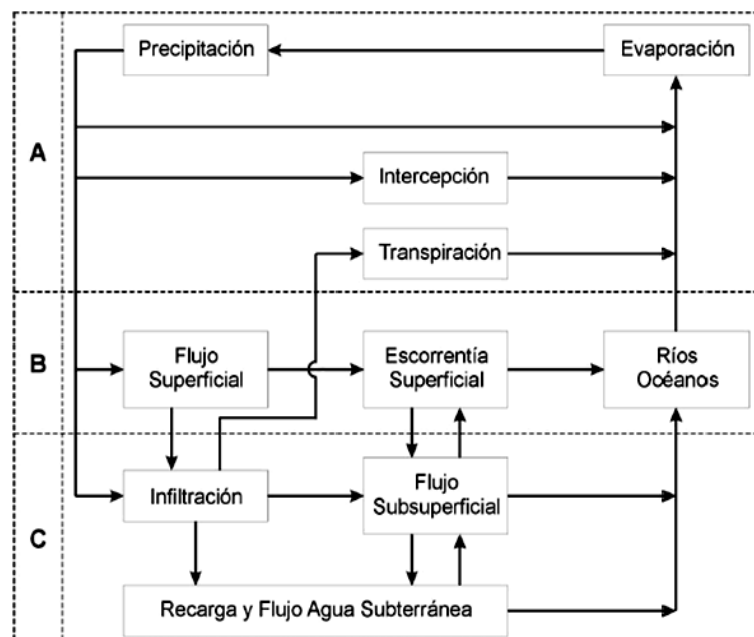
- **Precipitación:** “Es la caída del agua en estado líquido (lluvia) o sólido (nieve y granizo) hacia la superficie terrestre. Es un fenómeno que sucede como producto de la condensación del vapor de agua” (Gámez, 2009, p.15).
- **Intercepción:** “Cantidad de agua que se retiene en las plantas y construcciones y puede evaporarse de nuevo” (Gámez, 2009, p.15).
- **Infiltración:** “Es el movimiento del agua a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por la acción de fuerzas gravitacionales y capilares” (Gámez, 2009, p.15).
- **Percolación:** “Es el flujo de agua en zonas muy profundas del suelo, se almacena como agua subterránea y aflora en manantiales, ríos o el mar, se le conoce también como flujo subterráneo” (Gámez, 2009, p.15).
- **Escorrentía o escurrimiento:** “Es la parte de la precipitación que fluye por la superficie del terreno con cauce definido o en el interior del mismo” (Gámez, 2009, p.15).
- **Escurrimiento superficial:** “Es el flujo de agua sobre la superficie del terreno sin un cauce definido, que corre en todas direcciones. (Gámez, 2009, p.15).
- **Escurrimiento subsuperficial:** “Es la parte de la precipitación infiltrada que no ha pasado al nivel freático y que reaparece como flujo a través de canales de corrientes. La cantidad de

escurrimiento subsuperficial depende de las condiciones geológicas de la zona” (Gámez, 2009, p.15).

- **El escurrimiento subterráneo:** “Es el producto de la lluvia que se infiltra hasta llegar a los niveles freáticos y viaja por este camino hasta enriquecer las corrientes superficiales” (p.17).

### 2.2.2.3.3. El ciclo hidrológico como sistema

El ciclo hidrológico actúa como un sistema, ya que cada elemento es parte de un proceso de entrada y salida, donde intervienen distintos elementos. Para Cahuana & Yugar (2009) “El ciclo hidrológico puede tratarse como un sistema cuyos componentes son precipitación, evaporación, escorrentía y las demás fases que intervienen en el mismo. Estos componentes pueden agruparse como subsistemas del ciclo total” (p. 6). La Figura 3, muestra al ciclo hidrológico dividido en tres subsistemas.



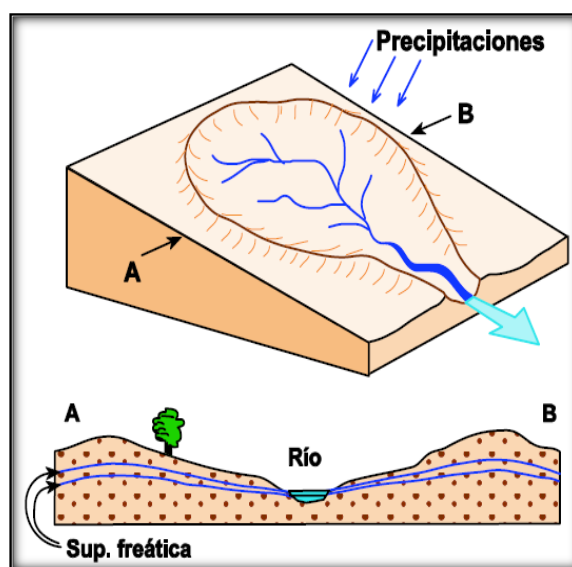
**Figura 3. Ciclo Hidrológico como Sistema**  
Fuente: Tomado de Carhuana & Yugar, 2009)

- “Sistema de agua atmosférica (A), contiene los procesos de precipitación, evaporación, intercepción y transpiración”.
- “Sistema de agua superficial (B), contiene los procesos de escorrentía superficial y, nacimientos de agua subsuperficial y subterránea y escorrentía hacia ríos y océanos”.
- “Sistema de agua subsuperficial (C), contiene los procesos de infiltración, escorrentía subsuperficial y escorrentía de agua subterránea; la escorrentía subsuperficial ocurre en la capa de suelo cercana a la superficie, mientras que la escorrentía de agua subterránea lo hace en estratos profundos de suelo y roca”.

### 2.2.3. Cuenca hidrográfica

#### 2.2.3.1. Definición

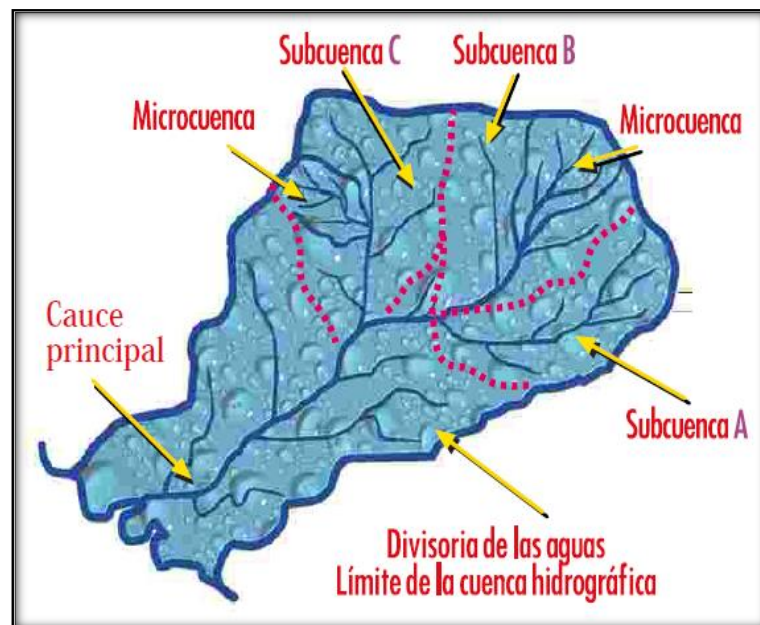
Una cuenca hidrográfica es un área definida topográficamente, drenada por un curso de agua o un sistema conectado de cauces de agua, tal que todo el caudal efluente es descargado a través de una salida (Monsalve, 1999).



*Figura 4. Cuenca Hidrográfica*  
Fuente: Tomado de Sánchez, 2004.

### 2.2.3.2. División de una cuenca

Según World Vision (2004) Las cuencas se pueden dividir en áreas definidas por la relación entre el drenaje superficial y su importancia para con la corriente principal. Para ello es de mucha significancia trazar la red hídrica, pues determina las zonas en que se divide una cuenca. Cuando al cauce principal llega una red secundaria, esta forma una subcuenca. También, cuando el cauce principal de una subcuenca llega una red terciaria, esta forma una microcuenca. Finalmente, se ubican las quebradas, las cuales son redes menores.



*Figura 5. División de una Cuenca*  
Fuente: Tomado de World Vision, 2004.

### 2.2.3.3. Parámetros geomorfológicos de la cuenca

Los parámetros geomorfológicos controlan en gran parte los fenómenos producidos en una cuenca, desde su entrada constituida por la precipitación y el caudal en su salida.

### 2.2.3.3.1. *Parámetros generales*

#### a) Área de la cuenca

Cahuana & Yugar (2009) refiere que “el área de la cuenca es una proyección horizontal plana, de forma muy irregular, obtenida después de delimitar la cuenca; se reporta en kilómetros cuadrados, excepto las cuencas pequeñas que se expresan en hectáreas” (p.18). Actualmente, existen diversos softwares que pueden determinar con mayor exactitud la longitud y área de una cuenca. Entre estos programas, se encuentran:

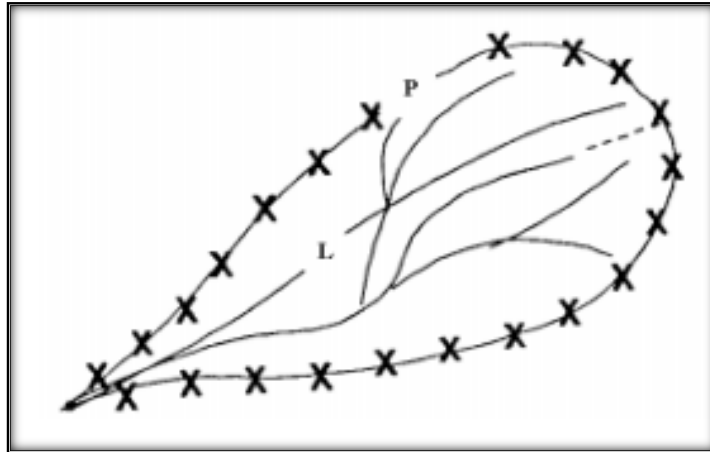
- **SIG:** “ILWIS”, “ARCVIEW”, “ARGIS”, “IDRISI”, etc.
- **CAD:** “AUTOCAD”, “LANDDESKTOP”, “VECTOR WORK”, etc.

#### b) Longitud, perímetro y ancho

La longitud "L" de la cuenca, puede estar definida como la distancia horizontal entre un punto aguas abajo (punto más bajo del eje de la quebrada) y otro punto aguas arriba donde el eje de la quebrada principal corte la línea de contorno de la cuenca (Figura 6). La longitud de la línea divisoria de la cuenca, es decir el perímetro (P), es un parámetro significativo, ya que con el área nos indica la forma de la cuenca (Castillo, 2006).

El ancho (W) se determina mediante la relación del área (A) y la longitud de la cuenca (L).

$$W = \frac{A}{L}$$



*Figura 6. Longitud y Perímetro de una Cuenca*  
Fuente: Tomado de Castillo, 2006.

#### 2.2.3.3.2. *Parámetros de forma*

##### a) *Coefficiente de compacidad o índice de gravelius*

Gámez (2009) indica que “el caudal de salida depende directamente de la forma de la hoya, dado que una cuenca pequeña y redondeada, tenderá a concentrar con mayor rapidez sus escurrimientos, a diferencia de una alargada” (p.36). Este coeficiente puede expresarse por un factor “K”, la cual se expresa como:

$$K = 0.28P/A^{0.5}$$

Donde:

K: “Coeficiente de compacidad o de Gravelius”  
(adimensional)

P: Perímetro de la cuenca (Km)

A: Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

En base a la cuantificación se distinguen tres tipos de formas:

**Tabla 7. Tipos de Forma de Cuencas**

VALORES DE “K”	TIPOS O CLASES DE FORMAS
1.00 a 1.25	Casi redondeada a oval redonda
1.26 a 1.50	Oval redonda a oval oblonga
1.51 a 1.75	Oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: Adaptado de Gámez, 2009.

**b) Factor de forma de una cuenca**

Cahuana & Yugar (2009) afirma que el factor de forma fue definido por Horton, mediante la siguiente ecuación:

$$F_f = \frac{B}{L_c}$$

$$F_f = \frac{A}{L_c^2}$$

Ancho promedio de la cuenca:

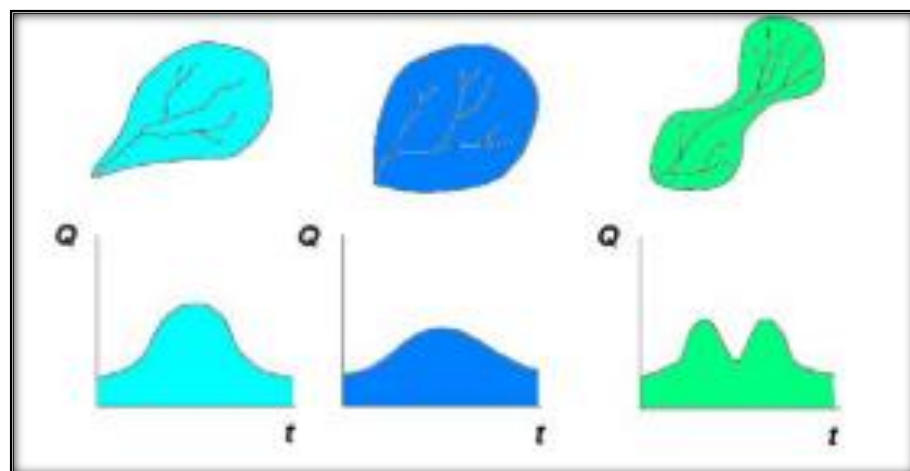
$$B = \frac{A}{L_c}$$

Donde:

B: Ancho Promedio de la cuenca (Km)

A: Area de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

Lc : Longitud de la cuenca (Km)



**Figura 7. Diferentes Hidrogramas para cada Tipo de Cuenca**

Fuente: Tomado de Cahuana & Yugar, 2009

*Tabla 8. Valores Interpretados del Factor de Forma*

VALORES APROXIMADOS	FORMA DE LA CUENCA
< 0.220	Muy alargada
0.220 – 0.300	Alargada
0.300 – 0.370	Ligeramente alargada
0.370 – 0.450	Ni alargada ni ensanchada
0.450 – 0.600	Ligeramente ensanchada
0.600 – 0.800	Ensanchada
0.800 – 1.200	Muy ensanchada
>1.200	Redondeada el desague

Fuente: Adaptado de Cachuán, 2017.

### 2.2.3.3.3. *Parámetros de relieve*

#### a) *Pendiente media de la cuenca*

“La pendiente media de la cuenca tiene una importante pero compleja relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces” (Cahuana & Yugar, 2009, p. 23). Además, es uno de los factores físicos que controlan el tiempo del flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las crecidas o avenidas.

“El método más antiguo para obtener la pendiente media consiste en ponderar las pendientes medias de superficie o bandas de terreno en las que queda dividida la cuenca por las curvas de nivel” (Gutiérrez, 2014, p.52).

$$S = \frac{\Delta H * Lcm}{A}$$

Donde:

S: Pendiente media de la cuenca (m/m)

$\Delta H$ : Equidistancia entre curvas de nivel (m)



Lcm: Longitud de todas las curvas de nivel (km)

A: Área total de la cuenca (km<sup>2</sup>)

*Tabla 9. Rangos de Pendiente y Tipo de Terreno*

RANGOS DE PENDIENTE (%)	TIPO DE TERRENO
0 - 2	Llano
2 - 5	Suave
5 - 10	Accidentado medio
10 - 15	Accidentado
15 - 25	Fuertemente accidentado
25 - 50	Escarpado
> 50	Muy escarpado

Fuente: Adaptado de Heras, 1972.

**b) Curva hipsométrica**

Cahuana & Yugar (2009) afirma que “la curva hipsométrica es la representación gráfica del relieve de una cuenca; es decir indica el porcentaje de área de la cuenca de la cuenca en Km<sup>2</sup> que existe por encima de una cota determinada, representado en coordenadas rectangulares” (p.27). La relación hipsométrica (RH), se puede extraer de la curva hipsométrica:

$$R_H = \frac{A_S}{A_b}$$

Donde:

As: Área sobre la curva hipsométrica

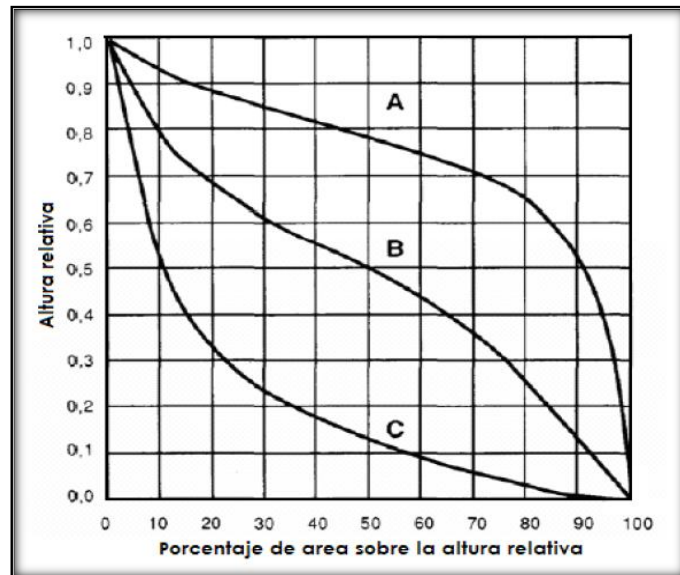
Ab: Área bajo la curva hipsométrica

La relación hipsométrica es importante ya que es un indicador del estado de equilibrio dinámico de la cuenca, es decir, cuando RH=1 nos referimos a una cuenca en equilibrio morfológico.

En la Figura 8 se observa (03) curvas hipsométricas correspondientes a (03) cuencas hipotéticas, los cuales tienen

potenciales evolutivos distintos. “La curva superior (A) refleja una cuenca con un gran potencial erosivo; la curva intermedia (B) es característica de una cuenca en equilibrio; y la curva inferior (C) es típica de una cuenca sedimentaria. Quedando así, representan distintas fases de la vida de los ríos” (Cahuana & Yugar, 2009, p.28).

- “curva A: Cuenca en fase juventud”
- “curva B: Cuenca en fase madurez”
- “curva C: Cuenca en fase de vejez”



*Figura 8. Características de las Curvas Hipsométricas en Ciclo Erosivo*

Fuente: Tomado de Cahuana & Yugar, 2009

c) **Altitud media de la cuenca**

La altitud media de una cuenca es un parámetro que influye sobre la precipitación, las pérdidas de agua por transpiración y evaporación, por ende, sobre el caudal medio de una cuenca. “Este parámetro es el resultado de la relación de la suma de los productos de la altitud media entre dos curvas de nivel

consecutivas por la superficie comprendida entre ambas curvas de nivel y, la superficie total de la cuenca” (Gutiérrez, 2014, p.51).

$$I_i = \frac{\sum(A_i * H_i)}{A}$$

Donde:

Hi: Altitud media entre dos curvas de nivel consecutivas (m)

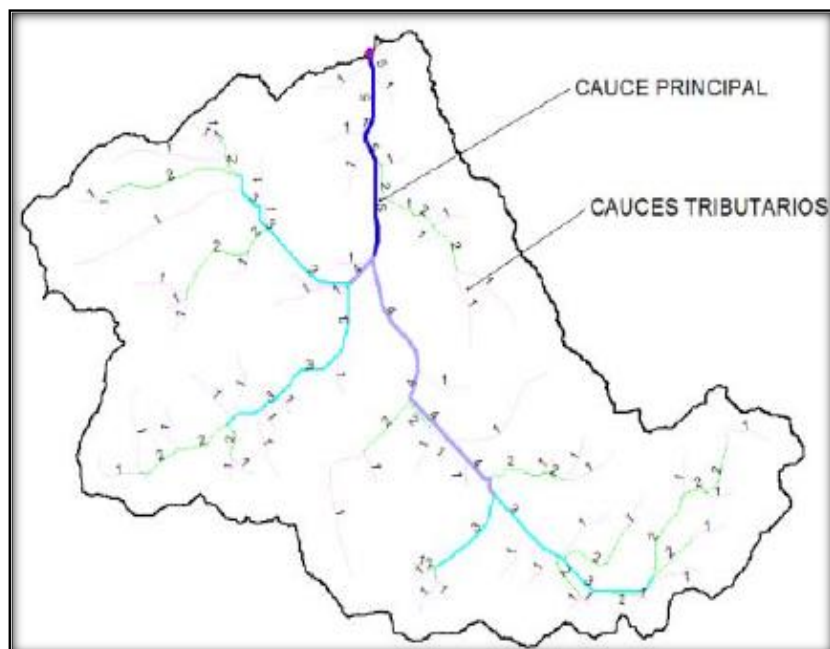
Ai: Superficie de la cuenca comprendida entre las dos curvas de nivel anteriores (km<sup>2</sup>)

A: Superficie total de la cuenca (km<sup>2</sup>)

#### 2.2.3.3.4. *Parámetros de la red de drenaje*

##### a) *Componentes de la red de drenaje*

“La red de drenaje de una cuenca está formada por el cauce principal y los cauces tributarios” (Cahuana & Yugar, 2009, p. 30).



**Figura 9. Componentes de la Red de Drenaje**  
Fuente: Tomado de Cahuana & Yugar, 2009.

**b) Longitud de red hídrica**

“La longitud de la red hídrica es la suma de las longitudes de todos los cauces pertenecientes a esta red de drenaje de una cuenca hidrográfica” (Cachuán, 2017, p. 13).

**c) Longitud de cauce principal**

“La longitud del cauce principal es la longitud del cauce de mayor orden jerárquico de la red hídrica” (Cachuán, 2017, p. 13).

**d) Pendiente media del cauce principal**

“Es la relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima,  $H_{max}$  menos cota mínima,  $H_{min}$ ) y la longitud del mismo,  $L$ ” (Cahuana & Yugar, 2009, p. 35).

$$S_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{L}$$

**2.2.3.4. Tiempo de concentración**

Según Monsalve (1999) el tiempo de concentración es “el tiempo que la lluvia que cae en el punto más distante de la corriente de una cuenca toma para llegar a una sección determinada. Mide el tiempo que se necesita para que toda la cuenca contribuya con esorrentía superficial en una sección considerada” (p. 180). El tiempo de concentración es medido en minutos u horas

Ordoñez & Gallardo (s.f.) afirma que las diversas metodologías existentes para la determinación del tiempo de concentración se basan en las características geométricas y morfológicas de la cuenca. Algunas fórmulas, se muestran a continuación:

$$\text{Kirpich: } T_c = 0.06626(L^2/S)^{0.385}$$

$$\text{Témez y D.N.C: } T_c = 0.3(L/S^{0.25})^{0.76}$$

$$\text{Passini: } T_c = 0.108(A^{0.333}*L^{0.5}*S^{-0.5})$$

$$\text{Bransby - William: } T_c = 14.6*L/(A^{0.1}*S^{0.2})$$

$$\text{Vente Te Chow: } T_c = 0.1602*L^{0.64}*S^{-0.32}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración (hr)

L: Longitud del curso principal (Km)

S: Pendiente del curso principal (m/m)

A: Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

#### **2.2.3.5. Tiempo de retardo**

El tiempo de retardo según INTA (2018) “es el tiempo que transcurre desde el centro de gravedad (máximo) del hietograma de precipitaciones al centro de gravedad (máximo) del hidrograma de caudales. La relación propuesta por el Soil Conservation Service (SCS), es 0.6 veces el tiempo de concentración” (p.25).

#### **2.2.4. Precipitación**

##### **2.2.4.1. Definición**

La precipitación es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie terrestre (Cahuana & Yugar, 2009).

##### **2.2.4.2. Formas de precipitación**

Cahuana & Yugar (2009) refiere que “la precipitación de acuerdo a sus características físicas y producto de la condensación del vapor de agua

atmosférico, formado en el aire libre o en la superficie de la tierra, y de las condiciones locales, puede adquirir diversas formas” (p.43), entre ellas:

- **Llovizna:** Conocidas como garúas, consiste en diminutas gotitas de agua líquida cuyo diámetro fluctúa entre 0.1 y 0.5 mm. Por lo general muy rara vez sobrepasa un valor de 1 mm/h.
- **Lluvia:** Son gotas de agua líquida de más de 5mm de diámetro, las cuales en diversos países la clasifican en:
  - **Ligera:** Lluvias hasta 2.5 mm/h.
  - **Moderada:** Lluvias desde 2.5 a 7.6 mm/h.
  - **Fuerte:** Lluvias superiores a 7.6 mm/h.
- **Escarcha:** Capa de hielo suave y transparente.
- **Granizo:** Es la precipitación en forma de bolas de hielo.
- **Nieve:** La nieve está compuesta de cristales de hielo blanco o translucidos principalmente de forma compleja combinados hexagonalmente.

#### **2.2.4.3. Medición de la precipitación**

La precipitación se puede medir por la altura de lámina de agua en la superficie y su unidad son los milímetros. “Esta altura de lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó” (Cahuana & Yugar, 2009, p.45).

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), registra y procesa las precipitaciones de todo el territorio peruano, ello lo realiza mediante una red de estaciones meteorológicas adecuadamente distribuidas.

Actualmente para obtener información de la cantidad e intensidad de las precipitaciones, existe una diversidad de técnicas e instrumentos. Entre los instrumentos más importantes se encuentran:

**a) Pluviómetro**

Gámez (2009) señala que el pluviómetro es un recipiente cilíndrico con una tapa en forma de un embudo receptor, el cual se comunica con una probeta graduada. Para realizar la lectura se traspasa el agua en la probeta graduada, luego se relaciona el área receptora del pluviómetro y el volumen recolectado, obteniendo finalmente la lámina precipitada.

**b) Pluviógrafo**

Gámez (2009) indica que el pluviógrafo presenta un embudo receptor, el cual está conectado a un sistema de flotadores que permiten el movimiento de una aguja sobre un papel. Este instrumento genera un gráfico, cuyo nombre es “pluviograma”.

**c) Satélites**

Actualmente, los satélites meteorológicos son herramientas novedosas de gran utilidad para la estimación de la precipitación, ya que alcanza grandes extensiones de la superficie terrestre y de los océanos. Para Coaquira (2018) un satélite meteorológico es “una herramienta que se emplea para la observación del clima y la atmósfera, así como todos aquellos fenómenos relacionados a ella, este tipo de satélites proporcionan información actualizada de manera permanente acerca de las condiciones climatológicas a nivel global” (p. 17).

En la siguiente investigación se da uso de los datos de precipitación otorgados por el satélite TRMM.

➤ **Satélite TRMM**

El satélite “Tropical Rainfall Measuring Mission - TRMM” según Asurza *et al.* (2018) fue lanzado el año de 1997, con el propósito de estudiar y monitorear las precipitaciones en las regiones tropicales y subtropicales. El satélite TRMM constituye la misión conjunta (japonesa-estadounidense) entre JAXA (Japan Aerospace and Exploration Agency) y la NASA (National Aeronautics and Space Administration).

Asurza *et al.* (2018) indica que:

“La información registrada por los sensores ha sido dispuesta por la NASA en tres niveles, los cuales se distinguen por el procesamiento que reciben. En el nivel 3 se tiene el 3B42, que provee estimados de precipitación cada 3 horas, la cual consta de dos productos: el near-real-time (3B42RT) y el research-grade (3B42V7). El primero es menos preciso, pero proporciona estimaciones de precipitación rápidas (aproximadamente entre 6 a 9 horas) adecuados para las actividades de monitoreo y modelado en tiempo casi real. El segundo es más preciso, disponible aproximadamente dos meses después de la observación, se calibra con los datos de estaciones con lluvia observada” (p. s/n).

La descarga de datos de precipitación del satélite TRMM, se logra desde la plataforma Giovanni, la cual es una interfaz web de la NASA, que brinda información de diversos satélites. La dirección de descarga de esta plataforma es: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>. En la Figura 10, se observa la interfaz de descarga de la plataforma, donde la selección del tipo de datos se hace en el buscador incorporado en el



servidor. A través de palabra clave TRMM se despliegan diferentes productos disponibles como precipitaciones y otras variables atmosféricas como humedad del suelo, calor latente, nubosidad, etc.

**Select Variables**

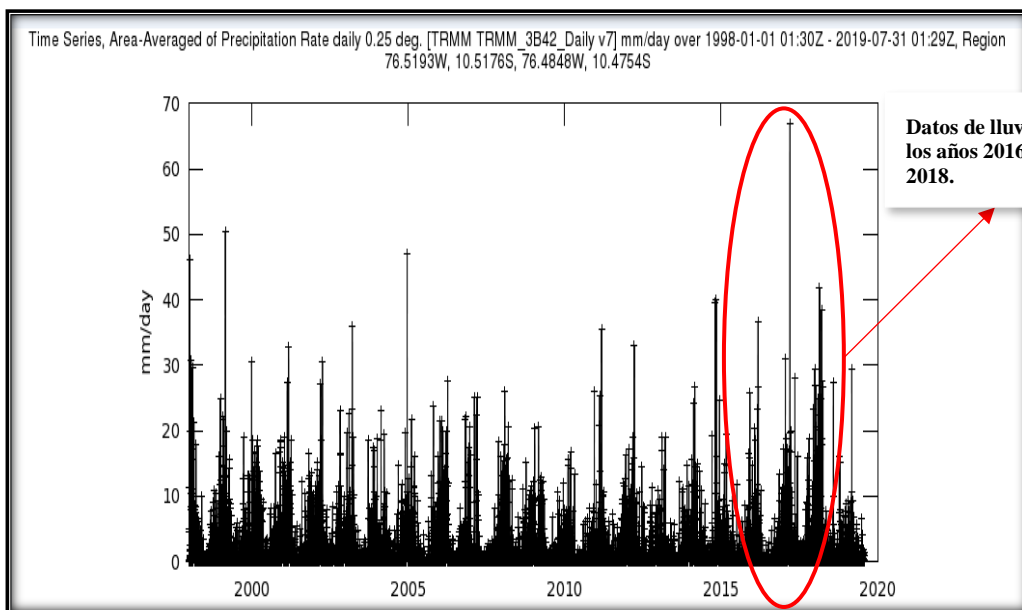
Number of matching Variables: 22 of 1477    Total Variable(s) included in Plot: 1

Keyword: TRMM

Variable	Units	Source	Temp Res.	Spat Res.	Begin Date	End Date	Vert. Slice
<input checked="" type="checkbox"/> Precipitation Rate (TRMM_3B42_Daily_v7)	mm/day	TRMM	Daily	0.25 °	1998-01-01	2019-09-30	-
<input type="checkbox"/> Near-Real-Time Precipitation Rate (TRMM_3B42RT_v7)	mm/hr	TRMM	3-hourly	0.25 °	2003-03-01	2019-12-17	-
<input type="checkbox"/> Cloud Ice (TRMM_3A12_v7)	g/m <sup>3</sup>	TRMM	Monthly	0.5 °	1997-12-01	2015-03-31	0.5 km
<input type="checkbox"/> Surface Convective Precipitation Rate (TRMM_3A12_v7)	mm/hr	TRMM	Monthly	0.5 °	1997-12-01	2015-03-31	-
<input type="checkbox"/> Graupel (TRMM_3A12_v7)	g/m <sup>3</sup>	TRMM	Monthly	0.5 °	1997-12-01	2015-03-31	0.5 km

**Figura 10. Descarga de los Datos en la Plataforma Giovanni**  
Fuente: Tomado desde la Plataforma de GIOVANNI – TRMM.

Para la investigación, la descarga de los datos TRMM del producto 3B42 V7 diario se realizó para el periodo de 1998 al 2019, los datos utilizados fueron de los años 2016, 2017 y 2018 (Ver figura 11).



**Figura 11. Registro de Precipitación Diaria - Yanahuanca - 3B42 V7 del TRMM**  
Fuente: Tomado desde la Plataforma de GIOVANNI – TRMM.

#### **2.2.4.4. Análisis de los datos de precipitación**

Los datos de precipitación sean tomadas de pluviómetros, pluviógrafos, radares o satélites antes de ser estudiados en su comportamiento deben ser revisados y analizados en tres aspectos importantes: si los datos de la estación están *completos*, si es *consistente* y si es de *extensión suficiente* (Cahuana & Yugar, 2009).

##### ***2.2.4.4.1. Estimación de datos faltantes***

Actualmente, la información proporcionada por las estaciones pluviométricas se encuentran con algunos datos faltantes, lo cual ocurre en la mayoría de los casos, por la falla de los instrumentos o la ausencia del observador. Cahuana & Yugar (2009) señala que “esta información dejada de registrar puede ser indispensable para el análisis de fenómenos que involucren la precipitación, por tanto, se han desarrollado algunos métodos sencillos para la estimación de la información pluviométrica faltante” (p. 52).

En la presente tesis se usa tres de los métodos de estimación de registros diarios y mensuales faltantes, las cuales son:

##### **➤ *Método de regresión lineal con datos TRMM***

El método de regresión lineal es usado para estimar un valor faltante a partir de otros datos disponibles. Para el caso de datos pluviométricos Cahuana & Yugar (2009) indica lo siguiente:

“Para completar los registros mensuales, seguidos o intercalados, el uso de regresión lineal entre la estación incompleta y otra base es de enorme ayuda para estimar valores faltantes, para lo cual se debe efectuar la regresión y obtener la correlación (coeficiente de determinación) para evaluar la bondad del ajuste lineal. Es preciso notar que para efectuar el análisis de regresión se debe cumplir que las series sean independientes e idénticamente distribuidas” (p. 60).

Los datos del satélite TRMM permiten completar los datos faltantes de los registros de estación meteorológica, mediante una ecuación de ajuste y un coeficiente de correlación  $r$ . Conforme este valor se aproxime a 1 ó -1 significa una correlación perfecta, valores cercanos a 0 significa correlación nula o escasa dependencia entre las variables de precipitación (Ramírez & Vallejo, 2018).

El coeficiente de correlación ( $r$ ) es interpretado de diferentes formas, la tabla 10 muestra una de ellas:

*Tabla 10. Coeficiente de Correlación “r”*

RANGO DEL VALOR “r”	INTERPRETACIÓN
0 – 0.25	Relación escasa o nula
0.26 – 0.50	Relación débil
0.51 – 0.75	Relación entre moderada y fuerte
0.76 – 1.00	Relación entre fuerte y perfecta

Fuente: Adaptado de Martínez, 2009.

➤ ***Método del U.S Weather Bureau***

El método del U.S Weather Bureau “considera que el dato faltante de una estación X, por ejemplo, puede ser estimada en

base a los datos observados en las estaciones circundantes, el método puede ser aplicado para estimar valores diarios, mensuales o anuales faltantes”. (Cahuana & Yugar, 2009, p. 54)

El método pondera los valores registrados en una cantidad  $W$ , igual al recíproco de la distancia ( $D_i$ ) al cuadrado entre las estaciones vecinas y la estación  $X$ , y por ende la precipitación a determinar es:

$$P_x = \frac{\sum (P_i W)_i}{\sum W_i}$$

Donde:

$P_i$ : “Precipitación observada para la fecha faltante en las estaciones auxiliares circundantes (como mínimo 2), en milímetros”.

$W_i = 1/D_i^2$ , siendo,  $D_i$ : “distancia entre cada estación circundante y la estación (Km) Se recomienda utilizar cuatro estaciones circundantes (las más cercanas), y de manera que cada una quede localizada en uno de los cuadrantes que definen unos ejes coordenados que pasan por la estación incompleta”.

➤ ***Método racional deductivo***

Cuando no se dispone de estaciones cercana o circundantes a la estación incompleta, o bien las existentes no cuentan con observaciones de los datos (meses faltantes), se puede estimar

el valor mensual faltante por medio del método racional deductivo que permitirá estimar los registros mensuales faltantes (como máximo once), apoyándose en la información que brindan los años completos. (Chávarri, 2014, p. 12).

Según Chávarri (2014) el desarrollo del método se puede sintetizar en los siguientes cuatro pasos:

- **Paso N°1:** “Efectuar la suma de precipitaciones mensuales en todos los años completos y obtener la precipitación mensual promedio”.
- **Paso N°2:** “Calcular para todos los años completos los porcentajes mensuales de precipitación, los que serán igual a la lluvia mensual entre el promedio mensual calculado en el paso anterior y por 100. Al sumar los porcentajes calculados y obtener su promedio deberán de obtenerse 1200 y 100, respectivamente”.
- **Paso N°3:** “Todos los porcentajes mensuales correspondientes a cada uno de los doce meses se suman y se divide tal suma entre el número de años completos, es decir se calcula el porcentaje promedio  $S_j$ , con  $j$  variando de 1 a 12, uno para enero y 12 para diciembre”.
- **Paso N°4:** “El método acepta la hipótesis que considera que los meses desconocidos tendrán un porcentaje igual al porcentaje promedio ( $S_j$ )”.

$$P_i = \left( \frac{\sum P}{1200 - \sum S_i} \right) S_i$$

Donde:

i: Cada uno de los meses desconocidos, como máximo pueden ser once.

P<sub>i</sub>: Precipitación mensual desconocida en cada año incompleto, en mm.

ΣS<sub>i</sub>: Suma de los porcentajes promedio de los meses cuya precipitación se desconoce, en porcentaje.

Σp: Suma de las precipitaciones mensuales conocidas en los años incompletos, en mm.

S<sub>i</sub>: Porcentaje promedio asignado a cada uno de los meses desconocidos o faltantes.

#### **2.2.4.4.2. Prueba de datos dudosos - Water Resources Council**

En una serie de datos podrían encontrarse datos que no van a corde al resto de la información, por lo que Ven Te Chow *et al.* (2000) indica:

El método del Water Resources Council recomienda la realización de ajustes de datos dudosos. Los **datos dudosos** (*outliers*) son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante. La retención o eliminación de estos datos pueden afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos

calculados para la información, especialmente en muestras pequeñas. Los procedimientos para tratar los datos dudosos requieren un criterio que involucra consideraciones matemáticas e hidrológicas (p. 415).

La siguiente ecuación de frecuencia puede utilizarse para detectar datos dudosos altos:

$$y_H = \bar{y} + k_n \cdot s$$

Donde:

$y_H$ : Es el umbral de dato dudoso alto en unidades logarítmicas.

$K_n$ : Es tal como se da en la tabla N°8 para un tamaño de muestra  $n$ .

$S$  : Es la desviación estándar.

Según Ven Te Chow *et al.* (2000):

“Los valores de  $K_n$ , dados en la tabla 11 se usan en pruebas de un lado para detectar datos dudosos en el nivel 10% de significancia en información normalmente distribuida. Si los logaritmos de los valores en una muestra son mayores que  $y_H$  en la anterior ecuación, entonces se consideran como datos dudosos altos. Picos de creciente considerados como datos dudosos altos deben compararse con la información histórica y de crecientes en sitios cercanos. La información histórica de crecientes contiene información de eventos inusualmente extremos, fuera del registro sistemático. De acuerdo con el Water Resources Council, si existe información disponible que indica que un dato dudoso alto es el máximo sobre un periodo extendido, el dato dudoso es tratado

como información histórica de crecientes y es excluido del análisis. Si no hay disponibilidad de información histórica útil para comparar con los datos dudosos altos, entonces éstos deben ser retenidos como parte del registro sistemático” (p. 415).

Una ecuación similar puede utilizarse para detectar los datos dudosos bajos:

$$y_L = \bar{y} - k_n \cdot s$$

Donde:

$y_L$ : “Es el umbral de dato dudoso bajos en unidades logarítmicas”.

Se eliminará del registro los picos de crecientes admitidos como datos bajos, luego puede aplicarse un ajuste de probabilidad condicional indicado por el Water Resources Council (Ven Te Chow et al., 2000).



Tabla 11. Valores de  $K_n$  para la Prueba de Datos Dudosos

<b>VALORES <math>K_n</math> PARA LA PRUEBA DE DATOS DUDOSOS</b>							
<b>Tamaño de muestra n</b>	<b><math>K_n</math></b>	<b>Tamaño de muestra n</b>	<b><math>K_n</math></b>	<b>Tamaño de muestra n</b>	<b><math>K_n</math></b>	<b>Tamaño de muestra n</b>	<b><math>K_n</math></b>
10	2.04	24	2.47	38	2.66	60	2.84
11	2.09	25	2.49	39	2.67	65	2.87
12	2.13	26	2.5	40	2.68	70	2.89
13	2.18	27	2.52	41	2.69	75	2.92
14	2.21	28	2.53	42	2.7	80	2.94
15	2.25	29	2.55	43	2.71	85	2.96
16	2.28	30	2.56	44	2.72	90	2.98
17	2.31	31	2.58	45	2.73	95	3
18	2.34	32	2.59	46	2.74	100	3.11
19	2.36	33	2.6	47	2.74	110	3.05
20	2.39	34	2.62	48	2.75	120	3.08
21	2.41	35	2.63	49	2.76	130	3.1
22	2.43	36	2.64	50	2.77	140	3.13
23	2.25	37	2.65	55	2.8		

Fuente: Adaptado de U.S. Water Resources Council, 1981.

Nota: Esta tabla contiene valores de  $K_n$  de un lado con un nivel de significancia del 10% para la distribución normal.

## 2.2.4.5. Análisis estadístico de datos hidrológicos

### 2.2.4.5.1. Funciones de distribución de probabilidad

Villón (2002) refiere que “el hidrólogo tendrá disponible un registro de datos hidrometeorológicos (precipitación, caudales, etc.), a través de su conocimiento del problema físico escogerá un modelo probabilístico a usar, que represente en forma satisfactoria el comportamiento de la variable” (p. 17). Para utilizar estos modelos probabilísticos, se deben calcular sus parámetros y realizar la prueba de bondad de ajuste (Figura 12).

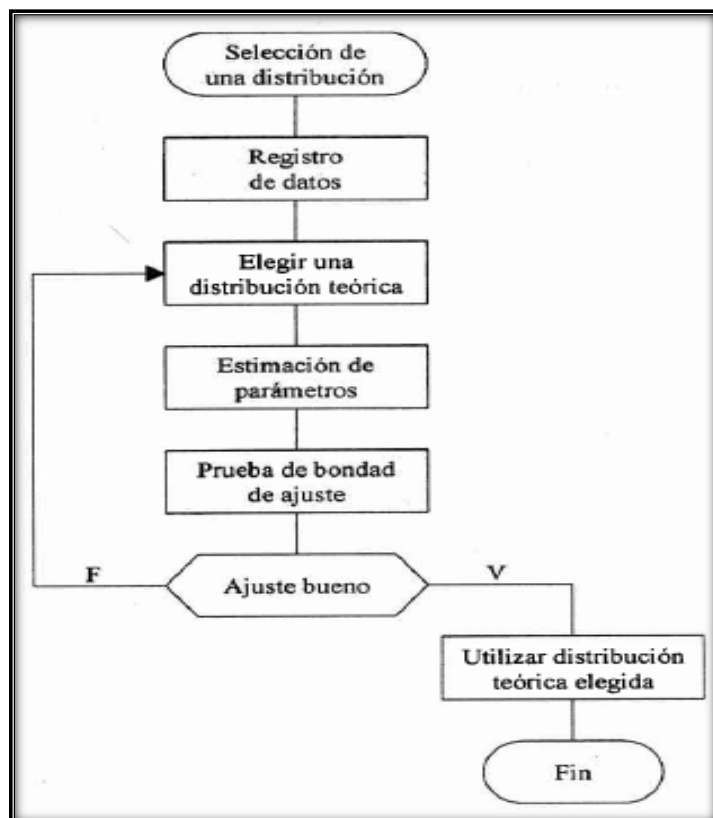


Figura 12. Procesos de Selección de una Distribución Teórica

Fuente: Tomado de Villón, 2002.

Las funciones de distribuciones de probabilidad ayudan a calcular:

- “La probabilidad de los distintos valores que pueden tomar la variable aleatoria”.
- “La probabilidad de tener valores mayores o menores de un determinado límite”.
- “Los valores de probabilidad de ocurrencia asociados a cada valor de la variable aleatoria”.

Las distribuciones teóricas más empleadas son:

- “Distribución Log-Normal de 2 ó 3 parámetros”
- “Distribución Normal o gaussiana”
- “Distribución Log-Pearson tipo III”
- “Distribución Gamma de 2 ó 3 parámetros”
- “Distribución Gumbel” (**Valor extremo Tipo I**)

Para el caso de precipitaciones máximas, Coras (2004) indica que, estas precipitaciones no se ajustan a distribuciones normales, sino a distribuciones extremas, como la logarítmica-normal, Gamma, Pearson y Gumbel. De estas distribuciones, muchos investigadores señalan que, la función Gumbel conocida como distribución doble exponencial es una de las más empleadas para la frecuencia de precipitaciones extremas. Maldonado (2020) refiere: “La distribución de Gumbel es utilizada para calcular valores extremos, partiendo de una base de datos de niveles máximos” (p. s/n).

En la presente investigación, por lo anteriormente señalado y por el porcentaje de ajuste calculado, se empleará la **función de distribución Gumbel**.

#### 2.2.4.5.2. Pruebas de bondad de ajuste

Las pruebas de bondad de ajuste es un modelo estadístico que tiene como fin “comprobar gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada se ajusta a una determinada función de probabilidad teórica seleccionada a priori, con los parámetros estimados con base en los valores muestrales” ( Cahuana & Yugar, 2009, p.252).

Las pruebas de bondad de ajuste estadístico más empleadas en la hidrología son: Chi –Cuadrado y Smirnov – Kolmogorov; esta última es la que se utiliza en la investigación.

➤ **Smirnov – Kolmogorov:** Villón (2002) refiere que “la prueba de bondad de ajuste Smirnov – Kolmogorov consiste en comparar las diferencias existentes entre la probabilidad empírica de los datos de la muestra y la probabilidad teórica, tomando el valor máximo del valor absoluto”, como se muestra a continuación:

$$D = \text{máx} |F(x) - P(x)|$$

Donde:

D : Estadístico de Smirnov-Kolmogorov, cuyo valor es igual a la diferencia máxima existente entre la probabilidad ajustada y la probabilidad empírica.

F (x) : Probabilidad de la distribución teórica

P (x) : Probabilidad experimental o empírica de los datos.

En la presente investigación para la prueba de bondad de ajuste se emplea el software HYDROGNOMON.

#### **2.2.4.5.3. *Periodo de retorno***

El número de años en que, en promedio se presenta un evento se llama periodo de retorno, intervalo de recurrencia o simplemente frecuencia y se acostumbra a denotarlo por la letra T. Así, por ejemplo, el periodo de retorno de la precipitación máxima en 24 horas de 500 mm es de 25 años, cuando en promedio, se presenta una precipitación de esa magnitud o mayor una vez cada 25 años. (Gámez, 2009, p.76)

#### **2.2.4.5.4. *Análisis de frecuencias de Precipitaciones Máximas***

Dado que los datos de precipitación son obtenidos a horas de observación fijas (por ejemplo, horas enteras), no siempre permitirán conocer las cantidades máximas verdaderas durante el periodo deseado; por ejemplo, estudios efectuados a partir de varios años – estación de datos, indican que multiplicando por 1.13 las cantidades máximas anuales horarias o diarias de un único intervalo de observación comprendido entre 1 y 24 horas, se obtendrán valores cercanos a los obtenidos mediante un análisis de máximos verdaderos. (Lujano, 2013, p. 117)

#### **2.2.4.6. Tormenta de diseño**

##### **2.2.4.6.1. *Relaciones precipitación – duración – frecuencia***

Para Cahuana & Yugar (2009) un “evento lluvioso está definida por tres variables: magnitud de la lluvia o lámina de agua, duración y frecuencia o periodo de retorno” (p. 221). A continuación, se define cada una de ellas:

- “**La magnitud de la lluvia**, es la lámina total ocurrida en el lapso de duración de la tormenta, una forma de definir a la magnitud de la lluvia es mediante la intensidad” (Para Cahuana & Yugar, 2009, p. 221). De las precipitaciones es importante la altura máxima de agua caída por unidad de tiempo, es decir su intensidad.
- “**La duración**, es el tiempo que transcurre entre el comienzo y el fin de la tormenta, que varía según la distribución espacial” (Para Cahuana & Yugar, 2009, p. 221).
- “**La frecuencia**, es el número de veces que se repite una tormenta de características de intensidad y duración definida en un período de tiempo más o menos largo, generalmente en años, se expresa por su periodo de retorno” (Para Cahuana & Yugar, 2009, p. 221).

#### **2.2.4.6.2. Curva intensidad – duración – frecuencia (i–d–f)**

“Las curvas IDF se grafican en un plano cartesiano en el cual se ubica la duración en el eje de las abscisas y la Intensidad (mm/h) en el eje de las ordenadas. Se habla de intensidad máxima por unidad de tiempo” (Cahuana & Yugar, 2009, p. 224).

En la presente investigación la intensidad se determinará de la siguiente manera:

Debido a la poca información de registros de lluvias de corta duración es indispensable establecer una relación lluvia – duración. Por lo cual, Campos (1998) señala que las relaciones o

cocientes a la lluvia de 24 horas se emplean para duraciones de varias horas y propone los factores que se muestran en la tabla 12:

**Tabla 12. Valores Concluidos para las Relaciones a la Lluvia de Duración 24 h**

<b>DURACIONES EN HORAS</b>									
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>24</b>
0.30	0.39	0.46	0.52	0.57	0.61	0.68	0.80	0.91	1.00

Fuente: Adaptado de Campos, 1998.

A partir de los factores propuestos por Campos, Soto (2019) indica que se debe de estimar datos calculados como un porcentaje de los resultados de la precipitación máxima probable para 24 horas, para cada período de retorno. En base a los resultados obtenidos, y los tiempos de duración adoptados, calculamos la intensidad equivalente para cada caso, según:

$$I = \frac{P (mm)}{t_{duración} (hr)}$$

Finalmente, el objetivo es determinar el valor de intensidades máximas para una duración y un periodo de retorno dado, para lo cual en hidrología es usual emplear una fórmula usada en USA.

Villón (2011) indica que la fórmula empírica utilizada en USA, que relaciona la intensidad máxima  $I_{máx}$ , con la duración  $t$ , y el periodo de retorno  $T$ , es:

$$I_{máx} = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

Donde:

$I_{máx}$  = Intensidad máxima (mm/hr).

K, m, n = Parámetros

T = Periodo de retorno (años).

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

“Los parámetros K, n y m, se obtienen a partir de datos medidos, como el de la tabla 13, aplicando una correlación potencial múltiple, a una ecuación del tipo”:

$$I_{m\acute{a}x} = K \cdot T^m \cdot t^{-n}$$

**Tabla 13. Relación T – t – I<sub>máx</sub>**

N° Orden	Periodo de Retorno	Periodo de Duración (min)				
		10	30	60	120	240
m	$T = \frac{n + 1}{n}$					
1	30	105	83	65	50	23
2	15	102	81	64	42	20
3	10	83	72	50	28	18
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
n = 29	.	.	.	.	.	.

Fuente: Adaptado de Villón, 2011.

### 2.2.4.6.3. Hietograma

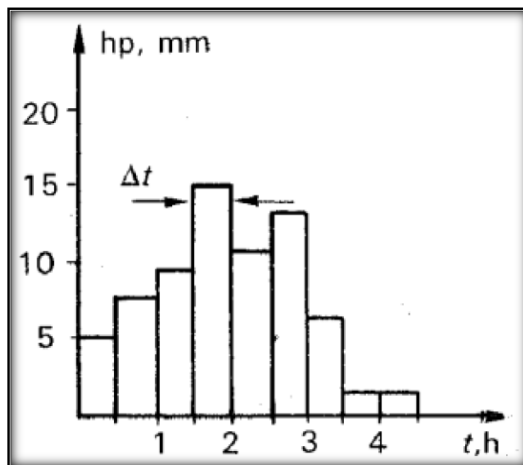
Cahuana & Yugar (2009) señala que:

“Un hietograma es un gráfico de barras que relaciona la precipitación en función a intervalos regulares de tiempo (hietograma de precipitación, Figura 14). En la figura 13, se puede observar un hietograma de intensidades que corresponde a una tormenta registrada por un pluviograma.

Los hietogramas son muy utilizados en el diseño de tormentas, para el estudio de caudales máximos, y se deriva de la

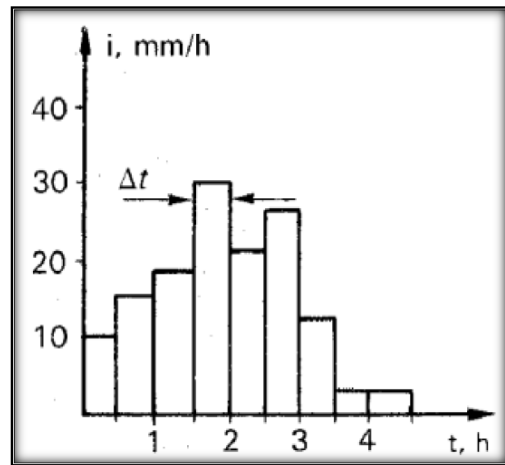


curva de masa. El área bajo el hietograma representa la precipitación total recibida en ese período” (p. 51).



**Figura 13. Hietograma de Alturas de Precipitación**

Fuente: Cahuana & Yugar, 2009.



**Figura 14. Hietograma de Intensidades**

Fuente: Cahuana & Yugar, 2009.

### 2.2.5. Escurrimiento

“El escurrimiento o escorrentía es el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca” (Aparicio, 1992, p.27).

#### 2.2.5.1. Componentes

Según Cahuana & Yugar (2009) el escurrimiento total proveniente de una cuenca típica heterogénea tiene cuatro componentes:

- Precipitación en los cauces
- Escurrimiento superficial (flujo sobre el terreno).
- Escurrimiento subsuperficial o Hipodérmico.
- Escurrimiento subterráneo.

##### a) *Escurrimiento Superficial*

El escurrimiento superficial es el agua que escurre sobre la superficie del suelo que proviene de la precipitación no infiltrada y que después escurre por los cauces (Cahuana & Yugar, 2009).

**b) *Escurrimiento Subsuperficial o Hipodérmico***

El escurrimiento subsuperficial es aquél que luego de infiltrarse una determinada cantidad en el perfil del suelo, se manifiesta escurriendo en la primera capa del suelo, y en algunos casos, vuelve a aparecer en superficie, sumándose al superficial (Cahuana & Yugar, 2009).

**c) *Escurrimiento Subterráneo***

El escurrimiento subterráneo es aquel que proviene del agua subterránea, la cual es recargada por la parte de la precipitación que se infiltra, una vez que el suelo se ha saturado (Cahuana & Yugar, 2009).

**2.2.5.2. Factores que afectan el escurrimiento superficial**

Los factores que afectan al escurrimiento superficial son:

**a) Factores Climáticos (Meteorológicos)**

- ***Formas de precipitación***
- ***Tipos de precipitación***
- ***Duración de precipitación.*** La duración de la precipitación en directamente proporcional a la esorrentía superficial (Monsalve, 1999).
- ***Intensidad de la precipitación.*** Cuando mayor es la intensidad de precipitación más rápido el suelo satura su capacidad de infiltración, y se provoca un exceso de precipitación que escurrirá superficialmente (Monsalve, 1999).

- ***Precipitación Antecedente.*** Una precipitación que ocurre cuando el suelo está húmedo debido a una lluvia anterior, será mayor accesible a convertirse en escorrentía superficial (Monsalve, 1999).

#### **b) Factores Fisiográficos**

- ***Características físicas de la cuenca:***
  - Pendiente de la cuenca.
  - Forma de la cuenca.
  - Elevación de la cuenca.
  - Superficie de la cuenca.
- ***Uso del suelo.***
- ***Permeabilidad.*** Cuanto más permeable sea el suelo, mayor será la cantidad de agua infiltrada y menor el exceso de precipitación (Monsalve, 1999).

#### **2.2.6. Infiltración**

Infiltración es el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno en el suelo; se distingue del proceso de percolación porque este último es el movimiento hacia debajo de agua o a través de la zona no saturada hasta el nivel freático o zona saturada. (Monsalve, 1999, p. 131)

##### ➤ **Capacidad de Infiltración**

Monsalve (1999) refiere que:

“La capacidad de infiltración es la capacidad máxima con que un suelo, en una condición dada, puede absorber agua. Se denota como  $f$  y se expresa normalmente en mm/hr. Se define como exceso de precipitación la cantidad

resultante de restar la intensidad de lluvia  $i$ , en mm/hr, a la capacidad de infiltración  $f$ , en mm/hr, en un tiempo dado  $\Delta t$ .

A la capacidad de infiltración sólo se llega durante una lluvia si el exceso de precipitación es mayor o igual a cero. En caso contrario, la capacidad de absorción de agua del suelo no es máxima, y por consiguiente no es igual a la capacidad de infiltración” (p. 134).

$$\text{Exceso de precipitación} = (i - f) \Delta t, \text{ en mm}$$

$$\text{Ahora,} \quad \text{si: } [i < f \implies f_0 = i]$$

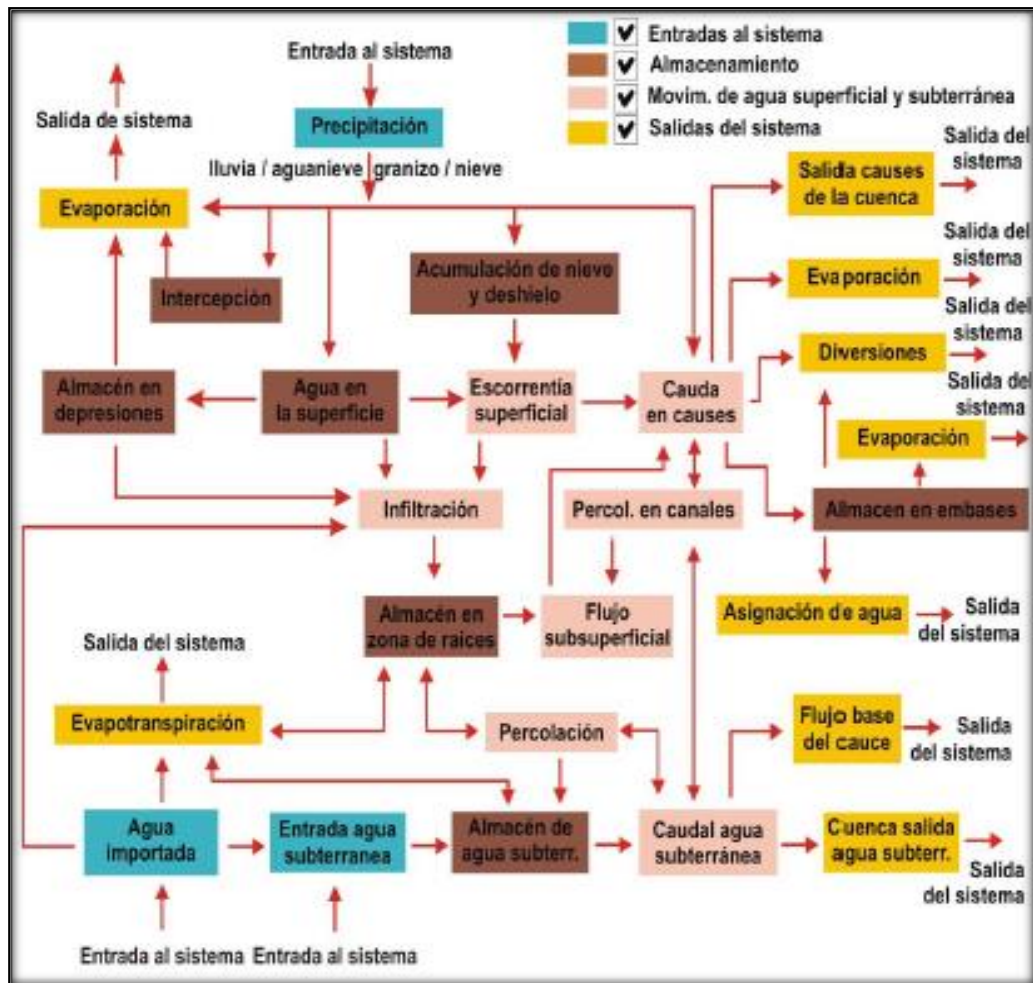
$$\text{si: } [i \geq f \implies f_0 = f]$$

Donde  $f_0$ , es la capacidad de absorción del terreno, en (mm/hr).

### **2.2.7. Modelamiento hidrológico**

El modelamiento hidrológico es una herramienta de gran significancia para el análisis y estudio de avenidas. El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (s.f.) refiere que “actualmente con estos modelos hidrológicos, se realiza el análisis y la prevención de las inundaciones y huaycos; además, es posible manejar hipótesis suficientemente realistas o previsibles que ofrezcan un cierto grado de confianza para la toma de decisiones” (p. s/n).

Los modelos hidrológicos son representaciones simplificadas de los sistemas hidrológicos reales, a partir de los cuales se estudia la relación causa-efecto de una cuenca, a través de datos de entrada y salida, esta técnica trata de reproducir mediante un modelo (matemático, principalmente) el comportamiento hidrológico de los procesos físicos de la cuenca (Baldeon, 2016).



**Figura 15. Componentes Generales de un Modelo Hidrológico**

Fuente: Tomado de Baldeón, 2016.

### 2.2.8. Modelo precipitación – escorrentía con método del número de curva

El método de curva fue desarrollado por el “Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE.UU – NRCS”, inicialmente llamado “Servicio de Conservación de Suelos – SCS” para determinar la precipitación efectiva mediante la cobertura del suelo, las condiciones de humedad del suelo, el uso del suelo y la lluvia acumulada

Las cuencas al no estar aforadas es necesario tener métodos con lo que se pueda estimar la altura de precipitación efectiva o escorrentía directa. El método número de curva (CN), es adecuado cuando no se tiene mucha información disponible del suelo y mediciones de escurrimiento. Para estimar caudales

máximos este método es muy utilizado en nuestro medio (Cahuana & Yugar, 2009).

“La metodología del número de la curva (CN), es la más empleada para transformar la precipitación total en precipitación efectiva, surgió de la observación del fenómeno hidrológico en distintos tipos de suelo en varios estados y para distintas condiciones de humedad antecedente. La representación gráfica de la profundidad de precipitación (P) y la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa (Pe), permitió obtener una familia de curvas que fueron estandarizadas a partir de un número adimensional de curva CN, que varía de 1 a 100, según sea el grado del escurrimiento directo” (Cahuana & Yugar, 2009, p. 169). Así un número de la curva CN = 100, indica que toda la lluvia escurre y un CN = 0, indica que toda la lluvia se infiltra.

### 2.2.8.1. Formulación del Método CN

Cahuana & Yugar (2009) afirma que:

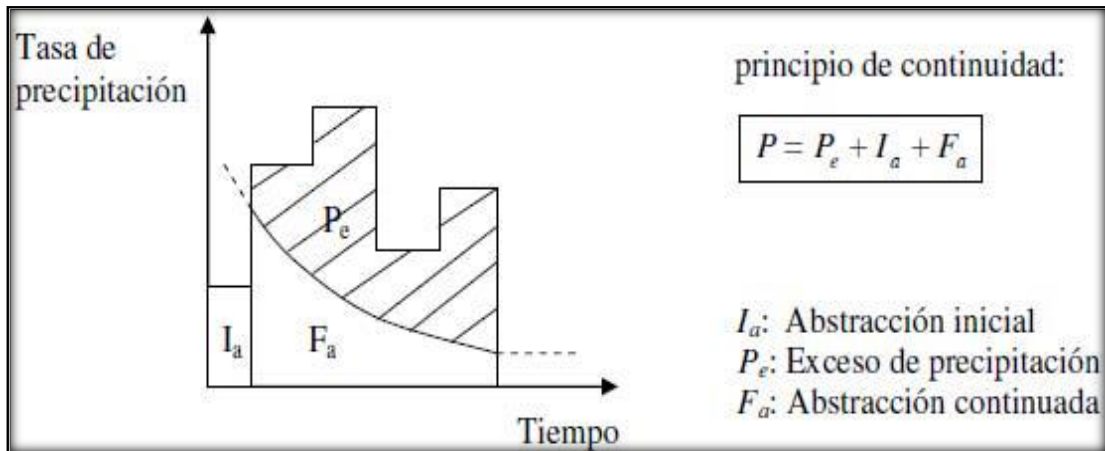
“Para la tormenta como un todo, la altura de precipitación efectiva o escorrentía directa Pe es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación P; de manera similar, después de que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca Fa es menor o igual a alguna retención potencial máxima S; como se aprecia en la Figura 16.

Existe una cierta cantidad de precipitación Ia (Abstracción inicial antes del encharcamiento) para la cual no ocurrirá escorrentía, luego de eso, la escorrentía potencial es la diferencia entre P e Ia”. (p. 169)

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S}$$

Al adoptar la relación empírica: Ia = 0,2\*S, se tiene:

$$Pe = \frac{59}{Q} = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$



**Figura 16. Variables en el Método de Abstracciones del SCS**  
Fuente: Tomado de Cahuana & Yugar, 2009.

### 2.2.8.2. Contenido de humedad antecedente del suelo (AMC)

Cahuana & Yugar (2009) menciona que las condiciones antecedentes de humedad (Antecedent Moisture Conditions) es un factor importante a tener en cuenta en la determinación del número de curva, las cuales se agrupan en tres condiciones básicas. Los números de curva se aplican para condiciones antecedentes de humedad normales, y se establecen las siguientes relaciones para las otras dos condiciones:

$$N(I) \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)}$$

$$N(III) \frac{23CN(II)}{10 - 0.13CN(II)}$$

El método del CN, permite calcular las condiciones de humedad antecedente - AMC, para lo cual considera 5 días de antecedente de lluvia, es decir, suman la lluvia de cada uno de estos días (Ver tabla 14).

Tabla 14. Rangos Para la Clasificación de los AMC

Grupo AMC	Condición	Lluvia antecedente total de 5 días (pulg.)	
		Estación Inactiva (seca)	Estación Activa (de crecimiento)
I	Secas	< 0.5	< 1.4
II	Normales	0.5 a 1.1	1.4 a 2.1
III	Húmedas	Sobre 1.1	Sobre 2.1

Fuente: Adaptado de Cahuana & Yugar, 2009

- “**Condición I:** Suelo seco; no aplicable a crecida de proyecto; caudales chicos. Los suelos en la cuenca están secos, pero no hasta el punto de marchitamiento, cuando se aran o se cultivan bien”.
- “**Condición II:** Suelo medio; asociado a crecidas anuales o promedios. Los suelos en la cuenca se encuentran en estado de humedad normal”.
- “**Condición III:** Suelo húmedo; crecidas máximas; caudales grandes. Los suelos en la cuenca se encuentran en estado muy húmedo, esto se presenta cuando ha llovido mucho o poco y han ocurrido bajas temperaturas durante los cinco días anteriores a la tormenta, y el suelo está casi saturado”.

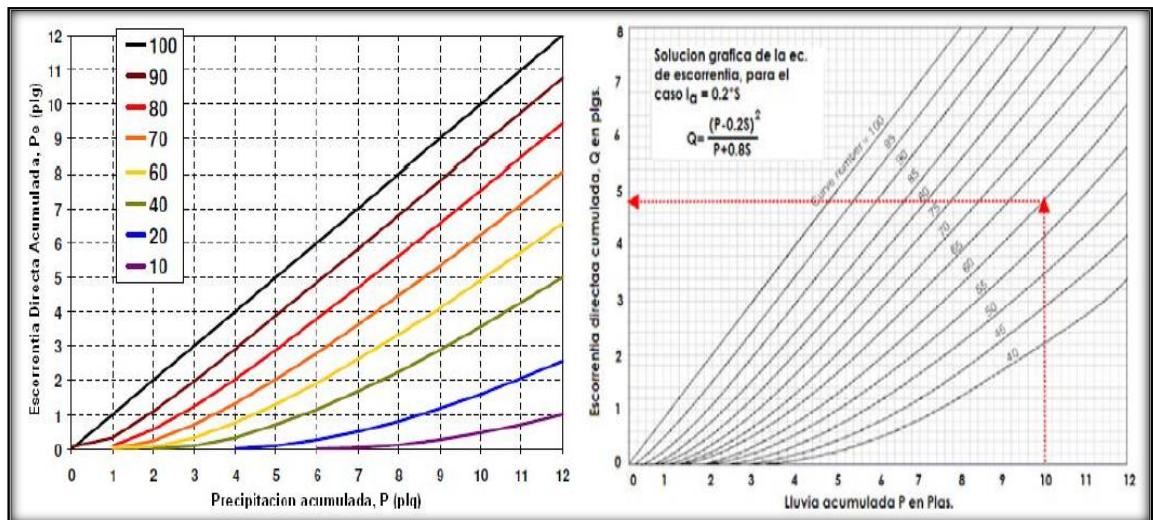
### 2.2.8.3. Número de curva (CN)

Cahuana & Yugar (2009) refiere que el SCS encontró curvas características al representar gráficamente la relación de P y Pe (Figura 17). Para estandarizar estas curvas, se define un número adimensional de curva CN, tal que  $0 \leq CN \leq 100$ .

El número de curva y la retención potencial máxima S se relacionan por:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \text{ (plg.)}$$





**Figura 17. Relación entre P y Pe para Varias Cuencas - NRCS**

Fuente: Tomado de Cahuana & Yugar, 2009.

Según Cachuán (2017) el CN, está tabulado en función de los siguientes parámetros:

- Los usos del suelo.
- El grupo hidrológico del suelo.
- El tipo de práctica con la que se cultiva.
- Las condiciones hidrológicas del terreno para la infiltración.

**a) Los usos del suelo.** La utilización de los terrenos ya sea como área urbana, agrícola, pastizales y bosques tienen influencia en los escurrimientos (Gámez, 2009).

**b) El tipo de práctica con la que se cultiva.** Este parámetro se clasifica en:

- ✓ R: “Cuando las labores de la tierra se hacen sin tener en cuenta la pendiente del terreno”.
- ✓ C: “Cuando el cultivo es por curvas de nivel”.
- ✓ C-T: “Cuando el cultivo es por curvas de nivel y existen además terrazas abiertas (condesagüe) para la conservación del suelo”.

c) **Las condiciones hidrológicas del terreno para la infiltración.**

Depende de la densidad de la cubierta vegetal, se presentan en tres grandes grupos:

*Tabla 15. Condición para la Infiltración*

CONDICIÓN HIDROLÓGICA	DENSIDAD DE COBERTURA
BUENA	> del 75 %
REGULAR	Entre 50% y 75%
MALA	< del 50%

Fuente: Adaptado de Gámez, 2009

d) **El grupo hidrológico del suelo.** El grupo hidrológico del suelo, utilizando las características texturales del suelo, hace referencia a la capacidad de infiltración. El SCS lo clasifica en 4 grupos (Gámez, 2009):

*Tabla 16. Grupos Hidrológicos del Suelo y Características*

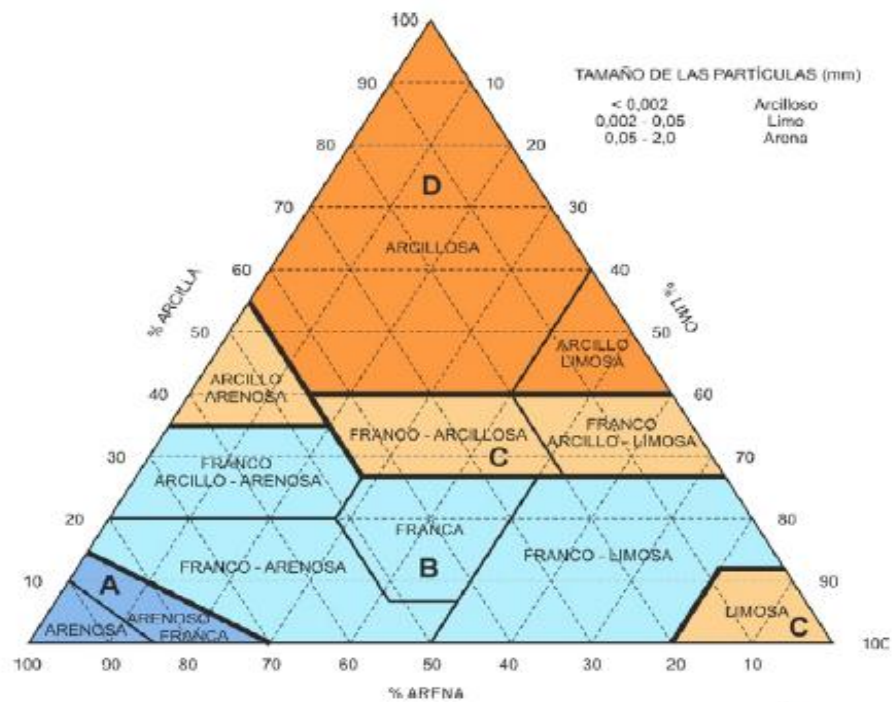
GRUPO DE SUELOS	DESCRIPCIÓN
<b>A</b> Infiltración Mayor a 36.1 mm/h	Suelos de bajo potencial de escorrentía, teniendo altas tasas de infiltración aun cuando está completamente saturado. Arena profunda muy bien drenada, con alta tasa de transmisión de agua.
<b>B</b> Infiltración 14.5 – 36.1 mm/h	Suelos con moderadas tasas de infiltración. Suelos poco profundos, moderadamente drenadas, con texturas moderadamente finas a gruesas. Estos suelos tienen una moderada tasa de transmisión de agua.
<b>C</b> Infiltración 1.5 – 14.5 mm/h	Suelos con baja tasa de infiltración cuando está completamente saturado, principalmente suelos que tienen una capa que impide el movimiento descendente del agua o suelos de textura moderadamente fina a finas. Suelos con altos contenidos de arcilla y baja tasa de transmisión de agua.
<b>D</b> Infiltración 0 – 1.5 mm/h	Suelos de alto potencial de escorrentía, teniendo tasas muy bajas de infiltración cuando está completamente saturado. Son suelos arcillosos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas. Suelos con muy baja tasa de transmisión de agua.

Fuente: Adaptado de Cachúan, 2017

**Tabla 17. Grupos Hidrológicos del Suelo**

Descripción	Grupo
Aluviones y Coluviones actuales	A
Arenas y margas	B
Areniscas rojas, filitas, cuarcitas y pizarras	C
Basaltos	D
Calizas recristalizadas cremas	B
Calizas tableadas azules	B
Coluvial	A
Conos de deyección	A
Cuarcitas blancas, micaesquistos plateados y gneises albiticos	B
Cuarcitas micaceas	D
Diabasas	D
Dolomías negras y calizas	B
Filitas, cuarcitas y calcoesquistos	C
Glads. Limos negros y rojos y cantos encostrados	C
Indiferenciado	C*
Limos y arcillas rojas con episodios de caliche	C
Margas arenosas y margas	C
Margas blancas	D
Margas grises	D
Margas y areniscas	B
Mármoles calizos y dolomíticos	C
Mármoles fajeados y mármoles blancos y crema	C
Micacitas con granates	C
Micaesquistos y cuarcitas	C
Pizarras micaceas y micaditas	D
Terrazas	B
Yesos	C

Fuente: Tomado de Villegas, 2017



**Figura 18. Relación entre la Textura y Grupos Hidrológicos del suelo**

Fuente: Tomado de Farias, Amarilla & Villarroya, 2013.

Los números de curva (CN) se pueden determinar usando el software ArcGIS, para lo cual el uso del suelo se puede reclasificar de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 18. Reclasificación para los Usos de Suelo**

CLASIFICACIÓN ORIGINAL NLCD		CLASIFICACIÓN REVISADA (RECLASIFICACIÓN)	
Número	Descripción	Número	Descripción
11	Agua a cielo abierto	1	Agua
90	Humedales leñosos		
95	Humedales herbáceos emergentes.		
21	Poblados en espacios abiertos	2	Residencial media
22	Poblados de baja intensidad		
23	Poblados de media intensidad		
24	Poblados de alta intensidad		
41	Bosques secos	3	Bosque
42	Bosques verdes		
43	Bosques mixtos		
31	Tierra infértil	4	Agricultura
52	Arbustos / matorrales		
71	Pastizales /herbáceas		
81	Pasto / hemo		
82	Cultivos		

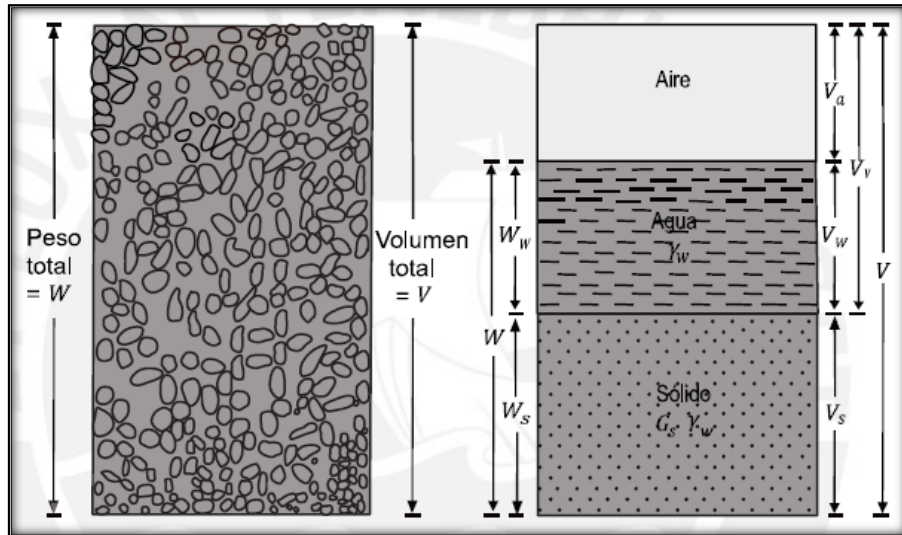
Fuente: Tomado de Cachúan, 2017

### 2.2.9. Mecánica de suelos

Escusa (2016) explica que la importancia de la mecánica de suelos radica en dos conceptos que se aplican a la mecánica de los flujos:

- a) La composición del suelo.
- b) Las propiedades físicas del suelo y, su interacción dinámica y estática de sus componentes.

En estado natural, el suelo presenta de (3) fases: sólidos, agua y aire; el cual se muestra en la Figura 19.



**Figura 19. Fases de un Suelo en su Estado Natural**

Fuente: Tomado de Escusa, 2016.

Escusa (2016) indica lo siguiente:

“Si se toma un bloque de suelo, éste puede ser dividido en las tres fases mencionadas anteriormente según volúmenes y peso, siendo los volúmenes  $V_a$ ,  $V_w$  y  $V_s$  el volumen que ocupa el aire, agua y suelo respectivamente. La suma de estos tres constituye el volumen total del bloque de suelo tomado ( $V$ ). Lo mismo se aplica para los pesos  $W_w$  y  $W_s$  que suman el peso total del suelo ( $W$ ), recordando que el peso del aire es despreciable para efectos prácticos. En un flujo se puede mantener este mismo concepto, estableciendo qué fracción de volumen ocupa cada fase. Evidentemente la concentración de cada uno de estas fases no será constante a lo largo del desarrollo de los flujos ni igual a los que tienen los suelos en estado natural” (p.5).

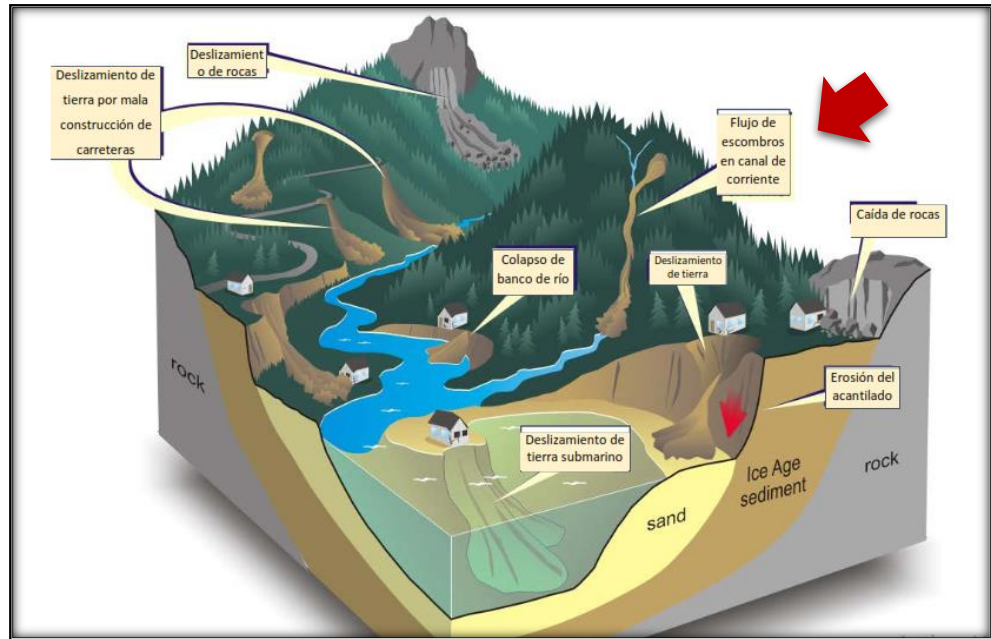
Unknown (2010) menciona que la condición física de la mezcla de suelo y agua está denotada por **LA CONSISTENCIA**, la cual se define como la resistencia al flujo, que está relacionado con la fuerza de atracción entre partículas y es más fácil de sentir físicamente que de describir cuantitativamente. En estas condiciones podemos definir los límites de Atterberg o límites de consistencia como:

- **Límite Líquido:** “El Límite Líquido LL es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo-agua pasa a un estado líquido. En este estado la mezcla se comporta como un fluido viscoso y fluye bajo su propio peso” (Unknow, 2010).
- **Límite Plástico:** “El Límite Plástico LP es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo-agua pasa a un estado plástico. En este estado la mezcla se deforma a cualquier forma bajo ligera presión” (Unknow, 2010).
- **Límite de Contracción:** “El Límite de Contracción es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo-agua pasa a un estado semi sólido. Por debajo de éste contenido de humedad la mezcla se encuentra en estado sólido” (Unknow, 2010).

#### 2.2.10. Los flujos

Los flujos son deslizamientos (Ver figura 20), que adquieren grandes velocidades y que se comportan como fluidos viscosos en movimiento, ya que está conformada por agua y sedimentos (matriz fina y/o granos gruesos). “Las masas se comportan como un fluido, pero es diferente al de los fluidos convencionales como el agua. Los deslizamientos tipo flujo (flujos de escombros, flujos de lodo y flujos de hiperconcentrados), son fenómenos muy complejos por su composición” (Suárez, 2009, p. 173).

Los flujos presentan diferentes tipos de movimiento inicial como son: los caídos, los deslizamientos traslacionales, etc.

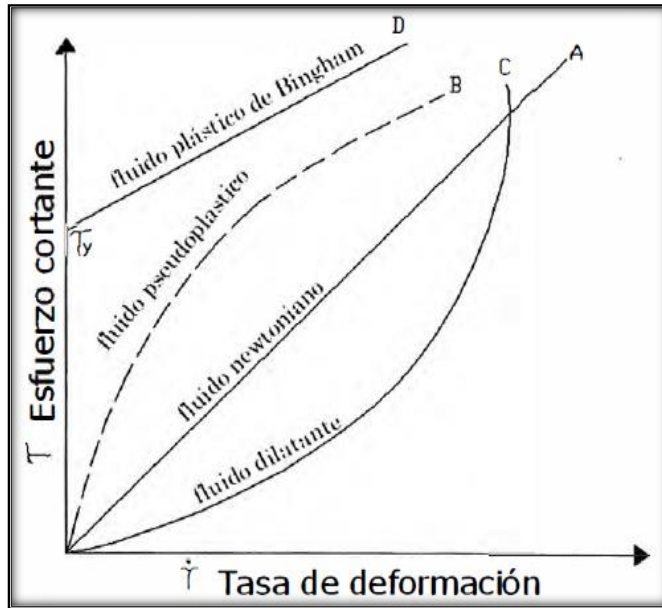


**Figura 20. Tipos de Deslizamiento**  
Fuente: Tomado de Millán, 2018.

### 2.2.10.1. Tipos de Fluidos

Según Castillo (2006) “un fluido es un líquido que se deforma continuamente por esfuerzos cortantes, es decir, que ofrece pequeña, o nula resistencia a las fuerzas tangenciales, que se le aplican” (p. 22).

Existen dos tipos de fluidos, por un lado los **fluidos Newtonianos**, los cuales presentan una resistencia nula o muy pequeña a ser deformados; por otro lado, los **fluidos no Newtonianos**, los cuales tienen una mayor resistencia. Para el caso de un fluido Newtoniano, la relación entre la tasa de deformación y el esfuerzo cortante es lineal, tal como se muestra en el caso (a) de la figura 21, en este tipo de fluido se encuentran todos los líquidos puros como el agua. Pero, los fluidos no-Newtonianos presenta una composición compleja como el barro, por lo que su comportamiento es diferente, así como se muestra en la figura 21, en los casos (b), (c) y (d). (Castillo, 2006).



**Figura 21. Relación entre Esfuerzo Cortante y Tasa de Deformación**

Fuente: Tomado de Castillo, 2006.

### 2.2.10.2. Factores que desencadena los Flujos

Para Suárez (2009) la ocurrencia de flujos puede estar relacionada por varios factores, en primer lugar, por las lluvias ocasionales de índices pluviométricos muy altos, pues la saturación de los materiales subsuperficiales convierte al suelo en un fluido viscoso que puede conducir a la formación de un flujo. También, su activación se relaciona con el deshielo de nevados, los sismos y los deslizamientos en zonas de alta pendiente. Generalmente, los flujos se originan en otros tipos de deslizamiento, las cuales al desintegrarse la masa deslizada y con el agua, forman los flujos.

### 2.2.10.3. Factores que Influyen en el Comportamiento de los Flujos

Los flujos de escombros presentan propiedades muy variables, por lo que se hace complejo estimar los parámetros en campo o laboratorio que permitan conocer acertadamente su comportamiento. Por esta razón, “actualmente, existen diversas formas de simular los flujos de escombros,



y dichas metodologías suelen obedecer a tres factores claves: topografía, hidrología y geotecnia” (Escusa, 2016, p.2).

#### **2.2.10.4. Propiedades de los flujos**

SUÁRES (2009) refiere que las propiedades de todo tipo de deslizamiento, como es el caso de los flujos, son: el volumen, las profundidades o tirantes, las velocidades, áreas de los movimientos, el caudal, su probabilidad de ocurrencia, etc.

#### **2.2.10.5. Tipos de flujos**

Según Suárez (2009) en el Capítulo N° 5, de su libro “Deslizamientos” refiere que los flujos se clasifican en:

➤ **Flujo de agua:**

“Una inundación se define como una descarga de agua extraordinaria con concentración de sedimentos de menos del 5% en volumen. La cantidad de sedimentos en suspensión es insuficiente para afectar sustancialmente la forma como se comporta un flujo de agua” (Suárez, 2009, p. 175).

“Flujos con una carga normal de transporte de sedimentos, que discurre por el cauce de una quebrada en régimen predominantemente turbulento. Las propiedades del fluido Newtoniano gobiernan a éste tipo de flujo” (Castillo, 2006, p. 14).

➤ **Flujo hiperconcentrado granular (debris floods):**

El flujo hiperconcentrado está formado por una mezcla de partículas gruesas (arenas, gravas, cantos rodados y bloques) y agua, por lo que la mezcla no tiene cohesión. “Cuando las concentraciones de sólidos son bajas los materiales se concentran en la parte inferior del flujo, pero

al aumentar la concentración, las partículas se dispersan a través de todo el flujo. Al aumentar la concentración de sedimentos se pueden convertir en flujos de detritos” (Castillo, 2006, p. 14-15).

➤ **Flujo de lodo (mud flow):**

Los flujos de lodo generalmente consisten en altas concentraciones de limos y arcillas (Suárez, 2009).

“A medida que la concentración de finos aumenta, la estructura de los sedimentos se flocula formándose una especie de cohesión de mezcla suelo-agua. La deposición final del flujo viscoso mantiene la estructura dinámica de su movimiento” (Castillo, 2006, p. 14).

➤ **Flujo de escombros / detritos (debris flow):**

Los flujos de escombros también conocidos como flujo de detritos o residuos, consisten en una mezcla de agua y sólidos (sedimentos) de granulometría variada, el cual comprende fracciones finas del tipo de arcillas, limos y arena fina, fracciones intermedias como arena y grava, hasta bolones y bloques de roca de dimensiones variables (Universidad de Chile - Departamento de Ingeniería Civil, 1993).

Los flujos de escombros, contienen generalmente partículas de diferentes tamaños, árboles y material vegetal, las gravas que contiene pueden ser angulares a subangulares, los materiales no son estratificados y son muy pobremente clasificados (Suárez, 2009).

Los flujos de escombros o detritos son comúnmente llamados “**huaycos**”, los cuales son flujos rápidos y con alta concentración de sólidos de entre 30% a 70%. Una vez que el flujo es movilizado, puede

alcanzar velocidades de hasta 15m/s y densidades entre 1600 y 2300 kg/m<sup>3</sup> (Millán, 2018).

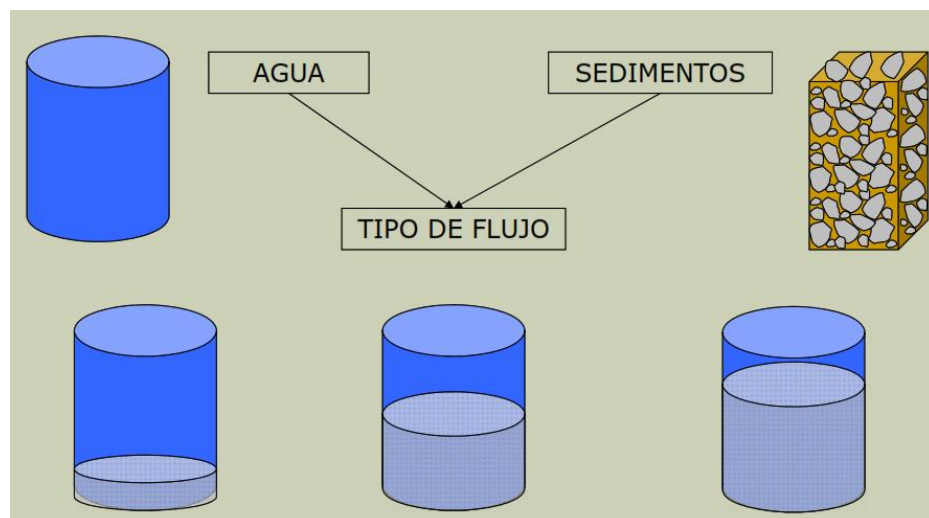
Los flujos de detritos son mecánicamente como un fluido no-newtoniano, ya que la relación entre la tensión de corte y la tasa de deformación es no-lineal.

Según Costa (1988, citado en Castillo, 2006) diferencia tres tipos de flujo (ver Tabla 19): avenida de agua (water flood), flujos hiperconcentrados y flujos de detritos (debris flow). Costa presenta una tabla, donde identifica los tipos de flujo considerando su concentración de sedimentos.

**Tabla 19. Clasificación de Tipos de Flujo (Costa, 1988)**

<b>FLUJO</b>	<b>CONCENTRACIÓN DE SEDIMENTOS</b>	<b>DENSIDAD DE LOS SÓLIDOS (g/cm<sup>3</sup>)</b>
Avenida de Agua	1 - 40% en peso 0.4 – 20% en volumen	1.01 – 1.33
Flujo hiperconcentrado	40 - 70% en peso 0.4 – 20% en volumen	1.33 – 1.80
Flujo de Escombros	70 - 90% en peso 47 – 77.5% en volumen	1.80 – 2.30

Fuente: Adaptado de Castillo, 2006



**Figura 22. Condiciones para el Flujo**

Fuente: Arancibia, 2012

#### 2.2.10.6. Modelo reológico para flujos de escombros

La reología es la ciencia que pretende explicar la deformación de los materiales, tanto sólidos como líquidos. Millán (2018) señala que:

“Existen diversos modelos para representar el comportamiento de los flujos de gravas y barro. Existen dos grupos de modelos, los que representan el flujo de detritos como una sola fase continua y los que lo representan como dos fases.

**Los modelos de una sola fase** tienen como base parámetros de las tensiones, incluyendo modelos elasto-visco-plásticos; entre ellos se encuentran:

- Fluidos Newtonianos y no-Newtonianos
- Modelos convectivos de Maxwell
- Fluidos de Bingham
- Fluidos de Johnson-Segelmann
- Fluidos de Reiner-Rivlin
- Modelo de Herschel-Bulkley
- Modelo de Mohr-Coulomb
- [Modelo de Voellmy](#)
- Modelos hipoplásticos

**Los modelos de dos fases** tienen como base el balance de momentum postulado para cada uno de los constituyentes, con relaciones constitutivas para las tensiones parciales y las fuerzas de interacción (en el caso de una mezcla entre sólido y fluido se trataría de la fuerza que ejerce el fluido sobre las partículas sólidas y la correspondiente reacción sobre el

fluido). Los más reconocidos son: el Modelo de Iverson y el Modelo de Pitman-Le” (p. 7).

#### 2.2.10.7. Concentración de sedimentos por volumen

Palomino & Mauricio (2019) señala que: “Hay varias relaciones importantes de concentración de sedimento que ayudan a definir los flujos de escombros. Estas relaciones describen la concentración de sedimentos por volumen y la concentración de sedimentos por peso” (p.120-122).

La concentración de sedimento por volumen ( $C_v$ ) es dado por:

$$C_v = \frac{\text{volumen de sedimento } (V_s)}{\text{volumen de agua } (V_a) + \text{volumen de sedimento } (V_s)}$$

A partir de esta ecuación, también concluimos que el volumen de sedimentos ( $V_s$ ) es:

$$V_s = \frac{C_v * V_a}{1 - C_v}$$

Según García “el volumen de agua de agua del flujo se estima mediante el producto del caudal de agua seleccionado para un tiempo de retorno escogido de acuerdo al tiempo de concentración” (p. 52).

$$V_a = Q * T_c$$

Donde:

Q: Caudal de agua ( $m^3/s$ )

$T_c$ : Tiempo de concentración (s)

#### 2.2.10.8. Fórmulas Empíricas

“De acuerdo a algunas investigaciones, según observaciones de campo y pruebas analíticas, se han desarrollado fórmulas empíricas y semi-

empíricas que nos ayudan a conocer los parámetros característicos de un flujo de escombros” (Castillo, 2006, p.53). Los parámetros o propiedades del flujo de escombros que nos ayudan a estimar son: caudales pico, velocidades, densidades, entre otros, los cuales son empleados como referencia o datos de entradas para simulaciones en modelos matemáticos computacionales.

### **Estimación de densidad del flujo de escombros**

Según Santuyo & Zambrano (2019) se puede estimar la densidad del flujo de escombros a partir de la concentración volumétrica de la siguiente manera:

$$\rho d = \rho w * (1 - Cv) + \rho S * Cv$$

Donde:

$Cv$ : Concentración volumétrica

$\rho d$ : Densidad de la mezcla ( $\text{kg/m}^3$ )

$\rho w$ : Densidad del agua ( $\text{kg/m}^3$ )

$\rho S$ : Densidad de los sedimentos ( $\text{kg/m}^3$ )

### **Estimación de caudales máximos del flujo de escombros**

En la Tabla 20 se presentan ecuaciones que permiten estimar el caudal pico de los flujos de detritos, los cuales muestran una considerable variación en sus resultados, por ello se deberá de seleccionar el que más se ajuste a la zona de estudio.

**Tabla 20. Ecuaciones Empíricas para Caudal Pico de Flujos**

AUTOR	ECUACIÓN	PARÁMETRO
Mizuyama et al. (1992)	$Q_p = 0.0188 * M^{0.79}$	Caudal Pico o Máximo
Jitousono et al. (1996)	$Q_p = 0.00558 * M^{0.831}$	
Jitousono et al. (1996)	$Q_p = 0.00135 * M^{0.87}$	
Costa (1988)	$Q_p = 0.293 * M_w^{0.56}$	

Fuente: Adaptado de Eloy, 2018

Nota: M: Volumen total desplazado (m³); Mw: Volumen de agua (m³)

### **Estimación de velocidad del flujo de escombros**

Según Costa (1984, citado en Castillo, 2006) se puede estimar la velocidad del flujo de escombros en función del caudal del flujo y la pendiente del canal:

$$V = 2.1 * Q^{0.33} * S_0^{0.33}$$

Donde:

V: Velocidad del flujo (m/s)

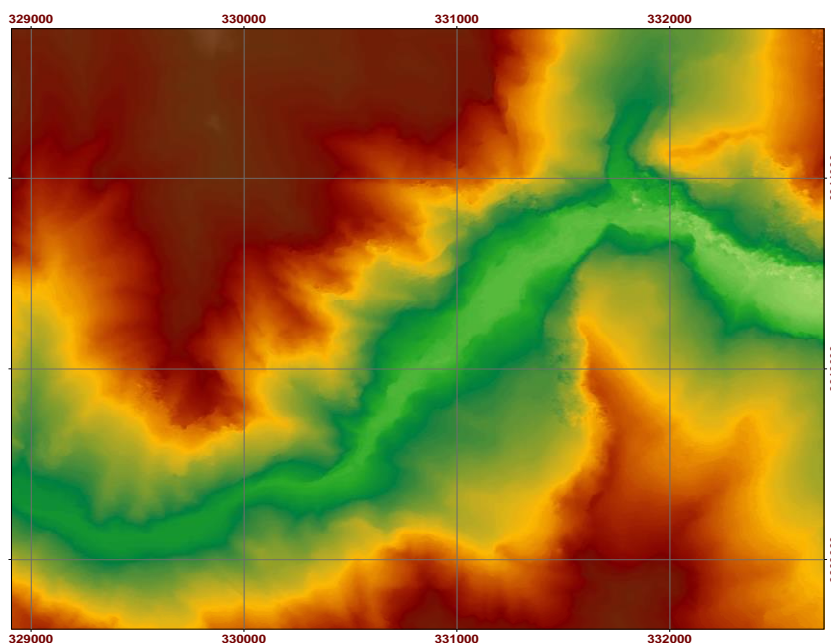
Q: Caudal del flujo (m³/s)

S<sub>0</sub>: Pendiente del canal (m/m)

#### **2.2.11. Modelos digitales de elevación (DEM)**

Un DEM es un modelo que presenta una estructura numérica y digital, que tiene como objetivo mostrar la elevación del terreno de manera espacial; para la representación de los DEM, los modelos de datos pueden ser vectoriales o ráster (grillados). “En los primeros se encuentran las curvas de nivel y la red de triángulos irregulares. En los segundos, se encuentran las matrices de celdas regulares, con cotas sobre una grilla de filas y columnas equidistantes” (Burgos & Salcedo, 2014). Actualmente, existen diversos DEM, los cuales se diferencian

por su resolución, la exactitud con que representa la superficie y por sus diferentes aplicaciones.

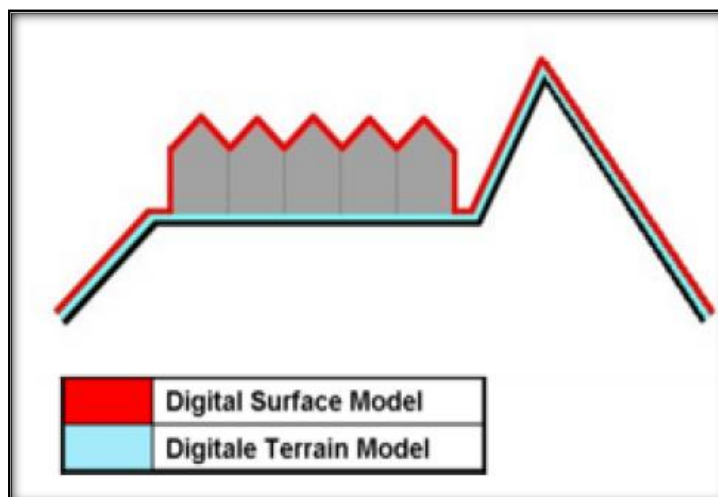


**Figura 23. DEM – Satélite SPOT 7**  
Fuente: Elaboración Propia

Los modelos digitales de elevación (DEM) se clasifican en dos subgrupos, los modelos digitales del terreno y los modelos digitales de superficie. Millán (2018) refiere que:

“Un Modelo Digital de Superficie (MDS) incluye la parte superior de edificios, copas de árboles y otras características sobre la tierra. En cambio, el Modelo Digital del Terreno (MDT) recrea la forma del terreno una vez que fueron removidos todos los elementos como son la vegetación, edificaciones y demás elementos” (p. 19). La Fig. N°24 muestra la diferencia entre estos dos modelos.





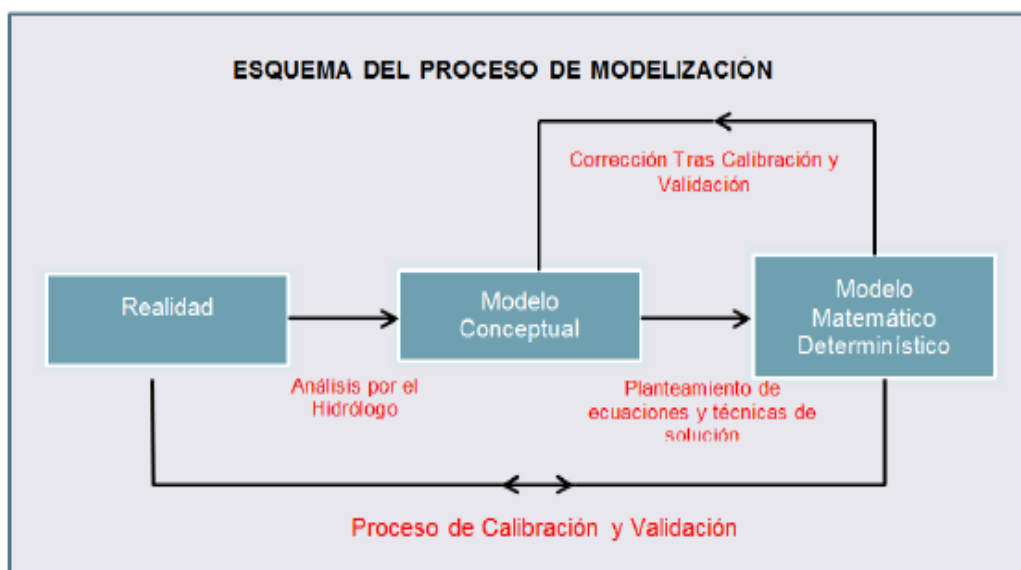
*Figura 24. MDS Vs MDT*  
Fuente: Tomado de Millán, 2018.

Los modelos DEM en un archivo ráster, son generadas por diversas organizaciones como la NASA, las cuales gradualmente pasan a ser de acceso público por la web. Los modelos mas empleados de libre uso son los generados con las imágenes de los siguientes satélites: SRTM, ASTER GDEM y ALOS PALSAR. Pero, existen modelos con más difícil accesibilidad, los cuales cuentan con mayor resolución, como es el caso del satélite SPOT, estas imágenes y DEM's pueden ser adquiridas mediante una solicitud a instituciones públicas o privadas que cuentan con ellos.

## **2.2.12. Modelos matemáticos**

### **2.2.12.1. Generalidades**

“Un modelo, es la representación física de un sistema real, mediante un conjunto de variables y parámetros interrelacionados por medio de una expresión matemática, y que permite simular un proceso del sistema” (Puelles, 2015, p. 77).



*Figura 25. Esquema de un proceso de Modelización*

Fuente: Tomado de Puelles, 2015.

### 2.2.12.2. Aplicación del ArcGIS en la modelación hidrológica

Puelles (2015) refiere que ArcGIS “es una herramienta que permite realizar un análisis de la superficie. En el campo de la hidrología, ArcGIS dispone de diferentes opciones para el análisis y la evaluación de los recursos hídricos, e integra la información necesaria”. Esta información es de vital importancia para:

- “Planificar los recursos hidrológicos del territorio”.
- “Gestionar los recursos hídricos de forma eficiente y sostenible”.
- “Realización de estudios hidrológicos o de inundabilidad”.
- “Gestionar y controlar las masas de agua superficiales”.

### 2.2.12.3. Aplicación de hydrognomon en el modelamiento hidrológico

La aplicación permite procesar datos hidrológicos de manera automática, Chetyrina (2017) refiere que:

El programa HYDROGNOMON es un software libre para el análisis y procesado de series hidrológicas desarrollado por la “National

Technical University of Athens”, este programa permite la aplicación de muchas funciones de distribución y de muchos métodos de ajuste.

Las principales funciones del programa son, entre otras:

- El análisis y proceso de datos hidrológicos.
- El análisis de predicciones, análisis multivariable, análisis de frecuencias y el análisis de las curvas IDF.
- El ajuste de variables extremas y de las funciones de distribución: “Normal, LogNormal, Galton, Exponencial, Gamma, Pearson III, LogPearson III, Gumbel Max, EV2-Max, Gumbel Min, Weibull, GEV-Max, GEV-Min, Pareto, GEV-Max, GEV-Min” (p. 6).

En la presente tesis, el software se empleó para analizar estadísticamente las series de datos de modo de ajustarla a numerosas funciones de manera automática, y así elegir la función con mayor conveniencia para el estudio de lluvias extremas máximas.

#### **2.2.12.4. Aplicación del Hidroesta en el Modelamiento Hidrológico**

Hidroesta es empleado en cálculos matemáticos y estadísticos aplicados a la Hidrología. Puelles (2015) indica lo siguiente:

Hidroesta, es un software que facilita y simplifica los cálculos laboriosos, y el proceso del análisis de la abundante información que se deben realizar en los estudios hidrológicos. El software permite el cálculo de los parámetros estadísticos, cálculos de regresión lineal, no lineal, simple y múltiple así como regresión polinomial, evaluar si una serie de datos se ajusta a una serie de distribuciones. Calcula a partir de la curva de variación

estacional o la curva de duración, eventos de diseño con determinada probabilidad de ocurrencia, realiza el análisis de una tormenta y calcula intensidades máximas, a partir de datos de pluviogramas (p.82). En esta investigación, el software se utilizó para determinar parámetros estadísticos necesarios en la prueba de datos dudosos de precipitaciones por el método del Water Resources Council.

#### **2.2.12.5. Modelamiento Hidrológico con HEC–HMS**

El Sistema de Modelamiento Hidrológico “Hydrologic Modeling System – HMS”, es una aplicación ideal para el modelamiento hidrológico. Según Villón (2011) empleando el modelo HEC-HMS, “se puede simular la respuesta que tendrá la cuenca en su escurrimiento superficial, como producto de la precipitación. El resultado del proceso de modelaje es estimar los hidrogramas de salida de una cuenca a partir de las condiciones extremas de lluvia” (p. 381).

Pacheco (2012) refiere que:

“Para trabajar con el HEC-HMS son imprescindibles los datos de las precipitaciones y de las características morfológicas de la cuenca. Puesto que en este tipo de modelo se coloca el énfasis en la distribución geográfica de la información y sus variaciones en el tiempo, resulta crucial evitar errores relacionados con la componente espacial y las series temporales de los datos, con el fin de obtener resultados de calidad de la simulación. El modelo se vale de los DEM para representar el elemento abiótico del paisaje de la cuenca, conviniendo emplear en su construcción la red hidrológica para definir con mayor detalle las principales líneas de flujo del territorio

drenado. Además asume la influencia de las actividades humanas en la escorrentía empleando el método de número de curva creado por el Servicio de Conservación del Suelo (SCS). Con todos estos datos el HEC-HMS resuelve el problema de la conversión lluvia-caudal estimando previamente las pérdidas producidas por la infiltración” (p. 1-2).

En esta investigación se empleará el modelo HEC-HMS puesto que satisface las necesidades del estudio, considerando también que se encuentra disponible gratuitamente al público.

#### **2.2.12.6. Aplicación de RAMMS en la Modelación de Flujos de Escombros**

Los modelos matemáticos computacionales o programas de software debidamente calibrados, como es el caso de RAMMS, permiten predecir el comportamiento o proceso de movimiento de los flujos. RAMMS (Rapid Mass Movements) cuenta con tres módulos de modelamiento: RAMMS – Avalanche, RAMMS – Rockfall y RAMMS – Debris Flow, este último, se emplea para simular flujos de barros y escombros, la cual será de gran utilidad para la presente investigación.

RAMMS fue desarrollado a inicios del 2005 por el Instituto Federal Suizo de Bosques, Nieve y Paisajes (WSL, por sus siglas en alemán), y el Instituto Federal Suizo de Nieve y Avalanchas (SLF por sus siglas en alemán), y su módulo Debris Flow fue lanzado el 2012 (Millán, 2018).

RAMMS es una herramienta que pretende ofrecer una predicción precisa de alturas de flujo, velocidades y presiones de los flujos de escombros, en base a un modelo digital de elevación (Raimat *et al.* 2013).

Los institutos WSL & SLF (2017) refieren que: “RAMMS: Debris Flow” utiliza “el modelo de la fricción Voellmy”, este modelo fracciona a la resistencia friccional en dos parámetros: el coeficiente de fricción de tipo Coulomb ( $\mu$ ), el cual representa el estrés normal; y un coeficiente de velocidad o fricción viscosa-turbulenta ( $\xi$ ) que representa el estrés asociado a la viscosidad. La resistencia a la fricción  $S$  (Pa) es:

$$S = \mu * \rho * H * g * \cos(\phi) + \frac{\rho * g * u^2}{\xi}$$

Donde:

$\rho$ : densidad (kg/m<sup>3</sup>)

$g$ : aceleración gravitacional (m/s<sup>2</sup>)

$h$ : altura del flujo (m)

$\phi$ : pendiente de la superficie (grados)

$u$ : velocidad del flujo en las direcciones x e y (m/s)

$\xi$ : Coeficiente de Chezy

### **Calibración de los Parámetros de Fricción $\mu$ y $\xi$**

Según el Institutos WSL & SLF (2017) la elección de los parámetros de fricción requiere una calibración del modelo utilizando información de referencia como datos de campo, fotografías de la zona, estimaciones o mediciones de velocidades y tirantes del flujo, así como estimaciones de la composición del material. La mayor dificultad en el caso de la simulación

de flujo de escombros es la gran variedad de composiciones de flujo de escombros, lo cual influye en la elección de los parámetros de fricción. RAMMS: Debris Flow utiliza una fase única en el modelo, ya que no se logra distinguir entre fases fluidas y sólidas, es decir, el material se modela como flujo a granel. Por lo tanto, los parámetros de fricción deben variarse para que coincidan con las propiedades de flujo observadas (para calibrar el modelo) o propiedades de flujo esperadas.

“El modelo recomienda los parámetros por defecto, cuando no se cuenta con información inicial, los cuales son 2000 kg/m de densidad,  $\mu = 0.2$  y  $\xi = 200$  m/s<sup>2</sup>. Estos parámetros se van calibrando según el tipo de suelos granulares o con mayor presencia de arcillas” (Millán, 2018, p. 65).

Santuyo & Zambrano (2019) muestra mediante una tabla, rangos sugeridos para  $\mu$ ,  $\xi$  y C; como parámetros de entrada para la simulación con el software RAMMS (Ver tabla 21).

*Tabla 21. Rangos Recomendados para  $\mu$ ,  $\xi$ , C.*

PARÁMETROS	RANGOS	
$\mu$	0.05 – 0.4	
$\xi$ (m <sup>2</sup> /s)	Flujos granulares/detritos	100 - 200
	Flujos de barro	20 - 1000

Fuente: Adaptado de Santuyo & Zambrano, 2019.

### **Datos de Entrada para Simulación**

El software RAMMS requiere de algunos datos para efectuar la simulación del flujo de escombros, tales como: el modelo digital de elevación (DEM), el área de liberación del flujo o el hidrograma de descarga, el volumen del

flujo, la densidad del flujo, el área de dominio del flujo y los parámetros de fricción del flujo ( $\mu$  y  $\xi$ ), los cuales se muestran en la Tabla 22.

*Tabla 22. Datos de Entrada Necesarias para Simular en RAMMS*

DATOS DE ENTRADA	DESCRIPCIÓN
Modelo de elevación digital (DEM)	Contiene la información topográfica necesaria para realizar simulaciones. Debe ser cargado en su formato como ASCII X,Y,Z regular; ESRI ASCII ó GEOTIFF (información georeferenciada incrustada dentro de un archivo TIFF).
Área de liberación de flujo o Hidrograma	La implementación de uno u otro, se define dependiendo del tipo de flujo que se esté estudiando, si es canalizado o no. Los flujos canalizados tienden a seguir los límites de corrientes preexistentes, y los no canalizados se generan de laderas. Para los primeros, es mejor utilizar hidrogramas, mientras que, para los segundos, es mejor emplear áreas de liberación.
Volumen de flujo $Vt$ ( $m^3$ )	Se puede obtener directamente a partir de datos empíricos y sirve para adecuar los parámetros de resistencia.
Densidad de flujo $\rho$ ( $kg/m^3$ )	Se puede obtener a partir de mediciones directas o mediante la aplicación de ecuaciones.
Área de dominio	El área de dominio es el área que restringe la zona de desarrollo del evento, existe la posibilidad de que tome la misma forma del DEM o delinear esta área de forma manual.
Parámetro de fricción $\mu$ [adimensional]	Para su calibración, se puede comenzar aproximándolo a la tangente del ángulo de reposo del material del flujo o a la pendiente del canal. Otra opción es utilizar los valores de flujos ocurridos en otras zonas, que se encuentren dentro del mismo contexto geológico, geomorfológico, climático e hidrometeorológico.
Parámetro de fricción $\xi$ ( $m^2/s$ )	Para su calibración, se puede estimar a partir del retro análisis de un fenómeno ocurrido en el área de estudio. Su valor se puede ajustar con datos de volúmenes, alturas y velocidades del flujo. Otra opción es utilizar los valores de flujos ocurridos en otras zonas, que se encuentren dentro del mismo contexto geológico, geomorfológico, climático e hidrometeorológico. A una mayor cantidad de finos en un flujo, se da una mayor turbulencia y, por tanto, su valor asociado aumenta.

Fuente: Adaptado de Muñoz, 2018.



### 2.3. Definición de términos básicos

- ***Volumen de descarga máxima de agua.***- Es el volumen máximo o pico del líquido que escurre por una cuenca hidrográfica producto de lluvias máximas o extremas, se mide en metros cúbicos (m<sup>3</sup>).
- ***Flujos.***- Un “flujo” es un tipo de deslizamiento donde ocurren movimientos relativos de las partículas, o bloques pequeños, dentro de una masa que se mueve o desliza sobre la superficie (Suárez, 2009).
- ***Flujos de escombros.***- Es un tipo de flujo, también conocido como flujo de detritos, flujos de residuos, debris flow o comúnmente llamado huaycos. La cual consta de una mezcla de agua y sedimentos predominantemente de granos gruesos, que se desliza usualmente sobre las quebradas (Arancibia, 2016).
- ***Comportamiento de los flujos de escombros.***- El comportamiento de los flujos de escombros se puede expresar por sus propiedades o parámetros (velocidad, tirante, presión de impacto, área de afectación, caudal, etc.) durante su movimiento.
- ***Parámetro.*** - Es un valor o dato numérico imprescindible para analizar y evaluar determinados fenómenos, situaciones, etc.
- ***Escenarios hidrológicos extremos.***- Los escenarios hidrológicos extremos se puede expresar por los volúmenes y/o caudales líquidos máximos generados en las cuencas bajo condiciones extremas de lluvias y humedad antecedente del suelo.
- ***Lluvias extremas.***- Las lluvias extremas se pueden definir como aquellos eventos que excede en magnitud algún umbral, pero también se pueden definir como el máximo o mínimo de una variable sobre un cierto periodo de tiempo (Hernández *et al.*, 2011).

- **Profundidad de lluvia.-** Es la altura de agua de lluvia precipitada en un m<sup>2</sup> de la superficie de estudio, la cual se mide en mm.
- **Estaciones meteorológicas.-** Una estación meteorológica es el lugar donde se realizan mediciones y observaciones puntuales de los diferentes parámetros meteorológicos utilizando los instrumentos adecuados para así poder establecer el comportamiento atmosférico (PCE, s.f.).
- **TRMM.-** Es uno de los satélites más antiguos que registra la precipitación de diversas zonas del mundo en diferentes fechas, datos que son utilizados para evaluar efectos del cambio climático como sequías, inundaciones y huaycos.
- **Modelo estadístico.-** Es una ecuación matemática que permite reproducir o predecir fenómenos reales de la forma más exacta posible (Ocaña, s.f.).
- **Permeabilidad.-** “Definimos permeabilidad como la capacidad de un cuerpo (en términos particulares, un suelo) para permitir en su seno el paso de un fluido (en términos particulares, el agua)” (Frankie, 2013).
- **Hidrograma.-** “Es la representación gráfica de las variaciones del caudal con respecto al tiempo, en orden cronológico, en un lugar dado de la corriente” (Cahuana & Yugar, 2009, p. 174).
- **Variables hidrológicas.-** Son las características de un sistema hidrológico, las cuales pueden ser medibles y pueden presentar diferentes valores al ser medidas en diferentes momentos. Ejemplo: la precipitación, escorrentía, evaporación, infiltración, caudal, etc. Una variable es el valor que describe cuantitativamente un fenómeno.
- **Modelos hidrológicos.-** Un modelo hidrológico es pues una representación simplificada de un sistema real complejo llamado prototipo, bajo forma física o matemática. La salida de los modelos hidrológicos varía dependiendo de las

metas y objetivos del modelo, el resultado más común es el hidrograma (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, s.f.).

- **HEC-HMS.-** (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System). Es un Sistema de Modelado Hidrológico que fue diseñado para simular procesos de lluvia-escorrentía mediante diversos métodos como, el método del servicio de conservación de suelos - SCS.
- **SIG (Sistema de Información Geográfica).**- “Es un sistema empleado para describir y categorizar la Tierra y otras geografías con el objetivo de mostrar y analizar la información a la que se hace referencia espacialmente. Este trabajo se realiza fundamentalmente con los mapas” (ArcGIS Resources, s.f.).
- **Huaycos.-** Término peruano para los flujos de escombros. “Huayco” es el desplazamiento violento de una gran masa de agua con mezcla de lodo y bloques de roca de grandes dimensiones, que se moviliza a gran velocidad a través de quebradas o valles, las cuales pueden ser detonadas por fuertes precipitaciones (IGEMMET, 2005).
- **Sedimentos.-** Es un material sólido acumulado sobre la superficie terrestre (litósfera) derivado de las acciones de fenómenos y procesos que actúan en la atmósfera, en la hidrosfera y en la biosfera (vientos, precipitaciones, circulación de aguas superficiales, acciones de agentes químicos, etc.) (Santuyo & Zambrano, 2019).
- **Peligro.-** “El deslizamiento geoméricamente y mecánicamente caracterizado, se define como peligro. El peligro es básicamente el fenómeno que ocurre” (Suárez, 2009, p.528).

- **Riesgo.-** “El riesgo es una medida de la probabilidad y severidad de un efecto adverso a la vida, la salud, la propiedad o el ambiente. Se mide en vidas humanas, propiedades en riesgo y daños ambientales” (Suárez, 2009, p.528).
- **GeoTIFF.-** Es un archivo de imagen tipo ráster, utilizado en la industria de los SIG y la teledetección.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

El volumen de descarga máxima de agua influye directa y significativamente en el comportamiento de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, Provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- Mediante la simulación en un modelo matemático computacional se determina que, el volumen de descarga máxima de agua influye directa y significativamente en el tirante de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.
- Mediante la simulación en un modelo matemático computacional se determina que, el volumen de descarga máxima de agua influye directa y significativamente en la velocidad de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.
- Mediante la simulación en un modelo matemático computacional se determina que, el volumen de descarga máxima de agua influye directa y significativamente en la presión de impacto de los probables flujos

de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.

## **2.5. Identificación de variables**

### **2.5.1. Variables independientes**

Escenarios hidrológicos extremos

### **2.5.2. Variables dependientes**

Flujos de escombros

### **2.5.3. Variables intervinientes**

- ❖ Condiciones topográficas
- ❖ Condiciones geotécnicas

## **2.6. Definición operacional de variables e indicadores**

Tabla 23. Matriz de Oracionalización de Variables e Indicadores

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES	UNIDAD DEL INDICADOR
VARIABLE DEPENDIENTE	COMPORTAMIENTO DE LOS FLUJOS DE ESCOMBROS	El comportamiento de los flujos de escombros se puede expresar por sus propiedades o parámetros durante su movimiento; como es el caso del tirante, velocidad y presión de impacto.	Tirante	m
			Velocidad	m/s
			Presión de impacto	KPa
VARIABLE INDEPENDIENTE	VOLUMEN DE DESCARGA MÁXIMA DE AGUA	Es el volumen máximo o pico del líquido que escurre por una cuenca hidrográfica producto de lluvias máximas o extremas, la cual se logra estimar con el tiempo de concentración y el caudal líquido máximo de la cuenca.	Parámetros geomorfológicos (área de la cuenca, longitud del cauce, pendiente del cauce).	km <sup>2</sup> , km, grados
			Profundidad de lluvias máximas en 24h.	mm
			Intensidad de lluvias máximas	mm/hr
			Tiempo de concentración	seg.
			Tiempo de retardo	min.
			Número de curva	Adimensional
			Caudal líquido de descarga máxima.	m <sup>3</sup> /s
VARIABLES INTERVINIENTES	CONDICIONES TOPOGRÁFICAS	Las condiciones topográficas indican la elevación y pendiente de una superficie terrestre.	Pendiente del terreno	grados
			Elevación del terreno	m.s.n.m
			Clasificación del suelo	SUCS
			Límites de consistencia del suelo	%
			Densidad del sedimento	g/cm <sup>3</sup>
			Ángulo de fricción del suelo	grados

Fuente: Elaboración propia.

### CAPÍTULO III

## METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Tipo de investigación

Según Borja (2012): “La investigación aplicada busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática” (p. 10).

Según Valderrama (2015): “La investigación aplicada es también llamada práctica, empírica, activa o dinámica, y se encuentra íntimamente ligada a la investigación básica, ya que depende de sus descubrimientos y aportes teóricos para poder generar beneficios y bienestar a la sociedad” (p. 39).

En base a estas definiciones la investigación realizada es de *Tipo Aplicada*, ya que busca conocer una realidad problemática, el comportamiento de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas de Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, información que será de beneficios para la estimación de riegos en la ciudad de Yanahuanca.

Además, la presente investigación tiene un *Enfoque Cuantitativo*, porque confía en la medición numérica y el uso de la estadística para estimar los patrones del comportamiento de los flujos. Hernández (2014) refiere que: “El enfoque

cuantitativo refleja la necesidad de medir y estimar magnitudes de los fenómenos o problemas de investigación” (p. 5).

### **3.2. Nivel de investigación**

Hernández (2014) refiere que: “Los estudios correlacionales tienen como finalidad conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto particular” (p. 93). Por lo mencionado por Hernández, la presente investigación tiene un *Nivel Correlacional*, ya que pretende conocer la relación entre el volumen de descarga máxima de agua y el comportamiento de los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.

### **3.3. Métodos de investigación**

Valderrama (2015) define al método científico como un conjunto de conocimientos organizados, a fin de conocer la verdad de los hechos. El método científico debe comprenderse como un proceso continuo de búsqueda de conocimiento. Además, como método particular define al método analítico, como el que descompone un todo en sus partes para estudiarlas en forma individual; y al método sintético como un proceso de razonamiento que pretende construir un todo a partir de sus partes.

Bajo el análisis de estas definiciones, la presente investigación fue realizada mediante el *Método Científico* como método general y *Método Analítico - Sintético* como método particular.

### **3.4. Diseño de investigación**

Carrasco (2005) manifiesta que: “Los diseños no experimentales son aquellos cuyas variables independientes carecen de *manipulación intencional*, y



no poseen grupo de control, ni mucho menos experimental. Analizan y estudian los hechos y fenómenos de la realidad” (p.71).

El diseño de la investigación adoptada es *No Experimental*, ya que en la presente tesis no se manipulan las variables intencionalmente, sino, se recolectan datos de fenómenos ocurridos en la realidad en diversos momentos, para analizar y estimar escenarios futuros de estos mismos fenómenos.

Según el número de mediciones es *longitudinal*, ya que se recopila información de las lluvias a través del tiempo, para estimar los volúmenes máximos de agua disponible en diferentes periodos de retorno y a partir de ello, predecir el comportamiento de los flujos de escombros, Hernández (2014) refiere que en la investigación longitudinal el interés del investigador es analizar cambios al paso del tiempo en determinados sucesos, variables, contextos, o bien, de las relaciones entre éstas; en el cual recolectan datos en diferentes momentos o periodos para hacer inferencias respecto al cambio.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

Carrasco (2005) afirma que, “la población es el conjunto de todos los elementos (unidades de análisis) que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación” (p. 236), en base esta afirmación, la unidad de análisis en la presente investigación son quebradas, es decir, la población la conforma las *Quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu*, ubicadas al lado sur del entorno geográfico de la ciudad de Yanahuanca

#### **3.5.2. Muestra**

Para la investigación, la muestra es no probabilística, y la comprende las *Quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu*, ya que como investigador

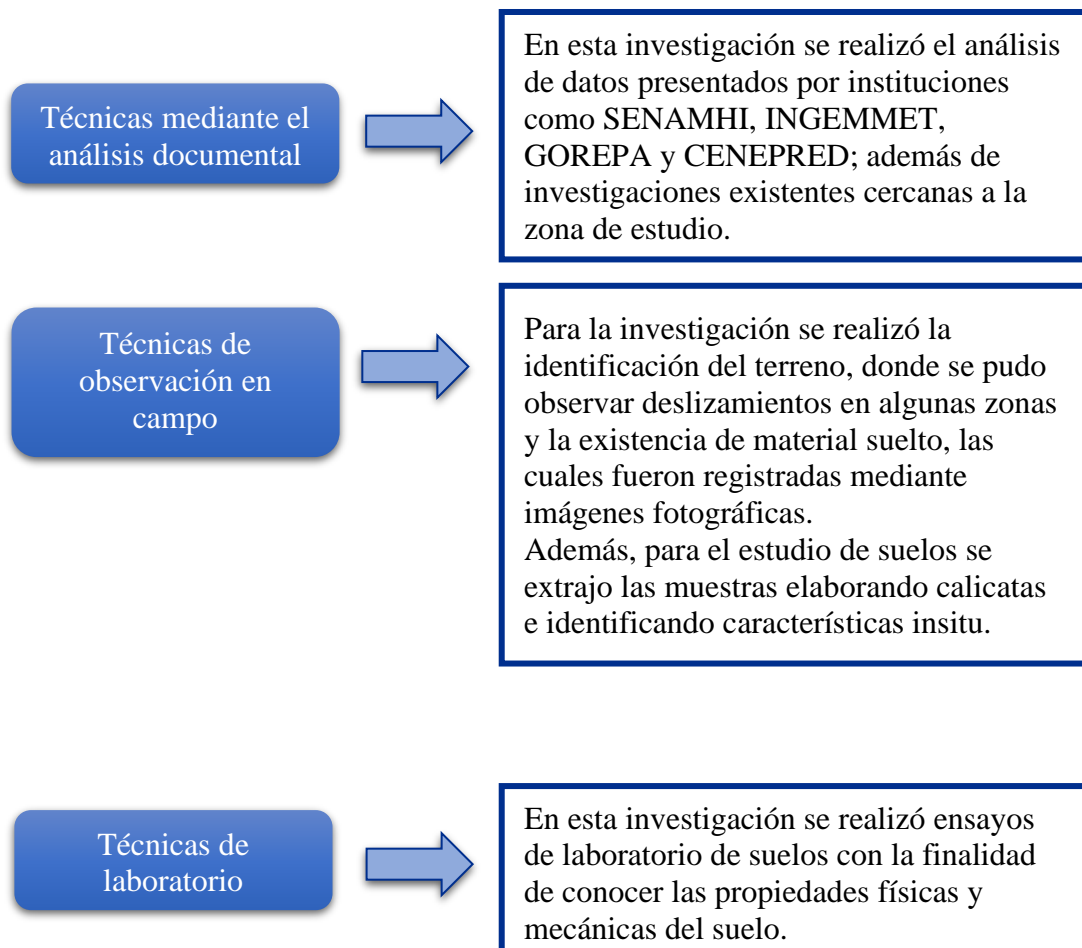
considero necesario el estudio de estas quebradas por el peligro que representan para la ciudad de Yanahuanca. De acuerdo a Hernández (2014): “En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador”. (p. 176)

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos consiste en recolectar datos pertinentes acerca de los conceptos, atributos o variables de las unidades de análisis o casos. (Hernández, 2014)

#### 3.6.1. Técnicas de recolección de datos

Carrasco (2005) refiere que las técnicas más importantes que pueden emplearse en el trabajo metodológico de la investigación científica son los siguientes:



Técnicas estadísticas



Para la investigación se empleó técnicas estadísticas y matemáticas para completar los datos recolectados de precipitación en la zona.

### 3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Como lo define Hernández (2014) los instrumentos son los medios físicos que utiliza el investigador para recoger y registrar la información.

En la siguiente investigación los instrumentos utilizados son:

- Documentos de SENAMHI, INGEMMET, GOREPA, CENEPRED y proyectos de investigación de diversos autores.
- Flexómetro
- Balanza digital
- Cámara fotográfica
- GPS (Global Positioning System)
- Instrumentos del laboratorio de suelos (copa de Casagrande, horno, tamices para clasificación de suelos, etc.)

### 3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Los instrumentos de investigación empleados en la presente tesis son: documentos avalados por diversas instituciones y autores, e instrumentos de medición mecánicos (flexómetro, balanza, horno, copa de Casagrande, etc.) debidamente calibrados por el fabricante y/o propietario. Por lo cual, su validación y confiabilidad no corresponde al investigador de esta tesis.

### 3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El procesamiento y análisis de datos se realizó a través de un sistema mecanizado apoyado por una computadora, donde se empleó diversos softwares, los cuales son:

- ArcGIS
- Microsoft Excel 2010
- Hydrognomon
- Hidroesta
- HEC – HMS
- RAMMS

Estos softwares proporcionaron resultados mediante tablas, gráficos (histogramas, hietogramas, hidrogramas), curvas e imágenes de modelación.

### **3.9. Tratamiento estadístico**

La información obtenida se procesará estadísticamente para su interpretación y análisis correspondiente, de manera de responder a los objetivos de la investigación para lo cual se aplicó la estadística descriptiva. La estadística descriptiva permitió matemáticamente obtener, organizar, presentar y describir un conjunto de datos, generalmente con el apoyo de tablas, medidas numéricas o gráficas.

### **3.10. Orientación ética filosófica y epistémica**

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que utiliza teorías existentes para abordar una realidad problemática en la Ciudad de Yanahuanca. Por lo que, se ha realizado las referencias de todos los documentos empleados en la investigación, con el fin de respetar los derechos de propiedad intelectual de autores que han llevado a cabo investigaciones referentes a flujos de escombros y lluvias extremas.

Además, se ha seguido los códigos de ética del centro de estudio, en este caso de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, el cual incentiva las buenas prácticas en la producción de conocimiento.

En resumen, se ha llevado a cabo una investigación aplicando teorías existentes y respetando los derechos de propiedad intelectual y los códigos de ética correspondientes.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

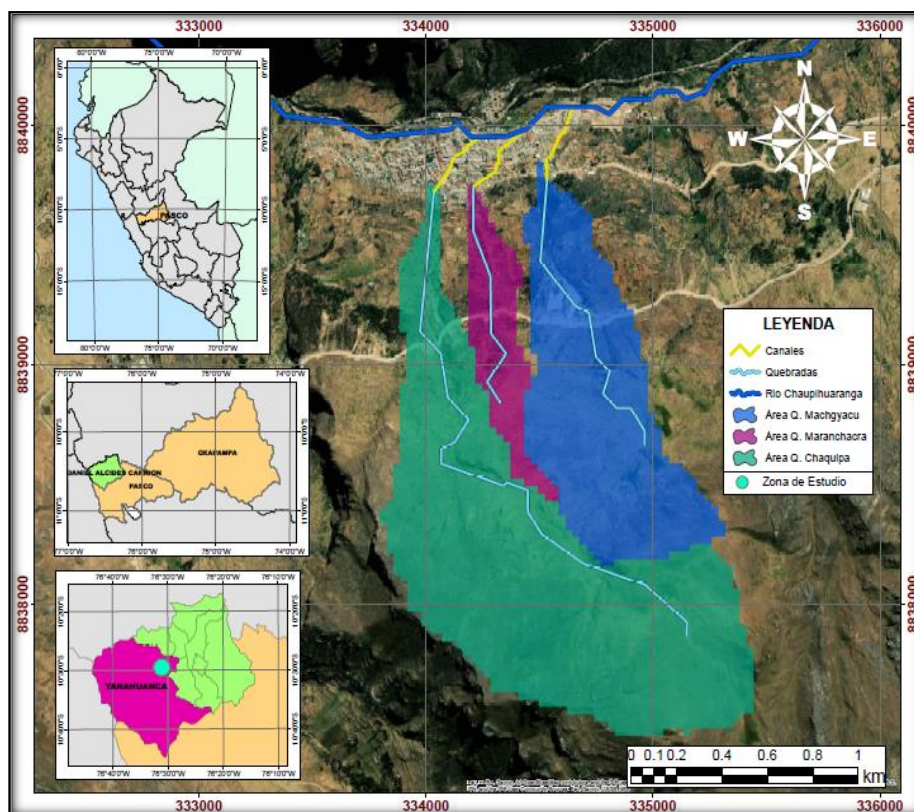
#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Descripción de la zona de estudio**

###### **4.1.1.1. Ubicación**

La zona de estudio para la presente investigación son las quebradas de Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, que están localizadas dentro del distrito de Yanahuanca, en la provincia Daniel Alcides Carrión, en el departamento de Pasco, Perú.

La localidad de Yanahuanca se encuentra ubicada a 65 Km. al noroeste de la ciudad de Cerro de Pasco; con coordenadas de 333 979 m al Sur, 8 839 775 m al Este y una Altitud de 3184 m.s.n.m. En la Figura 26 se muestra el mapa de ubicación de la zona de estudio, la cual también se puede observar en el anexo C.1:



*Figura 26. Ubicación de la Zona de Estudio*

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1.2. Clima

La zona de estudio posee un clima que corresponde a la zona templada-fría, debido a la influencia de la altura en que se encuentra. Las precipitaciones durante los meses de junio a octubre son escasas, con días abrigados y temperaturas bajo 0° C.

Los meses de diciembre a abril están caracterizados por un régimen de lluvias intensas durante las tardes y noches.

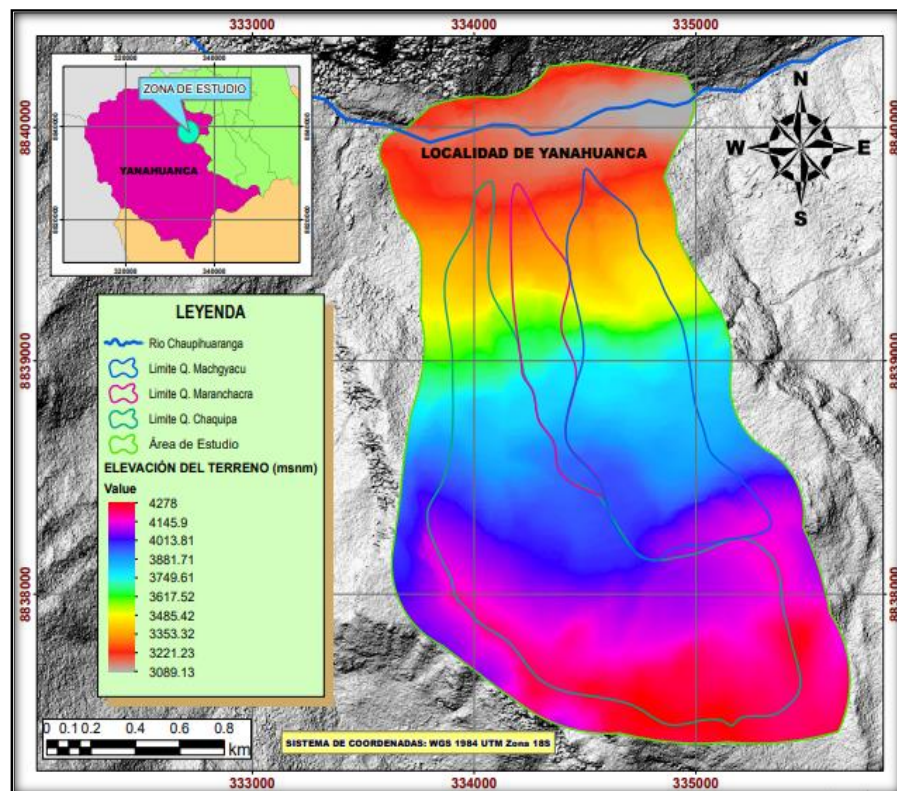
La fig. N°27, presenta el pronóstico de lluvias para el verano 2023 a nivel nacional, en el departamento de Pasco, toda la provincia Daniel Alcides Carrión, por ende el distrito de Yanahuanca, indica un posible superávit de lluvias. Bajo este análisis, que nos brinda el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, podemos





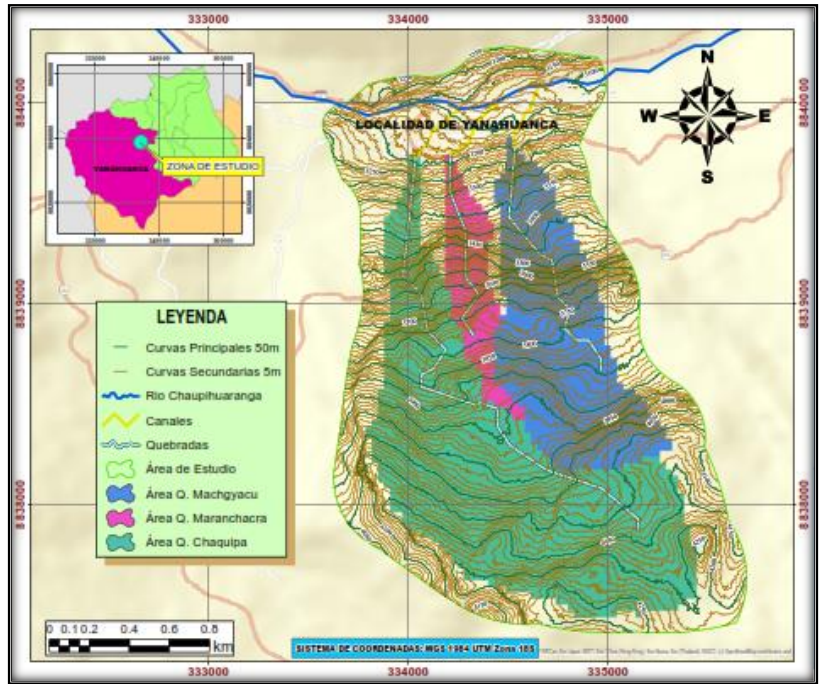
proporcionado fue procesado de una imagen del satélite SPOT7. Geocentro (s.f.) refiere que los satélites SPOT6 y SPOT7, son los últimos de la serie SPOT que han estado realizando imágenes de alta resolución desde 1986, estos satélites proporcionan imágenes con una resolución espacial de 1.5 m., lo cual permite mejor detalle de la superficie.

En la Figura 28 se muestra el DEM delimitado para la zona de estudio, en el cual indica que la superficie alcanza una cota máxima de 4278 m.s.n.m. y una cota mínima de 3089.13 m.s.n.m. (ver anexo C.2):



**Figura 28.. Modelo Digital de Elevación**  
Fuente: Elaboración propia.

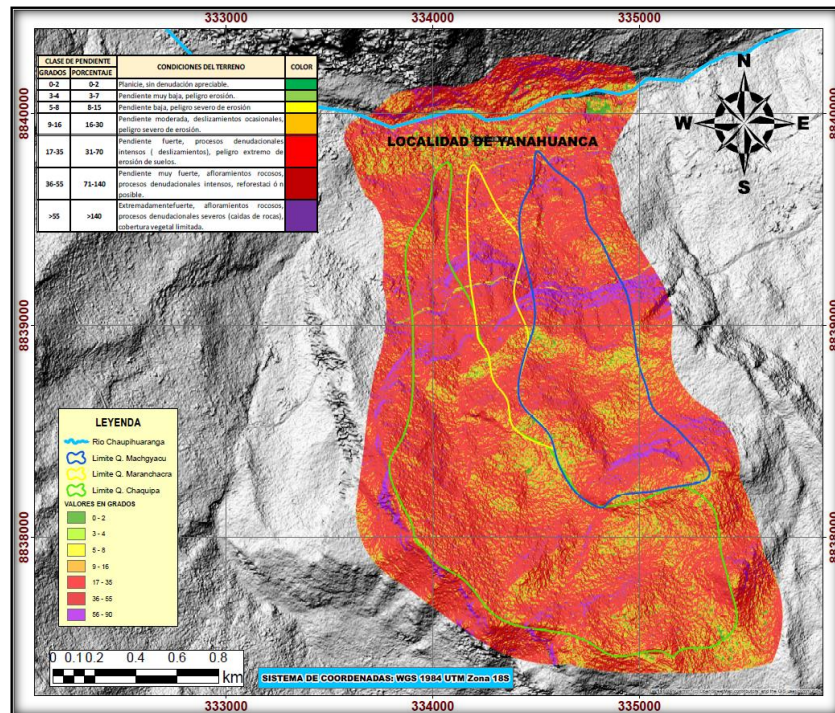
A continuación, se muestra las curvas de nivel en la zona de estudio procesadas en base al modelo digital de elevación, el plano se puede observar en el anexo C.3:



**Figura 29. Curvas de Nivel Procesados en ArcGIS**  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2.2. Plano de pendientes

El relieve de la zona presenta pendientes variables con un rango de 0° a 90°. El mapa de pendiente fue procesado en ArcGIS en base al modelo digital de elevación (ver anexo C.4).



**Figura 30. Pendientes de la Zona de Estudio**  
Fuente: Elaboración propia.

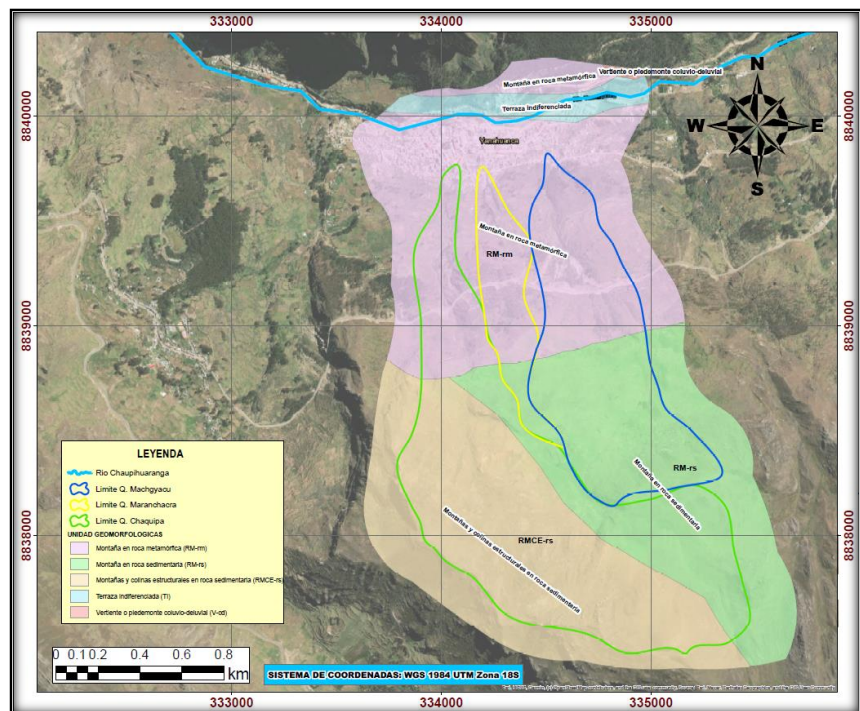
**Tabla 24. Clasificación de Pendiente**

CLASE DE PENDIENTE		CONDICIONES DEL TERRENO
GRADOS	PORCENTAJE	
0 - 2	0 - 2	Planicie, sin denudación apreciable.
3 - 4	3 - 7	Pendiente muy baja, peligro erosión.
5 - 8	8 - 15	Pendiente baja, peligro severo de erosión.
9 - 16	16 - 30	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales, peligro severo de erosión.
17 - 35	31 - 70	Pendiente fuerte, procesos denudacionales intensos (deslizamientos), peligro extremo de erosión de suelos.
36 - 55	71 - 140	Pendiente muy fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos, reforestación posible.
>55	>140	Extremadamente fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales severos (caídas de rocas), cobertura vegetal limitada.

Fuente: Elaboración propia.

### 4.1.2.3. Unidades geomorfológicas

Para la elaboración del mapa geomorfológico del área de estudio, se utilizó el shapefile del mapa geomorfológico del Perú del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET (ver anexo C.5).



**Figura 31. Unidades Geomorfológicas**

Fuente: Elaboración propia.

Las unidades geomorfológicas en la zona son:

- 1. Montaña en roca sedimentaria (RM-rs):** Se trata de afloramientos de roca sedimentaria, influenciados por procesos tectónicos y erosivos,

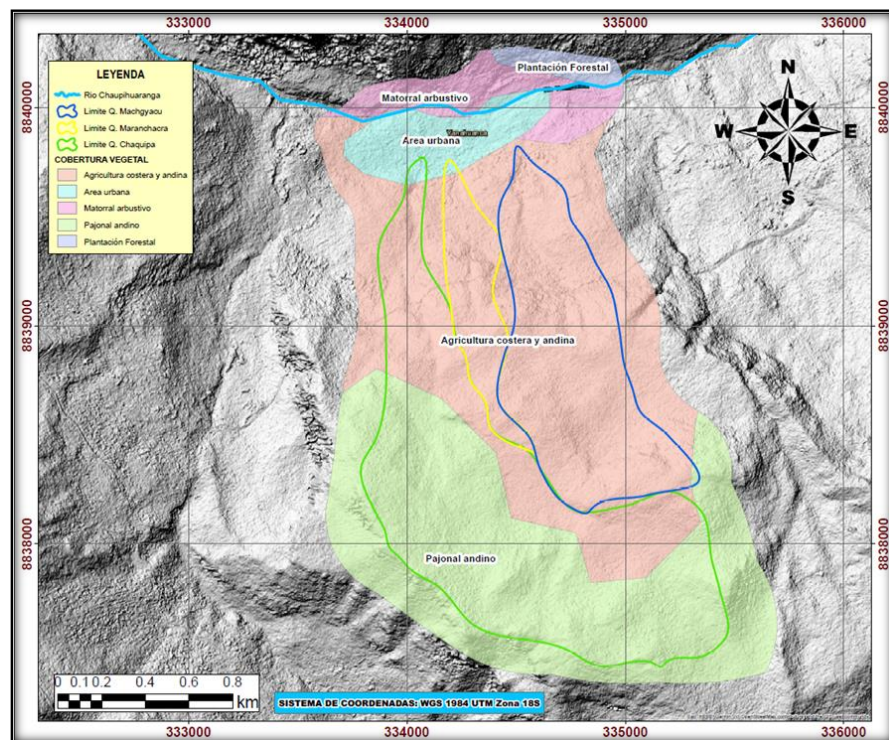
conformados por areniscas, lutitas, lodolitas, calizas y cuarcitas, de edad Cretácica. Presentan laderas con pendientes que van desde moderadas a pronunciadas (Luque, 2012). Ocupa una superficie de: 38.29 ha de la quebrada Chaquipa, 4.39 ha de la quebrada Maranchacra y 44.32 ha de la quebrada Machgyacu.

- 2. Montaña en roca metamórfica (RM-rm):** Se trata de cadenas montañosas que presentan laderas con pendientes moderadas a pronunciadas, de cumbres redondeadas y alargadas. Se encuentran fuertemente erosionadas, asociadas a deslizamientos, erosión en cárcavas y flujos de detritos (huaycos) (Luque, 2012). Ocupa una superficie de: 21.91 ha de la quebrada Chaquipa, 18.01 ha de la quebrada Maranchacra y 31.85 ha de la quebrada Machgyacu.
- 3. Montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria (RMCE-rs):** Su complejo litológico está dominado por rocas sedimentarias; estructuralmente se presentan como alineamientos montañosos, donde el buzamiento de las capas de roca controla la pendiente de las laderas. Presentan laderas con pendientes que van desde moderadas a pronunciadas (Luque, 2012). Ocupa una superficie de: 89.74 ha de la quebrada Chaquipa.
- 4. Terraza indiferenciada (Ti):** Valles tributarios de cauce angosto, que discurren cortando la Cordillera Occidental de los Andes; entre ellos se tiene cursos de los ríos Chaupihuaranga (Luque, 2012).

#### **4.1.2.4. Cobertura vegetal**

Según información del Ministerio del Ambiente (MINAM), las quebradas en estudio están conformadas por dos tipos de cobertura vegetal, las cuales se muestran en la figura 32 (ver anexo C.6) y se describen a continuación:

1. **Agricultura costera y andina:** Esta cobertura abarca todas las zonas dedicadas a la agricultura y la ganadería, tanto aquellas en plena actividad como las que se encuentran en período de descanso. Ocupa una superficie de: 50.93 ha de la quebrada Chaquipa, 22.11 ha de la quebrada Maranchacra y 75.88 ha de la quebrada Machgyacu.
2. **Pajonal andino:** Esta cobertura está conformada predominantemente por herbazales y se encuentra en la parte alta de la cordillera de los Andes, desde terrenos casi planos como en las altiplanicies hasta terrenos empinados o escarpados. Ocupa una superficie de: 98.17 ha de la quebrada Chaquipa y 0.29 ha de la quebrada Machgyacu.



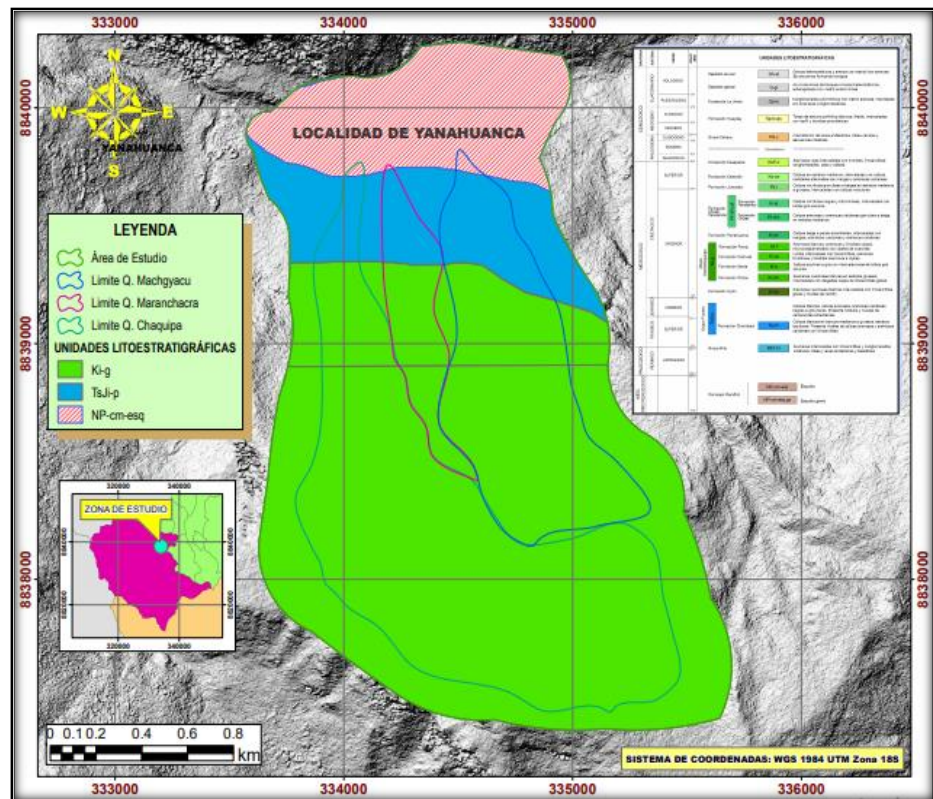
*Figura 32. Cobertura Vegetal*  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.3. Caracterización geológica – geotécnica

##### 4.1.3.1. Caracterización geológica

El mapa geológico de la zona se obtuvo procesando en ArcGIS dos cartas geológicas (21j y 22j) en escala 1:100000, esta información fue

descargada en formato shapefile en la plataforma virtual GEOCATMIN, del INGEMMET.



*Figura 33. Mapa Geológico*  
Fuente: Elaboración propia.

La zona presenta tres unidades litoestratigráficas, las mismas que se muestran en la Figura 33, la cual también se puede visualizar en el anexo C.7:

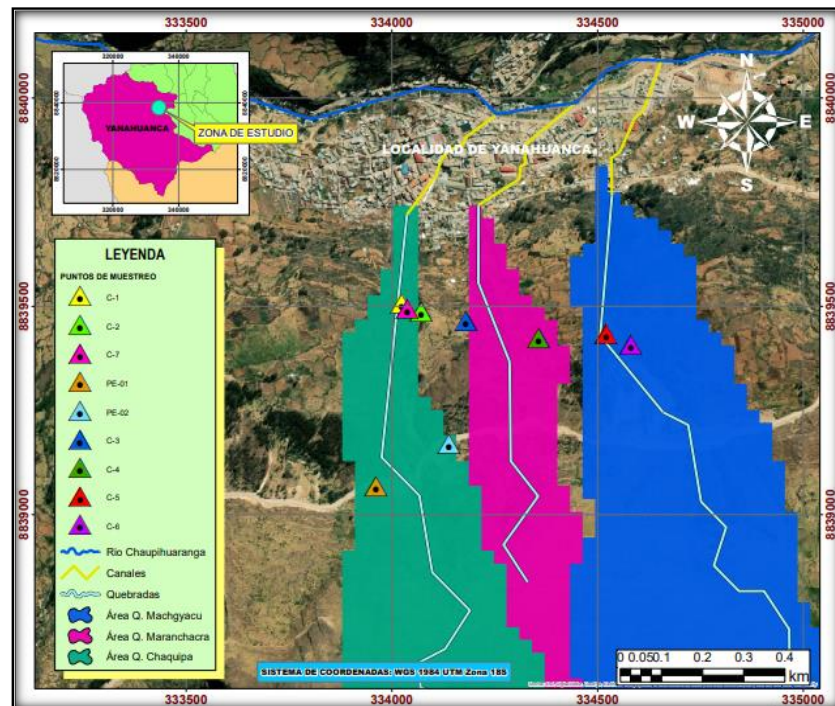
Las unidades litoestratigráficas son:

- 1. Grupo Goyllarisquizga (KI-g):** “Está conformado por areniscas cuarzosas bien clasificadas de grano medio a grueso, con intercalaciones de arcillitas” (Moreno, 2012, p. 39).
- 2. Grupo Pucará (TsJi-p):** “Está constituido por calizas de color gris, pardo amarillento con tonalidades rojizas por meteorización” (Moreno, 2012, p. 39).

**3. Complejo Marañón (NP-cm-esq):** “Está conformado principalmente por esquistos micáceos, filitas, pizarras, cuarcitas y arcosas de origen sedimentario” (Moreno, 2012, p. 40).

#### 4.1.3.2. Caracterización Geotécnica

Para conocer las características geotécnicas se realizaron ensayos de suelos en diferentes puntos de la zona de estudio, distribuidas en cada quebrada.



**Figura 34. Puntos de Muestreo de Suelos**  
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 25. Descripción de las Calicatas de Exploración**

CALICATAS DE EXPLORACIÓN						
QUEBRADA	DESCRIP.	UBICACIÓN			PROF. (m)	N° MUESTRAS
		N	E	Z		
Chaquipa	C-1	8839507	334024	3319	2	2
	C-2	8839487	334071	3339	1.5	2
	C-7	8839495	334037	3339	Ext.	1
	PE-01	8839068	333961	3603	Ext.	1
	PE-02	8839171	334139	3593	Ext.	1
Maranchacra	C-3	8839464	334180	3341	1.2	1
	C-4	8839424	334357	3364	1.7	2
Machgyacu	C-5	8839435	334521	3374	1.6	2
	C-6	8839408	334581	3399	1.55	2

Fuente: Elaboración propia.

Para el desarrollo de la investigación se realizó ensayos de granulometría del suelo (Ver anexo A.8), con el fin de conocer su clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

**Tabla 26. Análisis Granulométrico de Muestras de Suelo**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO									
IDENTIFICACIÓN		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO % QUE PASAN LAS MALLAS					PESO (gr.)*		
CALICATA	MUESTRA	¾"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	GRAVA	ARENA	FINOS
C-1	M-1	83.62	74.57	69.72	58.87	32.85	2542.78	4172.45	3284.77
	M-2	49.08	31.83	24.97	14.29	4.23	6817.12	2759.94	422.92
C-2	M-1	83.68	69.29	63.18	50.89	31.97	3070.52	3732.28	3197.19
	M-2	94.31	80.51	72.59	59.45	39.09	1948.83	4142.51	3908.66
C-3	M-1	96.47	83.14	78.75	61.99	36.45	1685.52	4669.07	3645.41
C-4	M-1	92.46	79.89	76.41	63.32	29.64	2011.00	5024.88	2964.13
	M-2	62.41	51.5	49.89	42.75	21.09	4850.15	3040.46	2109.39
C-5	M-1	94.22	86.24	82.77	69.21	33.12	1376.01	5311.50	3312.48
	M-2	98.31	84.94	80.73	68.26	40.15	1505.90	4479.20	4014.90
C-6	M-1	95.9	82.02	77.08	68.66	45.24	1797.89	3677.79	4524.35
	M-2	96.93	87.83	82.52	70.1	39.43	1217.25	4839.34	3943.39
C-7	M-1	65.97	47.48	45.05	39.29	11.07	5251.83	3641.45	1106.73
PE-01	Q-1	65.97	47.62	42.83	38.56	13.25	5237.65	3437.23	1325.12
PE-02	Q-2	86.05	59.56	53.61	44.91	31.47	4043.52	2809.02	3147.46
<b>Promedio</b>		<b>83.24</b>	<b>69.03</b>	<b>64.29</b>	<b>53.61</b>	<b>29.22</b>	<b>3096.86</b>	<b>3981.22</b>	<b>2921.92</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 27. Porcentajes de Clasificación Granulométrica Promedio**

CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA - PROMEDIO		
FINO	ARENA	GRAVA
29.22%	39.81%	30.97%
<b>100%</b>		

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 28. Humedad Natural y Límites de Consistencia

HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA					
IDENTIFICACIÓN		HUMEDAD NATURAL (%)	LÍMITES DE CONSISTENCIA		
CALICATA	MUESTRA		LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)
C- 1	M-1	3.8	23	20	3
	M-2	3.28	-	-	-
C-2	M-1	6.12	30	25	5
	M-2	7.2	25	23	2
C-3	M-1	4.93	22	17	5
C-4	M-1	3.95	21	18	3
	M-2	3.6	20	18	2
C-5	M-1	6.92	23	19	4
	M-2	8.2	18	16	2
C-6	M-1	5.77	21	16	5
	M-2	5.61	21	16	5
C-7	M-1	2.61	24	20	4
PE-01	Q-1	3.76	-	-	-
PE-02	Q-2	4.7	23	18	5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Clasificación de los Suelos con el Sistema SUCS

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS							
IDENTIFICACIÓN		% PASANTES MALLA		COEFICIENTES		CLASIFICACIÓN SUCS	
CALIC.	MUESTRA	N° 4	N° 200	Cc	Cu	SÍMBOLO	NOMBRE
C- 1	M-1	74.54	32.85	2.18	18.993	SC	Arena arcillosa con grava
	M-2	31.83	4.23	7.729	463.903	GP	Grava mal graduada con arena
C-2	M-1	69.29	31.97	3.851	6.954	SM	Arena limosa con grava
	M-2	80.51	39.09	1.381	14.08	SM	Arena limosa con grava
C-3	M-1	83.14	36.45	8.967	28.87	SC	Arena arcillosa con grava
C-4	M-1	79.89	29.64	25.027	8.989	SC	Arena arcillosa con grava
	M-2	51.5	21.09	-23.96	-6.326	GC	Grava arcillosa con arena
C-5	M-1	86.24	33.12	8.912	26.707	SC	Arena arcillosa
	M-2	84.94	40.15	5.667	18.314	SC	Arena arcillosa con grava
C-6	M-1	82.02	45.24	2.184	9.615	SC	Arena arcillosa con grava
	M-2	87.83	39.43	2.191	31.751	SC	Arena arcillosa
C-7	M-1	47.48	11.07	-5.131	-4.483	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla y arena
PE-01	Q-1	47.62	13.25	-0.477	-2.441	GM-GC	Grava limosa con arena
PE-02	Q-2	59.56	31.47	2.405	2.816	GC	Grava arcillosa con arena

Fuente: Elaboración propia.

Además, se tomó datos de la densidad del suelo y ángulo de fricción, de otros estudios en la misma zona.

*Tabla 30. Densidad y Ángulo de Fricción*

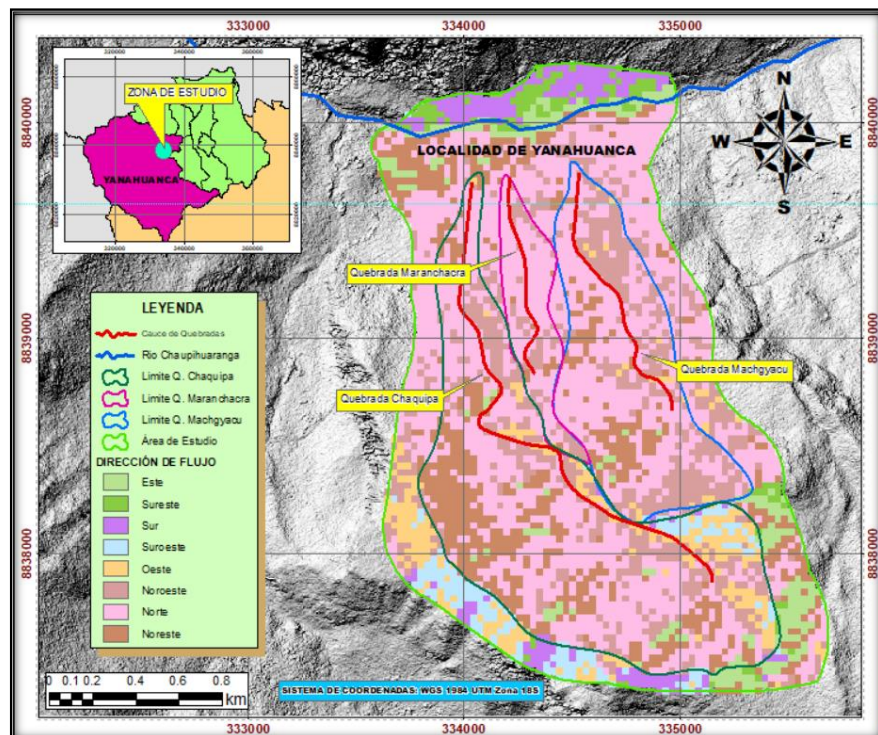
MUESTRAS	QUEBRADA	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	ÁNGULO DE FRICCIÓN (grados)
M-1	Chaquipa	1.67	18.80
M-2	Maranchacra	1.67	19.80
M-3	Machgyacu	1.51	20.80

Fuente: Adaptado de Chávez, 2021.

#### 4.1.4. Caracterización hidrológica

##### 4.1.4.1. Parámetros geomorfológicos

Para realizar la modelación hidrológica, primeramente, se procedió a determinar los parámetros geomorfológicos de las quebradas. Para ello, se empleó un DEM del modelo Aster GDEM y, se delimitaron cada una de las quebradas en el software ArcGIS, generando un mapa de dirección del flujo de agua, la cual se ajusta a la dirección de la pendiente (Ver figura 35).



*Figura 35. Mapa de Dirección del Flujo de Agua*

Fuente: Elaboración propia.

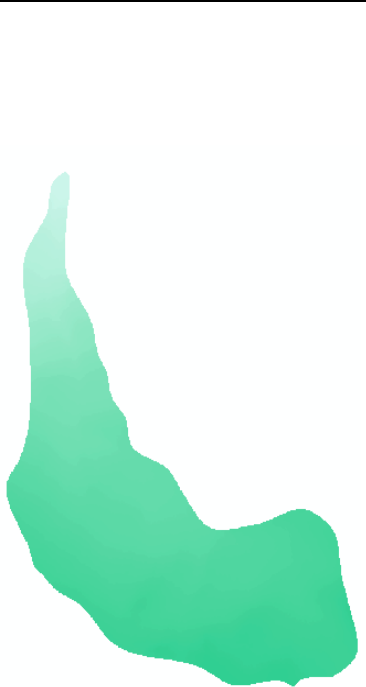
MINAM (s.f.) refiere que ASTER GDEM es un mapa topográfico con una resolución de 30m, creado a partir de millones de imágenes estéreo

recogidas por el radiómetro japonés llamado ASTER. Roberto refiere que “el nuevo DEM proveniente de la colección Terra ASTER, se centra en la corrección de las anomalías de la morfología del territorio y la presencia de masas de agua”, por lo cual se determinó su uso para el estudio.

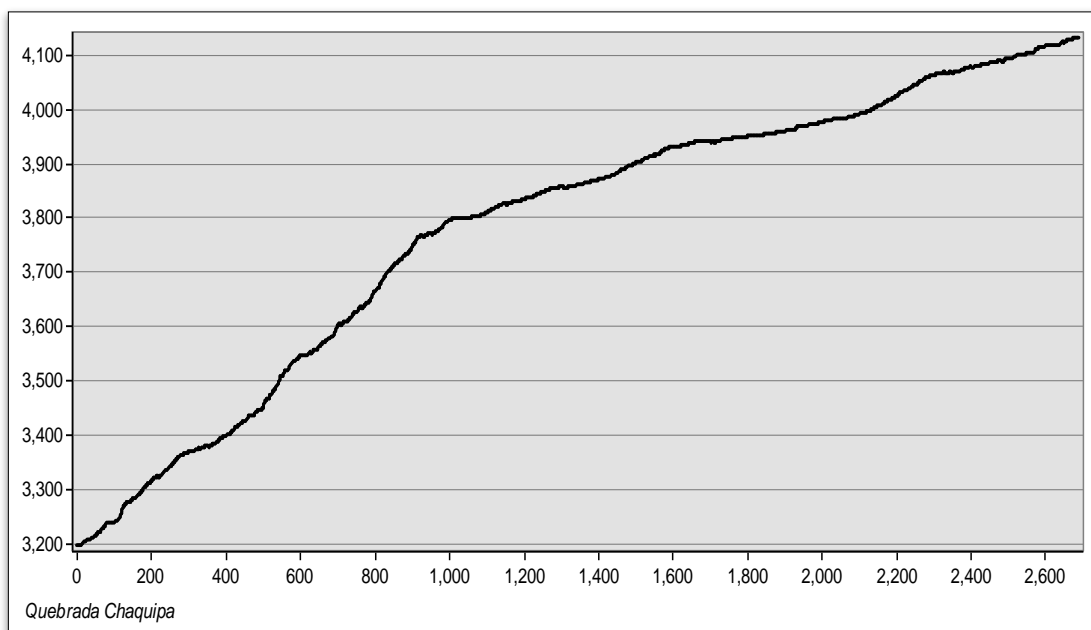
Palomino & Mauricio (2019) refieren que los parámetros morfológicos de una cuenca hidrográfica reflejan sus características en relación a su forma y la influencia en la respuesta de las precipitaciones. En las Tablas 31, 32 y 33, se presenta los resultados para las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu respectivamente.

*Tabla 31. Parámetros Geomorfológicos de la Quebrada Chaquipa*

PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS - QUEBRADA CHAQUIPA		
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO
<b>Parámetros Generales</b>		
Área	km <sup>2</sup>	1.499
Perímetro	km	6.773
Longitud	km	2.575
<b>Parámetros de Forma</b>		
Coefficiente de Compacidad	ADIMEN.	1.549
Factor de Forma	ADIMEN.	0.226
<b>Parámetros de Relieve</b>		
Pendiente Media	%	54.113
	GRADOS	28.419
Altitud Media	m.s.n.m	4004.100
<b>Parámetros de Red de Drenaje</b>		
Longitud de Cauce Principal	km	2.688
Cota Inicial de Cauce Principal	m.s.n.m	4130
Cota Final de Cauce Principal	m.s.n.m	3200
Pendiente Media del Cauce Principal	%	34.596
	m/m	0.346
	GRADOS	19.084



Fuente: Elaboración propia.



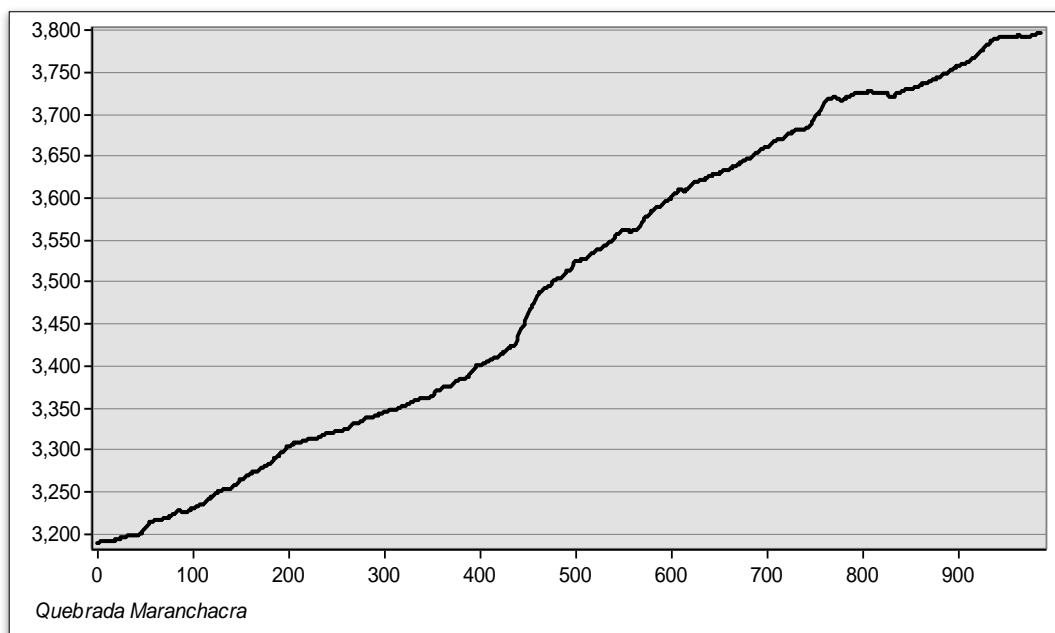
**Figura 36. Perfil Longitudinal del Cauce de la Q. Chaquipa**

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 32. Parámetros Geomorfológicos de la Quebrada Maranchacra**

PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS - QUEBRADA MARANCHACRA		
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO
<b>Parámetros Generales</b>		
Área	km <sup>2</sup>	0.224
Perímetro	km	3.012
Longitud	km	1.342
<b>Parámetros de Forma</b>		
Coficiente de Compacidad	ADIMEN.	1.782
Factor de Forma	ADIMEN.	0.124
<b>Parámetros de Relieve</b>		
Pendiente Media	%	74.922
	GRADOS	36.841
Altitud Media	m.s.n.m	3594.985
<b>Parámetros de Red de Drenaje</b>		
Longitud de Cauce Principal	km	0.988
Cota Inicial de Cauce Principal	m.s.n.m	3797
Cota Final de Cauce Principal	m.s.n.m	3191
Pendiente Media del Cauce Principal	%	61.321
	m/m	0.613
	GRADOS	31.517

Fuente: Elaboración propia.




**Figura 37. Perfil Longitudinal del Cauce de la Q. Maranchacra**

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 33. Parámetros Geomorfológicos de la Quebrada Machgyacu**

PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS - QUEBRADA MACHGYACU		
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO
<b>Parámetros Generales</b>		
Área	km <sup>2</sup>	0.762
Perímetro	km	4.249
Longitud	km	1.680
<b>Parámetros de Forma</b>		
Coefficiente de Compacidad	ADIMEN.	1.363
Factor de Forma	ADIMEN.	0.270
<b>Parámetros de Relieve</b>		
Pendiente Media	%	68.952
	GRADOS	34.587
Altitud Media	m.s.n.m	3754.232
<b>Parámetros de Red de Drenaje</b>		
Longitud de Cauce Principal	km	1.336
Cota Inicial de Cauce Principal	m.s.n.m	3850
Cota Final de Cauce Principal	m.s.n.m	3199
Pendiente Media del Cauce Principal	%	48.732
	m/m	0.487
	GRADOS	25.981



Fuente: Elaboración propia.

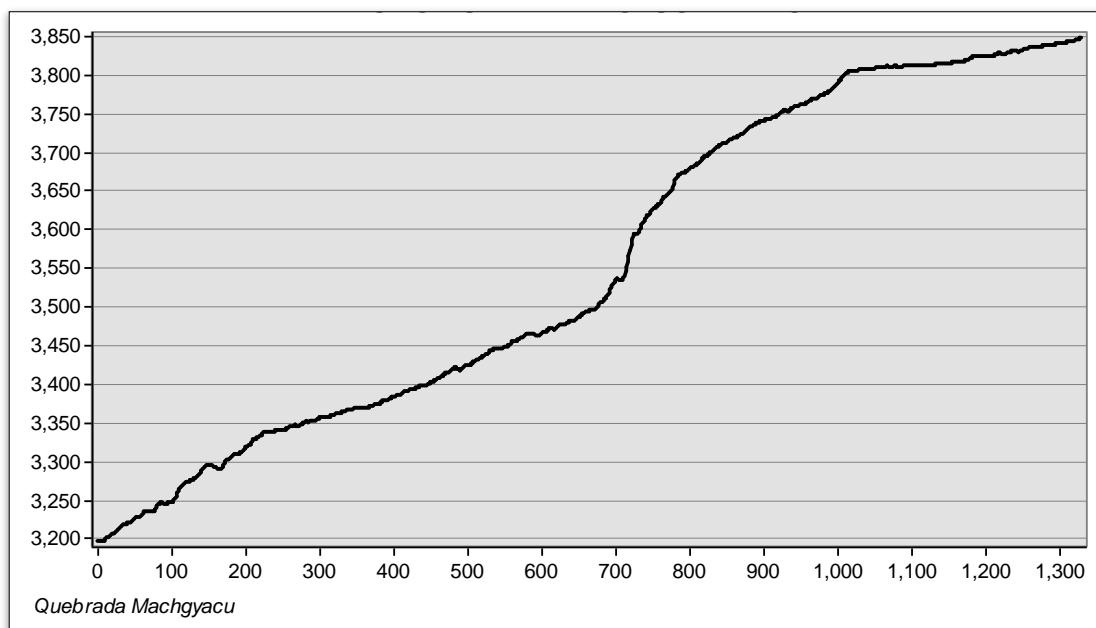


Figura 38. Perfil Longitudinal del Cauce de la Q. Machgyacu

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.4.2. Curva hipsométrica

Para determinar la curva hipsométrica de las quebradas, se procesó el modelo digital de elevación para obtener las áreas entre curvas de nivel, las cuales se muestran en las Tablas 34, 35 y 36.

Tabla 34. Análisis Hipsométrico – Q. Chaquipa

QUEBRADA CHAQUIPA							
COTA MIN. (m.s.n.m)	COTA MAX. (m.s.n.m)	COTA MEDIA (m.s.n.m)	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	ÁREA ACUMULADA	COTA (m.s.n.m)	PORCENTAJE ACUMULADO	Ai * Hi
				1.499	3185.820	100.0%	
3185.820	3262.610	3224.215	0.013	1.486	3262.610	99.1%	42.56
3262.621	3347.917	3305.269	0.015	1.471	3347.917	98.1%	51.11
3347.945	3424.722	3386.334	0.035	1.436	3424.722	95.8%	118.58
3424.737	3514.322	3469.529	0.026	1.410	3514.322	94.0%	89.09
3514.337	3612.446	3563.392	0.034	1.376	3612.446	91.8%	119.75
3612.460	3719.108	3665.784	0.049	1.328	3719.108	88.5%	178.74
3719.109	3817.231	3768.170	0.066	1.262	3817.231	84.2%	247.48
3817.235	3898.293	3857.764	0.086	1.176	3898.293	78.5%	330.46
3898.294	3975.087	3936.691	0.159	1.018	3975.087	67.9%	624.09
3975.087	4043.348	4009.218	0.168	0.850	4043.348	56.7%	672.77
4043.349	4111.609	4077.479	0.253	0.597	4111.609	39.8%	1032.65
4111.609	4175.604	4143.606	0.311	0.286	4175.604	19.1%	1286.96
4175.604	4277.995	4226.800	0.286	0.000	4277.995	0.0%	1209.28
			<b>1.499</b>				<b>6003.55</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 35. Análisis Hipsométrico – Q. Maranchacra**

QUEBRADA MARANCHACRA							
COTA MIN. (m.s.n.m)	COTA MAX. (m.s.n.m)	COTA MEDIA (m.s.n.m)	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	ÁREA ACUMULADA	COTA (m.s.n.m)	PORCENTAJE ACUMULADO	Ai * Hi
				0.224	3181.477	100.0%	
3181.477	3236.479	3208.978	0.008	0.216	3236.479	96.6%	24.53
3236.509	3294.568	3265.538	0.010	0.206	3294.568	92.1%	32.52
3294.576	3346.533	3320.554	0.021	0.185	3346.533	82.7%	69.95
3346.534	3398.495	3372.515	0.022	0.163	3398.495	72.8%	74.68
3398.503	3468.777	3433.640	0.016	0.148	3468.777	65.9%	53.47
3468.820	3539.098	3503.959	0.015	0.132	3539.098	59.1%	53.31
3539.100	3594.111	3566.605	0.015	0.117	3594.111	52.4%	53.56
3594.123	3646.080	3620.101	0.015	0.102	3646.080	45.6%	55.13
3646.084	3701.066	3673.575	0.017	0.085	3701.066	38.1%	61.37
3701.103	3759.171	3730.137	0.017	0.068	3759.171	30.5%	63.53
3759.186	3820.304	3789.745	0.035	0.034	3820.304	15.1%	130.81
3820.326	3893.663	3856.995	0.010	0.023	3893.663	10.4%	40.40
3893.666	3963.966	3928.816	0.023	0.000	3963.966	0.0%	91.78
			<b>0.224</b>				<b>805.02</b>

Fuente: Elaboración propia.

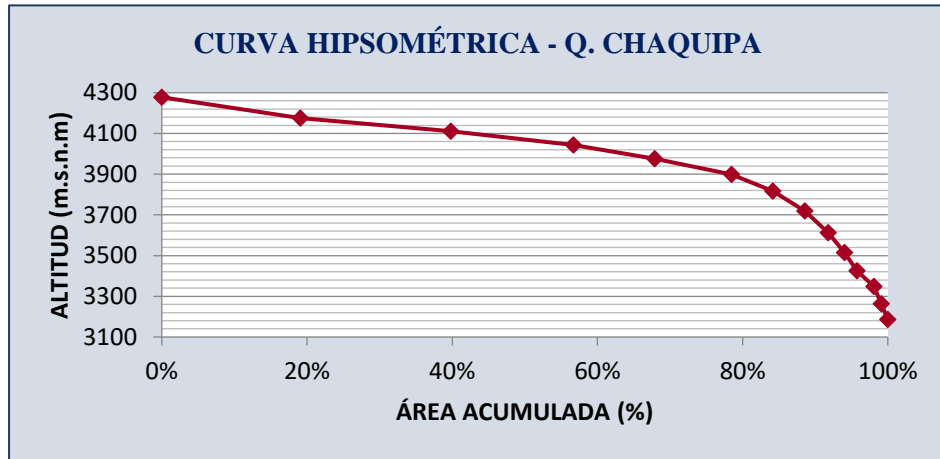
**Tabla 36. Análisis Hipsométrico – Q. Machgyacu**

QUEBRADA MACHGYACU							
COTA MIN. (m.s.n.m)	COTA MAX. (m.s.n.m)	COTA MEDIA (m.s.n.m)	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	ÁREA ACUMULADA	COTA (m.s.n.m)	PORCENTAJE ACUMULADO	Ai * Hi
				0.762	3174.942	100.0%	
3174.942	3272.878	3223.910	0.016	0.746	3272.878	97.9%	50.54
3272.883	3344.448	3308.666	0.034	0.712	3344.448	93.5%	113.10
3344.456	3408.493	3376.474	0.048	0.664	3408.493	87.2%	160.47
3408.497	3476.295	3442.396	0.057	0.607	3476.295	79.7%	197.90
3476.299	3559.168	3517.733	0.042	0.565	3559.168	74.2%	146.86
3559.200	3657.105	3608.153	0.025	0.540	3657.105	70.9%	89.99
3657.125	3732.448	3694.786	0.043	0.497	3732.448	65.3%	158.48
3732.453	3788.955	3760.704	0.074	0.423	3788.955	55.6%	278.60
3788.959	3845.461	3817.210	0.095	0.328	3845.461	43.1%	363.44
3845.463	3909.497	3877.480	0.108	0.220	3909.497	28.9%	417.56
3909.503	3981.071	3945.287	0.103	0.117	3981.071	15.4%	406.03
3981.077	4056.408	4018.743	0.053	0.064	4056.408	8.4%	214.41
4056.412	4139.285	4097.848	0.064	0.000	4139.285	0.0%	262.00
			<b>0.762</b>				<b>2859.38</b>

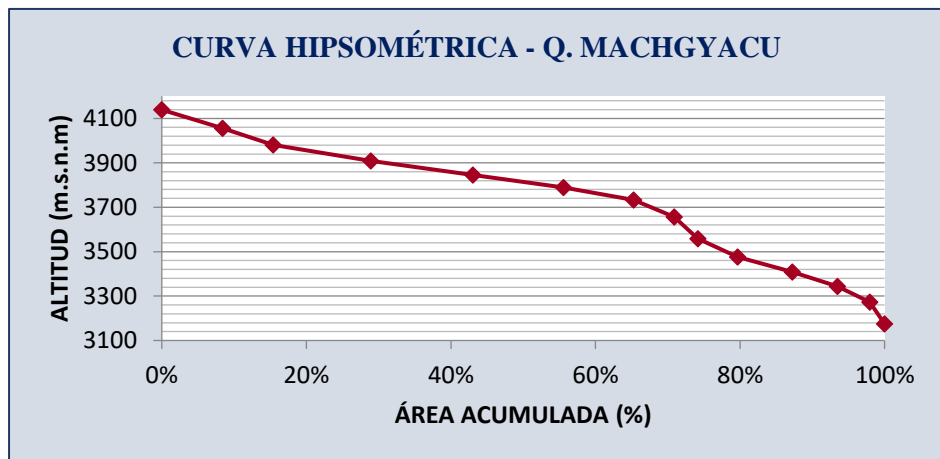
Fuente: Elaboración propia.

Con las áreas porcentuales obtenidas con las Tablas 34, 35 y 36, se determinó la elevación media de cada una de las quebradas y se procedió a construir las curvas hipsométricas. De la curva hipsométrica de las quebradas Chaquipa y Machgyacu se puede observar un gran potencial erosivo (fase juventud), y de la quebrada Maranchacra se puede observar

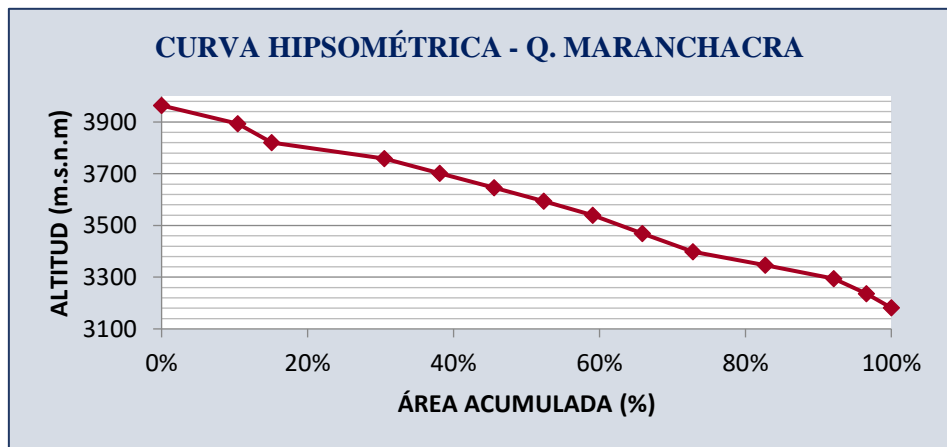
una curva que está llegando a una fase de madurez, es decir, a una fase de equilibrio. El estado de las curvas indica que en las quebradas existe la probabilidad de ocurrencia de flujos de escombros.



*Figura 39. Curva Hipsométrica de la Quebrada Chaquipa*  
Fuente: Elaboración propia.



*Figura 40. Curva Hipsométrica de la Quebrada Machgyacu*  
Fuente: Elaboración propia.



*Figura 41. Curva Hipsométrica de la Quebrada Maranchacra*  
Fuente: Elaboración propia.



#### 4.1.4.3. Tiempo de concentración y tiempo de retardo

Para determinar el tiempo de retardo, el cual permite hallar el caudal pico de descarga de agua en la quebrada, se promedió el tiempo de concentración calculados mediante diversas ecuaciones (Ver tabla 37).

Tabla 37. Tiempo de Concentración y Retardo de Quebradas

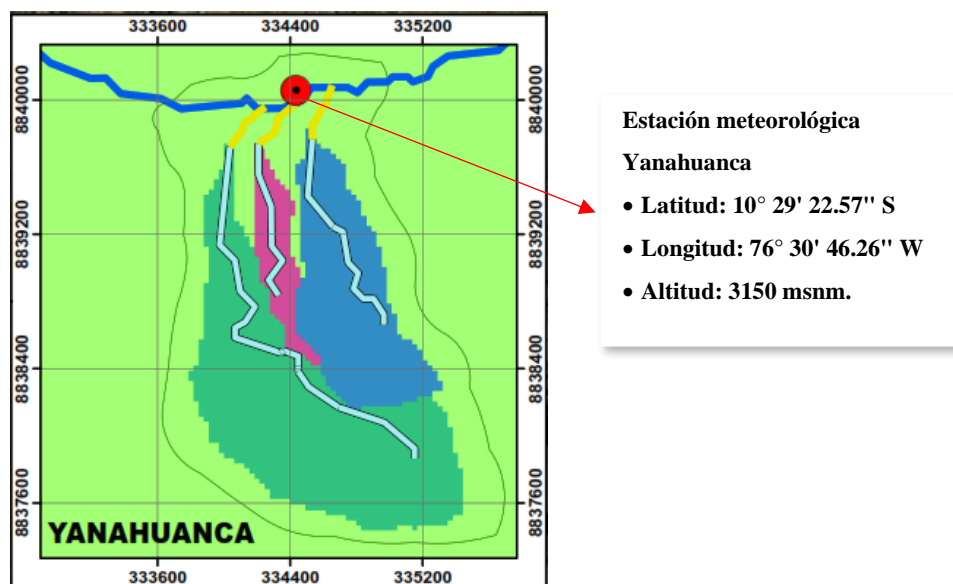
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN				
AUTOR	UNIDAD	Q. CHAQUIPA	Q. MARANCHACRA	Q. MACHGYACU
Kirpich	hr	0.214	0.079	0.109
Témez y D.N0.C.	hr	0.778	0.326	0.429
Passini	hr	0.345	0.083	0.163
Bransby - William	hr	0.776	0.308	0.385
Vente Te Chow	hr	0.424	0.186	0.243
<b>Promedio</b>	<b>hr</b>	<b>0.507</b>	<b>0.196</b>	<b>0.266</b>
<b>TIEMPO DE RETARDO</b>	<b>min</b>	<b>18.256</b>	<b>7.073</b>	<b>9.568</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.4.4. Análisis de precipitaciones máximas en 24 horas

Para la modelación de lluvias máximas se parte de los datos de precipitaciones máximas en 24 horas. La zona de estudio cuenta con una sola estación meteorológica a cargo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), la cual está ubicada por debajo de las quebradas (Ver figura 42).

Según el Cuerpo de Ingenieros de los EE. UU, para la correcta medición de lluvias en una zona montañosa, se requiere como mínimo una estación cada 10 km<sup>2</sup> (Suárez, 2009). En la presente investigación el área total de estudio tiene aproximadamente 4.5 km<sup>2</sup>, por lo que se ha de trabajar con la estación meteorológica de Yanahuanca.



*Figura 42. Ubicación de Estación Meteorológica Yanahuanca*  
 Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis de precipitaciones se debe de tener en cuenta la recomendación del Ministerio de Transporte, quien indica que se debe de contar con un mínimo de 25 años de registro para obtener resultados confiables (Palomino & Mauricio, 2019). En la investigación se cuenta con 39 años de registro de precipitación, desde el año 1980 al 2018 proporcionada por SENAMHI (ver anexo A.1.).

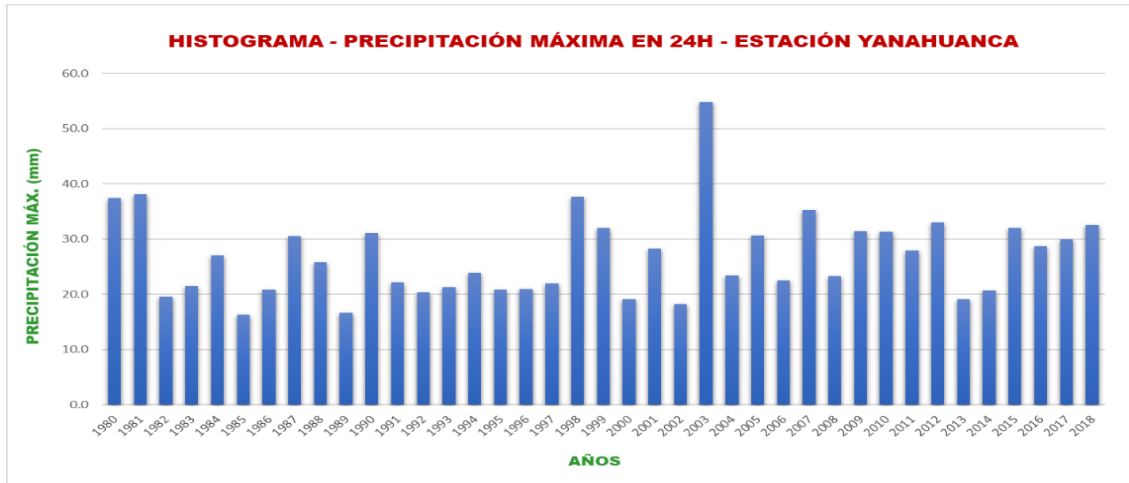
El registro de precipitaciones proporcionado presenta datos faltantes, probablemente debido a fallas en el instrumento. Ante este inconveniente, se procedió a completar los datos empleando tres métodos recomendados: Método de regresión lineal con datos TRMM, Método del U.S Weather Bureau y el Método Racional Deductivo, los cuales se detalla en el Anexo A.2. En la Tabla 38 se muestra el registro de precipitaciones con datos completados:

**Tabla 38. Precipitación Máxima en 24 h (mm) – Estación Yanahuanca**

ESTACIÓN	YANAHUANCA / 000475 / DZ11				LATITUD:	10° 29' 22.57" S			DEPARTAMENTO:	PASCO			
PROPIETARIO:	SENAMHI				LONGITUD:	76° 30' 46.26" W			PROVINCIA:	DANIEL ALCIDES CARRIÓN			
PARÁMETRO:	PRECIPITACIÓN MÁX. EN 24 H (mm)				ALTITUD:	3150 msnm.			DISTRITO:	YANAHUANCA			
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Pp máx. Anual
1980	11.6	10.8	17.8	13.2	0	0	4	3.4	7.3	37.4	23.5	18.5	37.4
1981	15.6	21.4	38.1	4.8	0	0	0	28.5	16.7	18	21.9	24.5	38.1
1982	18.4	18	15.2	14.0	8	5.3	4	11	11	14.2	19.6	17.5	19.6
1983	19.9	21.2	21.2	16.1	9.4	6.1	5.9	8.6	12.4	16.6	21.1	21.5	21.5
1984	19.9	27.1	18.2	13.1	10.7	14.6	3.2	9.3	11	11.1	19.7	19.2	27.1
1985	14.8	13.5	15.5	11.6	7.6	8.7	5.6	5.1	10.4	5.7	16.3	13.6	16.3
1986	13	11.9	14.5	12.1	6.6	5.7	2.4	18.0	20.9	11.5	14.1	17.3	20.9
1987	28.0	29.3	30.5	22.7	13.2	4.7	9.4	18.6	24	30	23	20	30.5
1988	25.8	18	12.7	18	11	0	0	3	11	12	4	5	25.8
1989	5	8	14.5	0	2	4.5	0.4	11	11	16.7	15.4	11	16.7
1990	0	21.7	21.7	11.4	12.7	20.4	5	4	13.9	15	31.1	30.9	31.1
1991	8.3	17.2	20.8	12	16.3	10	0	0.9	11.4	14.8	15.2	22.2	22.2
1992	15.5	5.8	15.6	4.6	0	7.3	8.4	15.3	6.7	17.2	20.4	13.2	20.4
1993	18.8	13.8	16.2	15.9	7.9	0.5	4.0	7.8	9	21.3	18.5	18.1	21.3
1994	23.8	16.8	20.5	17.4	8.4	5.4	6.5	6	10.8	10.9	15.4	11.9	23.8
1995	17.7	16.0	20.8	14.4	6.4	3.4	1.6	2	5.6	9.2	13.7	19.5	20.8
1996	15.9	16.7	17.5	21	13	0	0	4.1	20.4	14.2	12.7	8.7	21.0
1997	22	21	13.4	12	10	0	1	3	8.8	7	15	18	22.0
1998	19.4	37.7	18.8	20	5.4	7.2	0	0.3	7	15	10.8	14.5	37.7
1999	14	23	32	13	5.7	4.2	4.5	11	14	15	15	30	32.0
2000	18	13.8	18.6	10	4.3	4	4.6	0	3	7	14	19.2	19.2
2001	15.7	11.2	16	18.2	10	6.6	13	12.5	5.7	9.4	20	28.3	28.3
2002	10.1	15.2	14.2	18.2	9.7	2.1	10.6	7.3	14.5	14.7	15.9	18	18.2
2003	17.3	23.2	19.2	14.6	18.8	4.4	0	7.5	7.5	16.3	54.8	22.9	54.8
2004	6.9	22.1	10.6	7.3	17	11.1	7.6	6.5	23.4	20.9	20	22.7	23.4
2005	15.4	15.7	12.7	10.3	24.8	0	7	5	15.1	22.5	30.7	12.4	30.7
2006	16.8	14	16.8	18.7	6.6	3.9	0.5	4.9	11.2	17.1	15.4	22.5	22.5
2007	17.8	10.2	19	12.5	9.3	0.7	23.3	8	5	35.3	21.5	15.6	35.3
2008	12	23.3	12.8	14.5	10	7.5	0	3.8	13.2	15.9	15.1	13.7	23.3
2009	20	17.6	27	31.5	13.4	2.3	15.7	8.3	6	15	30	18	31.5
2010	21	20	12.9	9.9	2.8	5.8	0	0	5.2	12	31.3	25.5	31.3
2011	21.2	21.8	25.5	21.5	3.2	0	5.1	2.2	4	11	17.1	28	28.0
2012	13.7	17.2	11.9	17.1	4.2	15.8	5.8	2.2	18.2	13	23.4	33	33.0
2013	17.8	19.2	19	10.3	4.7	4.1	4.1	7.1	4.1	13	15.2	12	19.2
2014	14.8	17.9	17.8	10.6	10.1	5.9	7.8	4.3	12	12	15.8	20.7	20.7
2015	23.6	30.7	32.0	23.8	19.6	9.0	8.7	12.6	18.3	24.5	31.1	31.7	32.0
2016	18.4	20.3	28.8	12.3	2.8	4.2	10.2	7.8	10.5	12.1	7.1	19.2	28.8
2017	23.3	17.2	30	16.1	10.8	15.0	6.1	5.6	22.7	11.8	15.4	20	30.0
2018	27.7	29	22.6	32.6	12.7	11.3	4.8	23.5	10.8	17.6	14.5	13.6	32.6
N° DATOS	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
Pprom.	16.9	18.7	19.6	14.8	9.0	5.7	5.1	7.7	11.6	15.7	19.4	19.3	26.9
Pmáx.	28.0	37.7	38.1	32.6	24.8	20.4	23.3	28.5	24.0	37.4	54.8	33.0	54.8
Pmin.	0.0	5.8	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	5.7	4.0	5.0	16.3

Fuente: Elaboración propia con base en datos de SENAMHI

Nota: Los datos de **color guinda** fueron completados empleando valores de precipitación proporcionados por el satélite TRMM a través de ecuaciones de ajuste. Los datos de **color azul** fueron completados empleando estaciones cercanas a través del método U.S. Weather Bureau. Los datos de **color verde** fueron completados empleando la misma estación a través del método racional deductivo.



**Figura 43. Histograma de Precipitación Máxima en 24h. – E. Yanahuanca**  
Fuente: Elaboración propia.

Luego de completar los datos y en base a las precipitaciones máximas anuales en 24 horas, se realizó la prueba de datos dudosos utilizando el método Water Resources Council de los EE.UU. (ver anexo A.3), donde se empleó el software Hidroesta 2 para determinar los parámetros estadístico. Finalmente, no se encontró ningún dato dudoso mínimo, pero si un dato dudoso máximo, el cual se consideró en el análisis, ya que el objetivo es el estudio de precipitaciones máximas extremas.

“Los procedimientos de recolección de datos y el proceso de control de calidad de los datos de precipitación son de suma importancia para la confiabilidad de los resultados de las curvas Intensidad, duración y frecuencia (IDF)”. (Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica, 2011)

#### **4.1.4.5. Generación de precipitaciones máximas probables de 24 h**

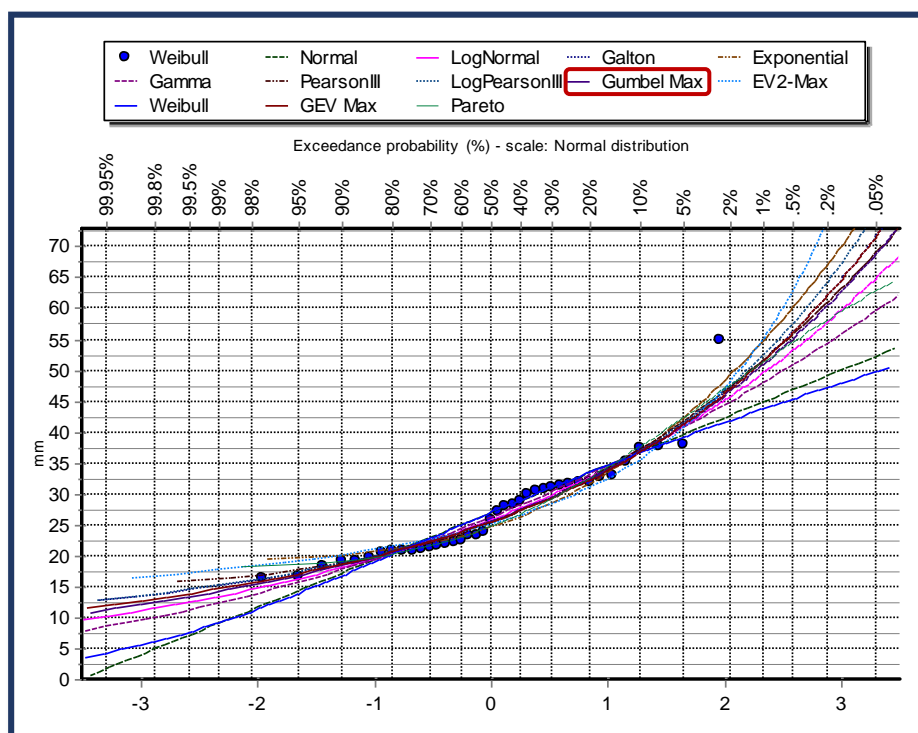
En esta sección, a través de un análisis estadístico de prueba de bondad de ajuste al registro de precipitaciones máximas en 24 horas, se estimaron las profundidades de lluvia en diferentes periodos de retorno. Para el estudio, la prueba de bondad empleada es Smirnov – Kolmogorov, la cual fue efectuada con el software Hydrognomon, con el fin de

determinar la distribución teórica que presenta mejor correlación con los datos de la estación de Yanahuanca. La Tabla 39 y Figura 44 muestra los resultados:

*Tabla 39. Distribuciones Teóricas en el Software Hydrognomon*

DISTRIBUCIONES TEÓRICAS - HYDROGNOMON					
Kolmogorov-Smirnov test for: All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	47.28%	0.1318
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	41.09%	0.13852
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	86.89%	0.09199
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	83.77%	0.09565
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	47.83%	0.13122
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	51.13%	0.12785
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	77.71%	0.10209
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	83.39%	0.09608
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	80.92%	0.09876
<b>EV1-Max (Gumbel)</b>	<b>ACCEPT</b>	<b>ACCEPT</b>	<b>ACCEPT</b>	<b>87.98%</b>	<b>0.09063</b>
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	36.89%	0.14341
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	10.57%	0.19063
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	45.72%	0.13344
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	82.66%	0.09688
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	83.83%	0.09558
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	6.12%	0.20789

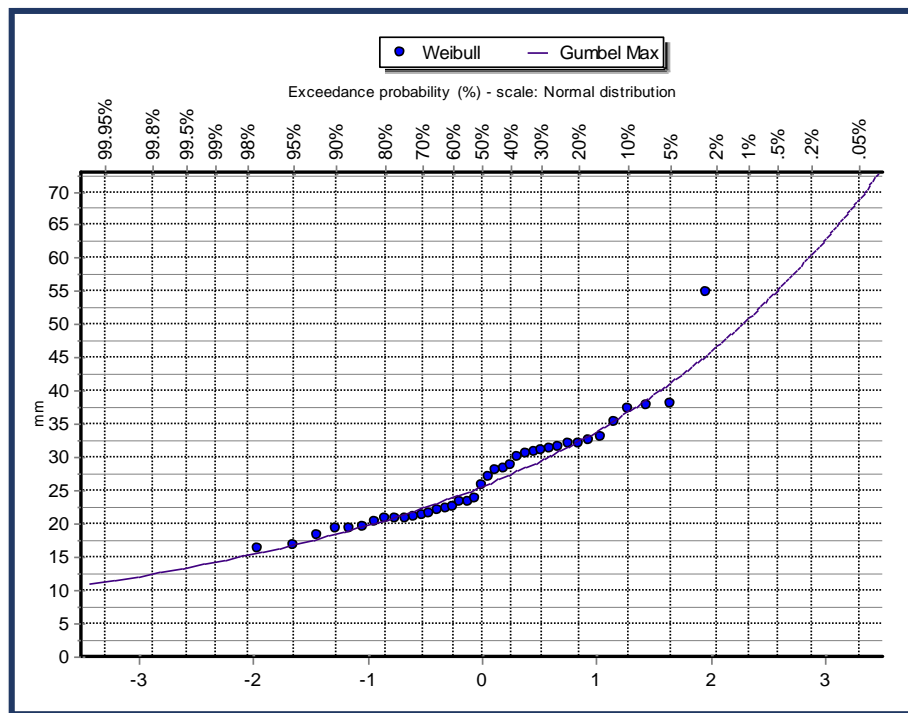
Fuente: Elaboración propia



*Figura 44. Curva de Distribuciones Teóricas*

Fuente: Elaboración propia.

Para el estudio se determinó que se usará las distribución EV1- Max (Gumbel), ya que cuenta con ajuste al 87.98%. Además, como indica Coras (2004), la distribución Gumbel es una de las más empleadas para la frecuencia de precipitaciones extremas. En la Figura 45, se muestra la curva de la función Gumbel procesada en el software Hydrognomon con los datos de precipitación máxima en 24 horas para la zona de Yanahuanca.



**Figura 45. Curva de la Distribución Gumbel**  
Fuente: Elaboración propia

Con la función Gumbel, se procede a estimar las precipitaciones máximas extremas para los periodos de retorno de 5, 50 y 500 años. Esta estimación fue realizada con el software Hydrognomon (Ver tabla 40).

Una vez estimado las profundidades de lluvia máximas extremas, Lujano (2017) recomienda, que a estos valores se deben de multiplicar por 1.13, ya que los datos de precipitación son obtenidos a horas de observación fija y no siempre permitirán conocer las cantidades máximas verdaderas

durante el periodo deseado. La Tabla 41 muestra las precipitaciones máximas ponderadas con el factor recomendado.

**Tabla 40. Precipitación Máxima por Periodos de Retorno**

DISTRIBUCIÓN	PRECIPITACIÓN MÁXIMA POR PERIODO DE RETORNO		
	T = 5 años	T = 50 años	T = 500 años
VALOR EXTREMO TIPO I (EV1 - GUMBEL)	32.43 mm	46.81 mm	60.65 mm

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 41. Precipitación Máxima Ponderadas por Periodos de Retorno**

DISTRIBUCIÓN	PRECIPITACIÓN MÁXIMA PONDERADAS POR PERIODO DE RETORNO (*1.13)		
	T = 5 años	T = 50 años	T = 500 años
VALOR EXTREMO TIPO I (EV1 - GUMBEL)	36.64 mm	52.90 mm	68.54 mm

Fuente: Elaboración propia.

#### **Análisis de la precipitación el día de ocurrencia del huayco**

Para el estudio se requiere conocer la precipitación máxima en 24 horas del día de ocurrencia del Huayco en la zona de Yanahuanca, y también, el periodo de retorno correspondiente al evento.

El día 05 de abril del 2009, fecha en la que se sucedió el flujo de escombros, según los datos proporcionados del SENAMHI la precipitación máxima en 24 horas fue de **31.5 mm**. Mediante un análisis a partir de la ecuación de Gumbel se identificó un periodo de retorno para el evento de **4.36 años**.

#### **4.1.4.6. Hietograma de precipitación**

Para obtener el hietograma de precipitación se procedió a determinar la ecuación de intensidad de la lluvia en la zona y por ende las curvas IDF para cada uno de los periodos de retorno considerados en la investigación (4.36, 5, 50 y 500 años). Para lo cual, se realizó los cálculos correspondientes, indicados en el numeral 2.2.4.6.2. de la presente tesis, que

se detalla también en el Anexo A.4. Una vez realizado estos procedimientos se logró determinar la ecuación de intensidad de la lluvia que se muestra a continuación:

$$I_{m\acute{a}x.} = \frac{113.3165 * T^{0.135986}}{t^{0.61639}}$$

Donde:

I = intensidad máxima de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Con esta ecuación, se estimaron las intensidades máximas de diseño según el periodo de retorno, para distintos tiempos de duración de la lluvia, lo cual se muestra en la Tabla 42, así mismo, se graficaron las curvas IDF (Figura 46).

**Tabla 42. Intensidades Máximas para TR=5, TR=50, TR=500 años**

TIEMPO DE DURACIÓN EN MINUTOS	INTENSIDADES MÁXIMAS DE DISEÑO (mm/hr) SEGÚN PERIODO DE RETORNO		
	T = 5 años	T = 50 años	T = 500 años
5	52.301	71.531	97.8320
10	34.116	46.660	63.8161
15	26.572	36.342	49.7038
20	22.254	30.436	41.6274
25	19.394	26.525	36.2782
30	17.333	23.706	32.4220
35	15.892	23.821	29.6063
40	14.637	21.939	27.2671
45	13.612	20.402	25.3577
50	12.756	19.119	23.7632
55	12.028	18.029	22.4074
60	11.400	17.087	21.2373

Fuente: Elaboración propia



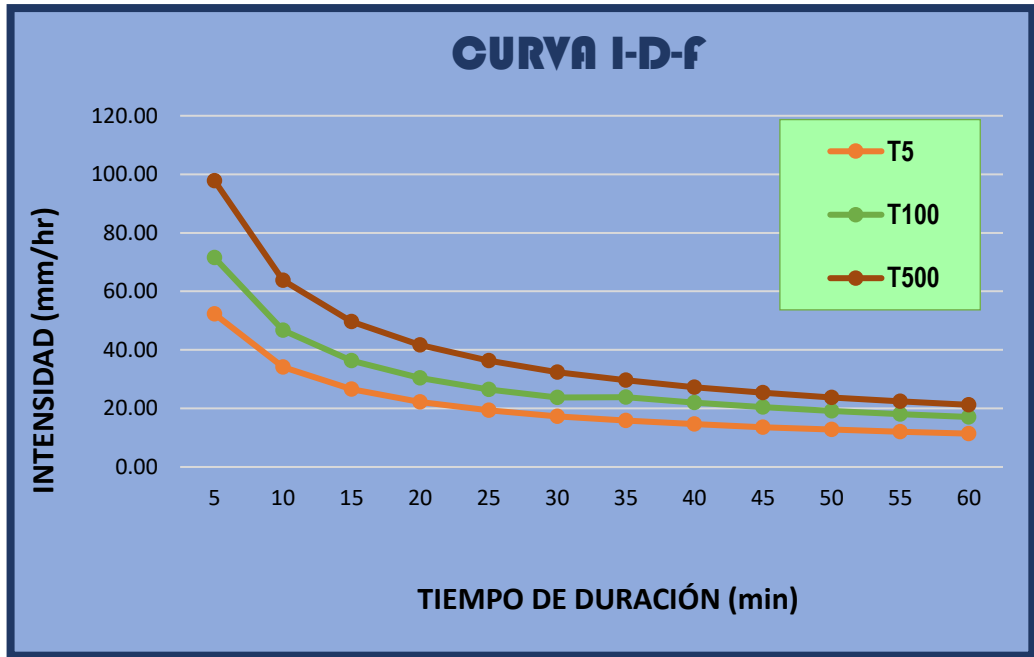


Figura 46. Curva Intensidad-Duración-Frecuencia para la Zona de Estudio  
Fuente: Elaboración propia

Una vez determinada la ecuación de intensidad de la lluvia, se estiman las precipitaciones para graficar el hietograma de diseño para los periodos de retorno de **4.36 (evento de referencia), 5, 50 y 500 años**, las cuales se muestran en la Tabla 43 y en las Figuras 47,48,49 y 50. Además, en el Anexo A.5 se detalla el cálculo para determinar los valores de cada uno de los hietogramas.

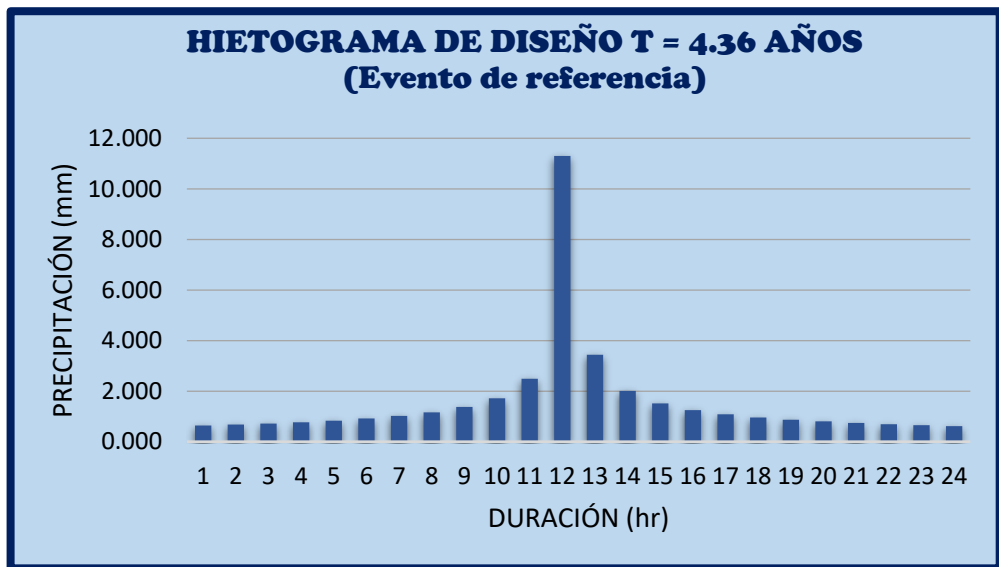


Figura 47. Hietograma de Diseño para un T = 4.36 años  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 43. Valores para Hietograma en T=4.36, T=5, T=50 y T=500 años

VALORES PARA HIETOGRAMA DE DISEÑO - T=4.36, T=5, T=50, T=500 AÑOS					
DURACIÓN (hr)	DURACIÓN (min)	PRECIPITACIÓN (mm) EVENTO DE REF.	PRECIPITACIÓN (mm) T = 5 AÑOS	PRECIPITACIÓN (mm) T = 50 AÑOS	PRECIPITACIÓN (mm) T = 500 AÑOS
1	60	0.625	0.636	0.870	1.191
2	120	0.662	0.674	0.922	1.261
3	180	0.705	0.718	0.982	1.343
4	240	0.756	0.771	1.054	1.441
5	300	0.819	0.835	1.141	1.561
6	360	0.898	0.915	1.251	1.711
7	420	1.000	1.018	1.393	1.905
8	480	1.139	1.160	1.587	2.170
9	540	1.344	1.370	1.873	2.562
10	600	1.688	1.720	2.352	3.217
11	660	2.437	2.482	3.395	4.643
12	720	11.098	11.306	15.463	21.149
13	780	3.380	3.444	4.710	6.442
14	840	1.974	2.011	2.750	3.761
15	900	1.491	1.519	2.077	2.841
16	960	1.230	1.254	1.715	2.345
17	1020	1.063	1.083	1.482	2.026
18	1080	0.945	0.963	1.317	1.801
19	1140	0.856	0.872	1.193	1.631
20	1200	0.786	0.801	1.095	1.498
21	1260	0.729	0.743	1.016	1.390
22	1320	0.682	0.695	0.951	1.300
23	1380	0.642	0.655	0.895	1.224
24	1440	0.608	0.620	0.847	1.159

Fuente: Elaboración propia

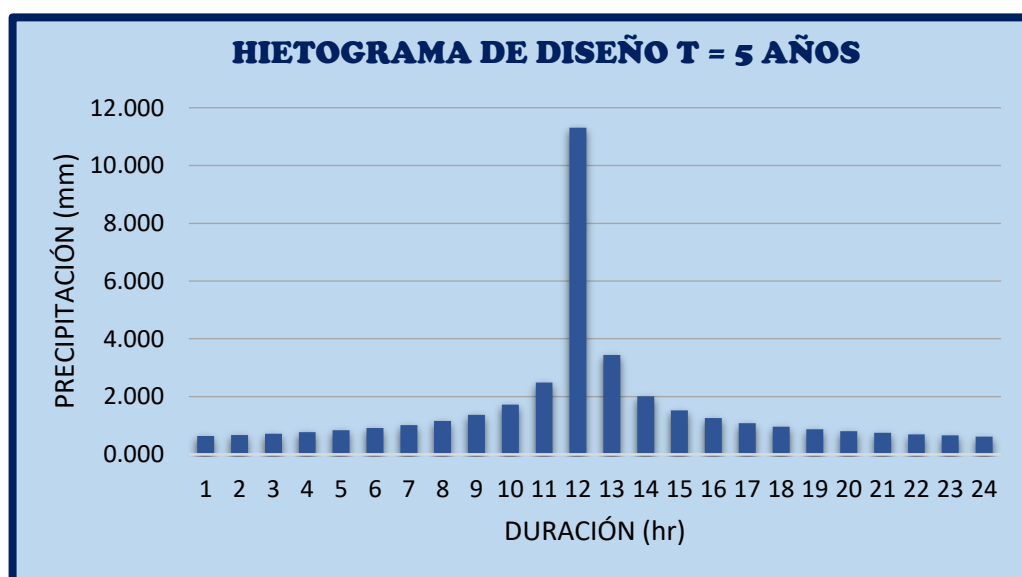
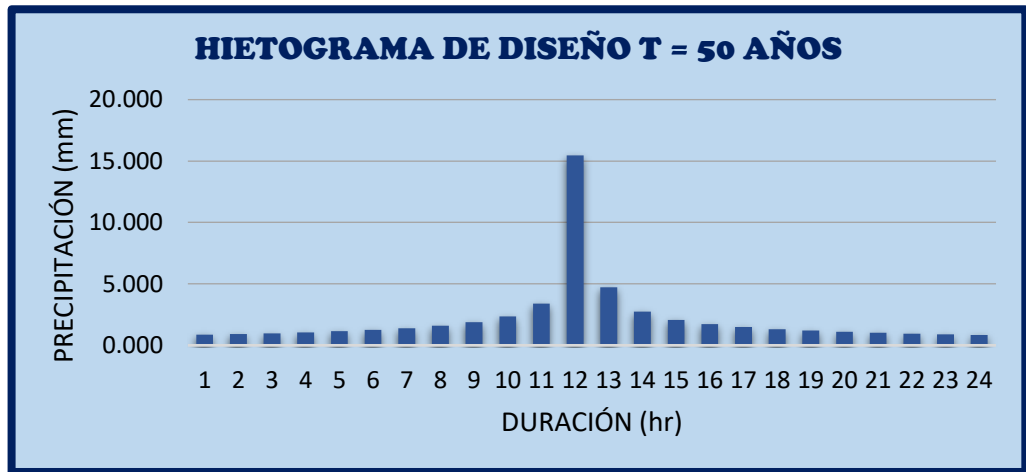
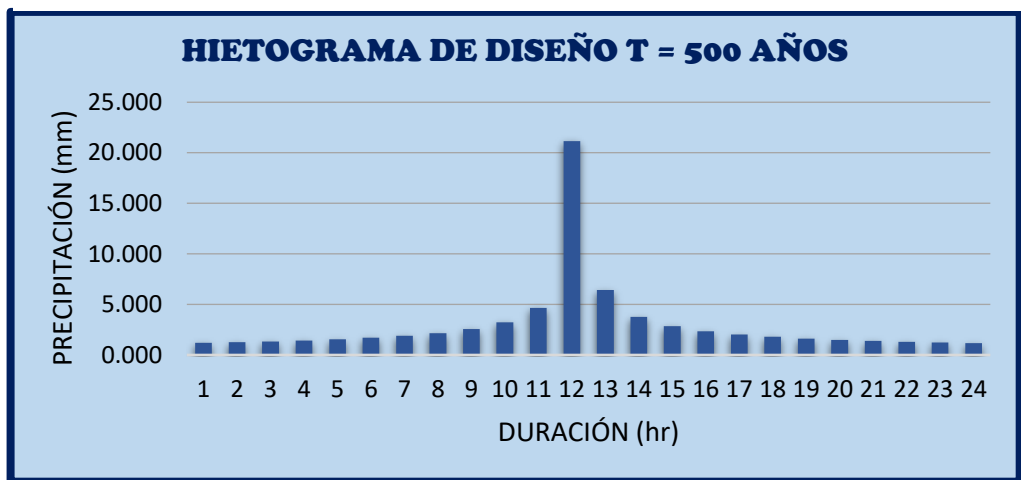


Figura 48. Hietograma de Diseño para un T = 5 años

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 49. Hietograma de Diseño para un T = 50 años*  
Fuente: Elaboración propia.



*Figura 50. Hietograma de Diseño para un T = 500 años*  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.4.7. Uso de Suelo y Cálculo del Número de Curva

Villegas (2017) señala que para determinar el número de curva (CN) se requiere de las tres propiedades generadoras de la escorrentía: tipo hidrológico de suelo, uso de la tierra y condición previa de humedad.

En base a lo señalado por Villegas, se procede a determinar el número de curva con el uso del software ArcGIS, para ello en primer lugar, se determina el grupo hidrológico del suelo según la clasificación del suelo y geología de la zona (Ver Tabla 44 y 45), esto en base a la Figura 18, Tablas 16 y Tabla 17.

**Tabla 44. Grupo Hidrológico del Suelo Según Clasificación de Suelos**

GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO SEGÚN CLASIFICACIÓN DE SUELOS					
IDENTIFICACIÓN		TIPO DE SUELO - SUCS		CLASIFICACIÓN SEGÚN TEXTURA	GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO
CALICATA	MUESTRA	SIMBOLOGÍA	NOMBRE		
C - 1	M - 1	SC	Arena arcillosa con grava	Franco - arcillo arenosa	<b>B</b>
	M - 2	GP	Grava mal graduada con arena	Arenosa	<b>A</b>
C - 2	M - 1	SM	Arena limosa con grava	Franco arenosa	<b>B</b>
	M - 2	SM	Arena limosa con grava	Franco arenosa	<b>B</b>
C - 3	M - 1	SC	Arena arcillosa con grava	Franco - arcillo arenosa	<b>B</b>
C - 4	M - 1	SC	Arena arcillosa con grava	Franco - arcillo arenosa	<b>B</b>
	M - 2	GC	Grava arcillosa con arena	Franco arenosa	<b>B</b>
C - 5	M - 1	SC	Arena arcillosa	Arcillosa arenosa	<b>B</b>
	M - 2	SC	Arena arcillosa con grava	Franco - arcillo arenosa	<b>B</b>
C - 6	M - 1	SC	Arena arcillosa con grava	Franco - arcillo arenosa	<b>B</b>
	M - 2	SC	Arena arcillosa	Franco arcillosa	<b>C</b>
C - 7	M - 1	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla y arena.	Arenoso franca	<b>A</b>
PE - 1	Q - 1	GM-GC	Grava limosa con arena	Arenoso franca	<b>A</b>
PE - 2	Q - 2	GC	Grava arcillosa con arena	Franco arenosa	<b>B</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 45. Grupo Hidrológico del Suelo Según Geología de la Zona**

GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO SEGÚN GEOLOGÍA DE LA ZONA			
UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS		DESCRIPCIÓN	GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO
NOMBRE	SIMBOLOGÍA		
Grupo Goyllarisquizga	Ki - g	Está conformado por areniscas cuarzosas bien clasificadas de grano medio a grueso, con intercalaciones de arcillitas. Presentan una coloración gris clara a blanca ligeramente amarillenta. (Moreno, 2012)	<b>B</b>
Grupo Pucará	TsJi - p	Está constituido por calizas de color gris, pardo amarillento con tonalidades rojizas por meteorización, lo conforman estratos medios a delgados, de textura microcristalina. (Moreno, 2012 )	<b>B</b>
Complejo Marañon	NP - cm - esq	Está conformado principalmente por esquistos micáceos, filitas, pizarras, cuarcitas y arcosas de origen sedimentario. (Moreno, 2012)	<b>C</b>

Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, se identifica el uso del suelo, para ello mediante interpretación visual se delimita en el software ArcGIS sobre una imagen, las zonas del área de estudio. En la investigación se cuenta con dos imágenes base: la cobertura vegetal de la zona (Ver figura 32) y, una imagen del satélite PeruSAT (Ver figura 51) proporcionado por la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial, CONIDA.

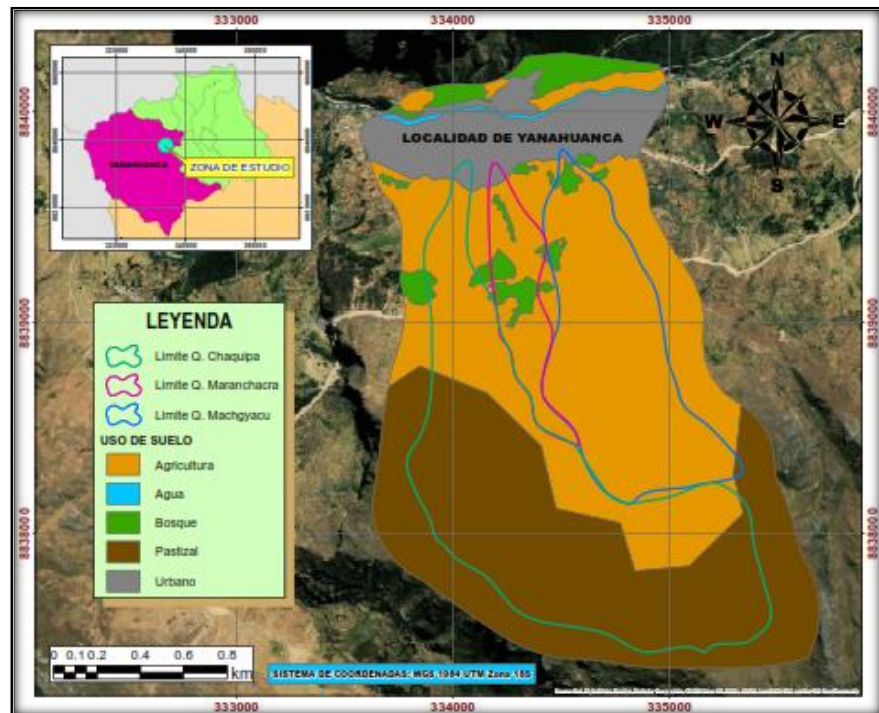
El satélite PeruSAT-1 es un satélite de observación terrestre de propiedad del gobierno peruano, el cual viene operando desde el año 2016, y tiene una visión pancromática a 0.70 m y 2.8 m multiespectral (Millán, 2018).



**Figura 51. Imagen del Satélite PeruSAT – 1**

Fuente: Elaboración propia con base en un archivo ráster proporcionado por CONIDA.

En la Figura 52 se observa el mapa de uso de suelo para la zona de estudio, que también se adjunta en el Anexo C.10.



**Figura 52. Mapa de Uso de Suelo en la Zona de Estudio**

Fuente: Elaboración propia

En tercer lugar, ya que se está analizando condiciones hidrológicas extremas, se considerará una condición húmeda del suelo (CN III).

Finalmente, en base a los resultados y consideraciones, se determina con la ayuda del software ArcGIS el Número de Curva ponderado en condición antecedente húmeda del suelo, el cual es **88.48**. En las Tablas 46 y 47, se muestran los resultados.

**Tabla 46. Resultados de Número de Curva Procesada en ArcGIS**

USO DE SUELO	SÍMBOLO	ÁREA (KM2)	Luvalue	PctA	PctB	PctC	PctD	Landuse	Lucode	CN
Agricultura	A	192.388066	4	0	100	0	0	4	B	77
Agricultura	A	1.237715	4	0	100	0	0	4	B	77
Agricultura	A	0.569011	4	0	100	0	0	4	B	77
Agricultura	A	4.320538	4	0	100	0	0	4	B	77
Agua	Ag	2.302334	1	0	0	0	100	1	D	100
Bosque	B	0.442161	3	0	100	0	0	3	B	58
Bosque	B	2.205468	3	0	100	0	0	3	B	58
Bosque	B	6.683826	3	0	100	0	0	3	B	58
Bosque	B	2.074459	3	0	100	0	0	3	B	58
Bosque	B	1.818611	3	0	100	0	0	3	B	58
Bosque	B	0.345134	3	0	100	0	0	3	B	58
Bosque	B	1.540739	3	0	100	0	0	3	B	58
Bosque	B	0.28811	3	0	100	0	0	3	B	58
Bosque	B	0.463817	3	0	100	0	0	3	B	58
Bosque	B	0.922534	3	0	100	0	0	3	B	58
Bosque	B	2.633722	3	0	100	0	0	3	B	58
Bosque	B	0.347108	3	0	100	0	0	3	B	58
Pastizal	P	162.630883	4	0	100	0	0	4	B	77
Urbano	U	37.62934	2	0	0	100	0	2	C	81
Urbano	U	4.418524	2	0	0	100	0	2	C	81

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados proporcionados por el software ArcGIS

**Tabla 47. Resultado del NC Ponderado en Condición Extrema de Humedad del Suelo**

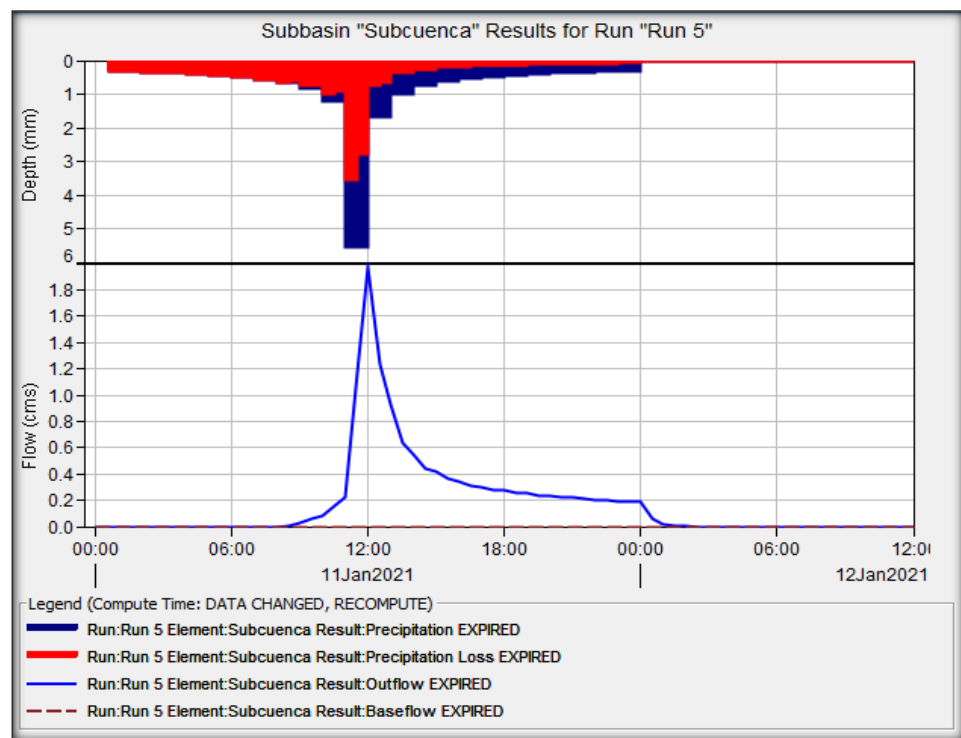
USO DE SUELO	ÁREA		GRUPO HIDROLÓGICO	VALOR CN	CNII PONDERADO
	KM2	%			
Agricultura	198.51533	46.68	B	77	35.94
Agua	2.302334	0.54	D	100	0.54
Bosque	19.765689	4.65	B	58	2.70
Pastizal	162.630883	38.24	B	77	29.45
Urbano	42.047864	9.89	C	81	8.01
	<b>425.2621</b>	<b>100</b>			<b>76.64</b>
			<b>CNIII PONDERADO</b>		<b>88.48</b>

Fuente: Elaboración propia

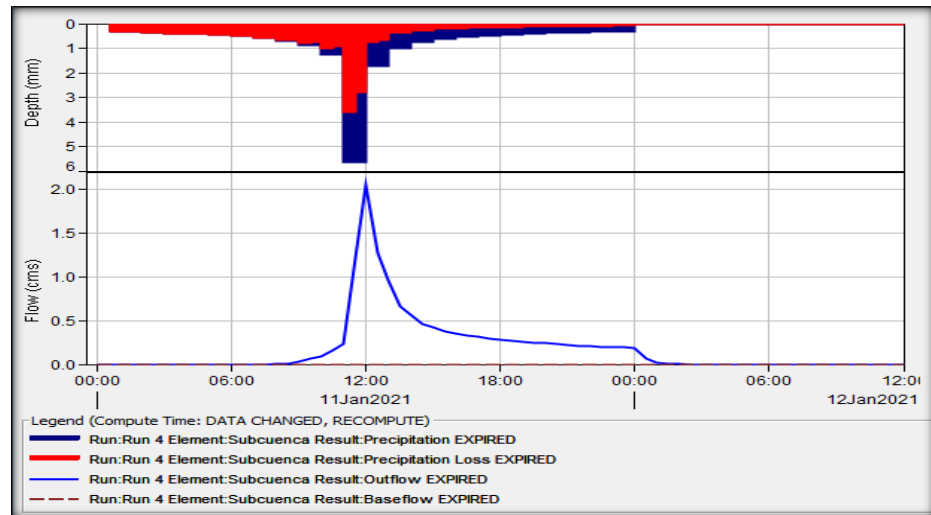
#### 4.1.4.8. Hidrograma de avenida con HEC – HMS y estimación del volumen máximo de agua

Con los datos obtenidos en las secciones anteriores, se procede a modelar cada una de las quebradas en el software HEC-HMS, con el fin de determinar el hidrograma de avenida y el caudal pico o máximo. También, estimar con el caudal máximo y el tiempo de concentración extremo, el volumen de agua.

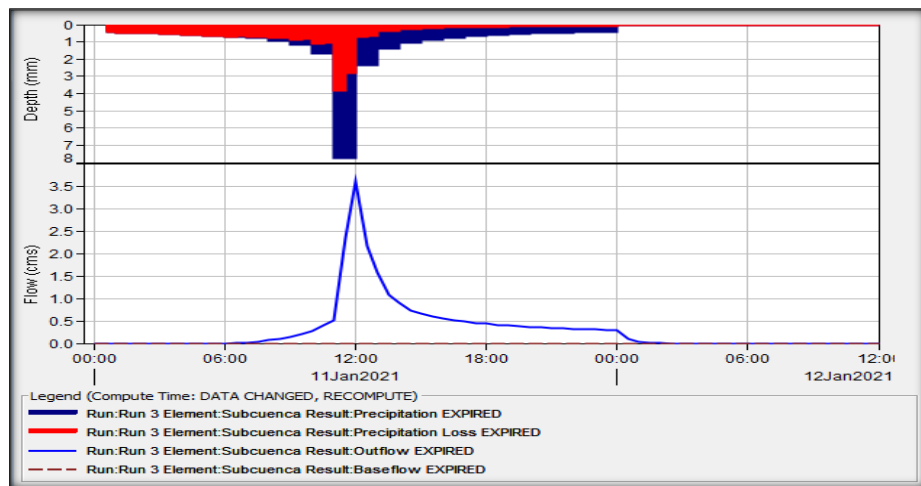
En las Figuras 54, 55 y 56 se muestra los hidrogramas proporcionados por el software HEC-HMS para la quebrada Chaquipa, luego del procesamiento de datos para cada periodo de retorno considerados en la investigación. Además, en la Figura 53 se muestra el hidrograma correspondiente al evento de referencia, dato indispensable con el cual se calibrará los parámetros para el modelamiento de los flujos de escombros.



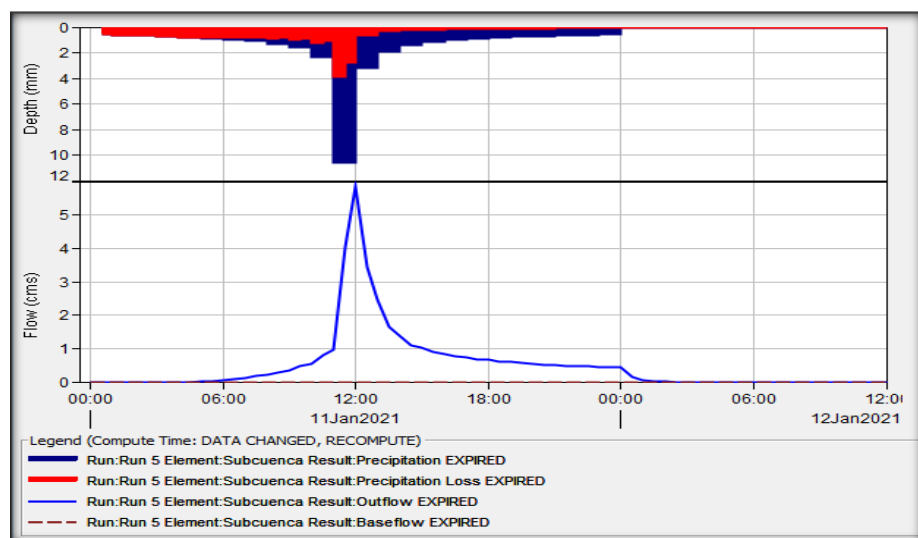
*Figura 53. Hidrograma de la Quebrada Chaquipa para el Evento de Referencia*  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 54. Hidrograma de la Quebrada Chaquipa para un T=5 años**  
Fuente: Elaboración propia.



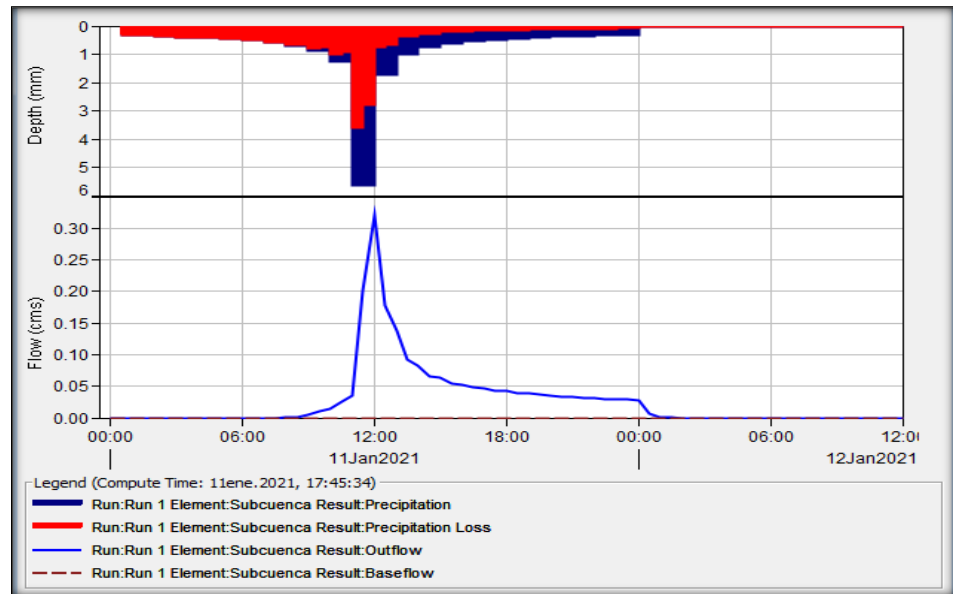
**Figura 55. Hidrograma de la Quebrada Chaquipa para un T=50 años**  
Fuente: Elaboración propia.



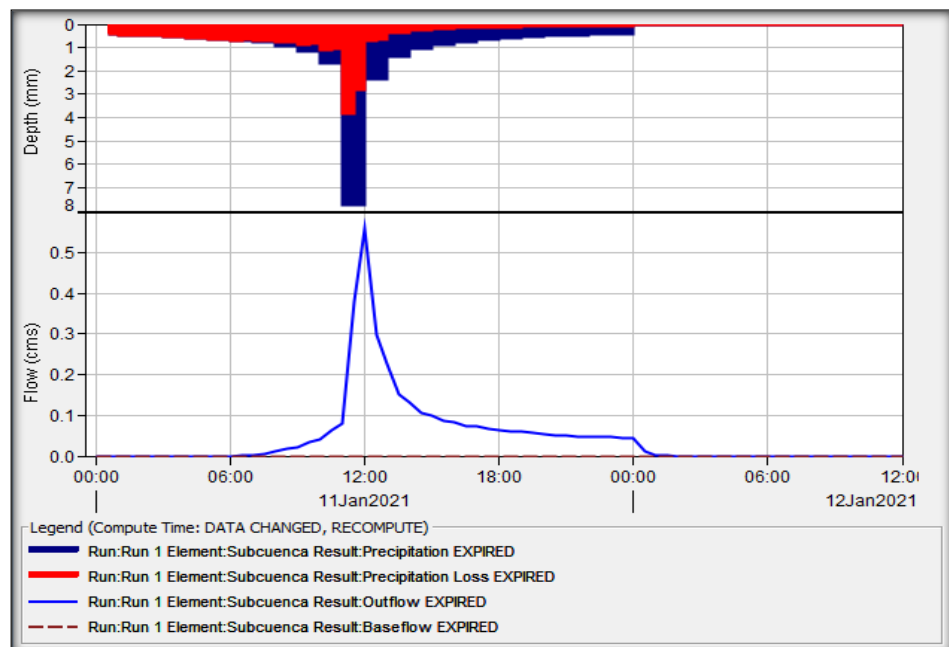
**Figura 56. Hidrograma de la Quebrada Chaquipa para un T=500 años**  
Fuente: Elaboración propia.



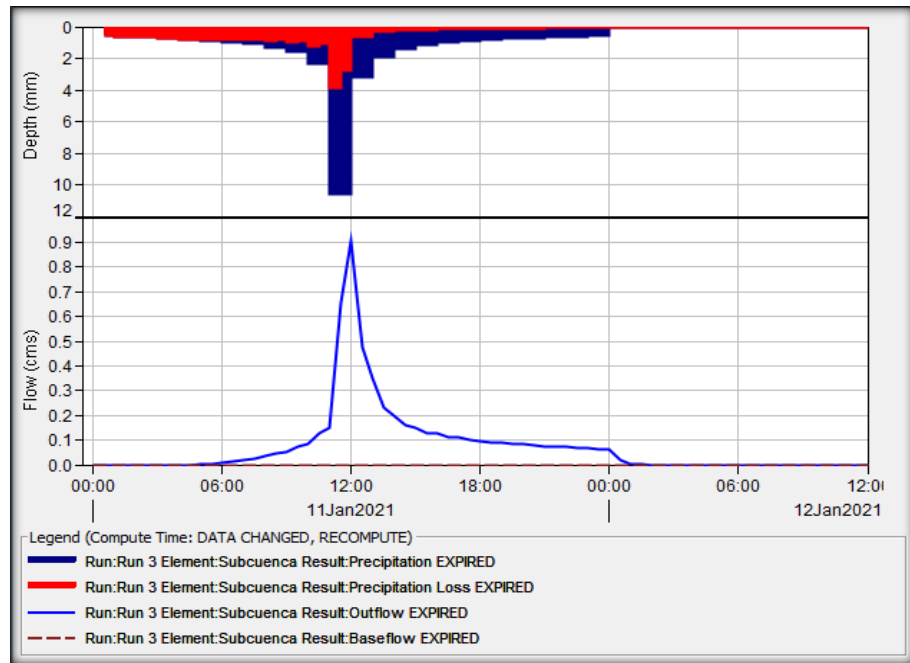
En las Figuras 57, 58 y 59, se muestra los hidrogramas proporcionados por el software HEC-HMS para la quebrada Maranchaca, luego del procesamiento de datos para cada periodo de retorno considerados en la investigación.



**Figura 57. Hidrograma de la Quebrada Maranchaca para un T=5 años**  
Fuente: Elaboración propia.

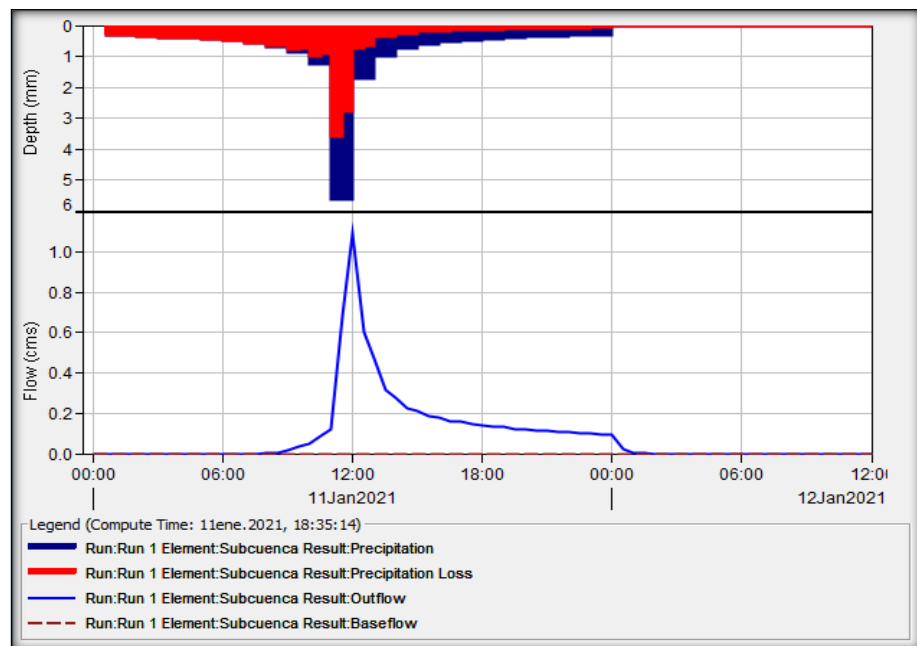


**Figura 58. Hidrograma de la Quebrada Maranchaca para un T=50 años**  
Fuente: Elaboración propia.

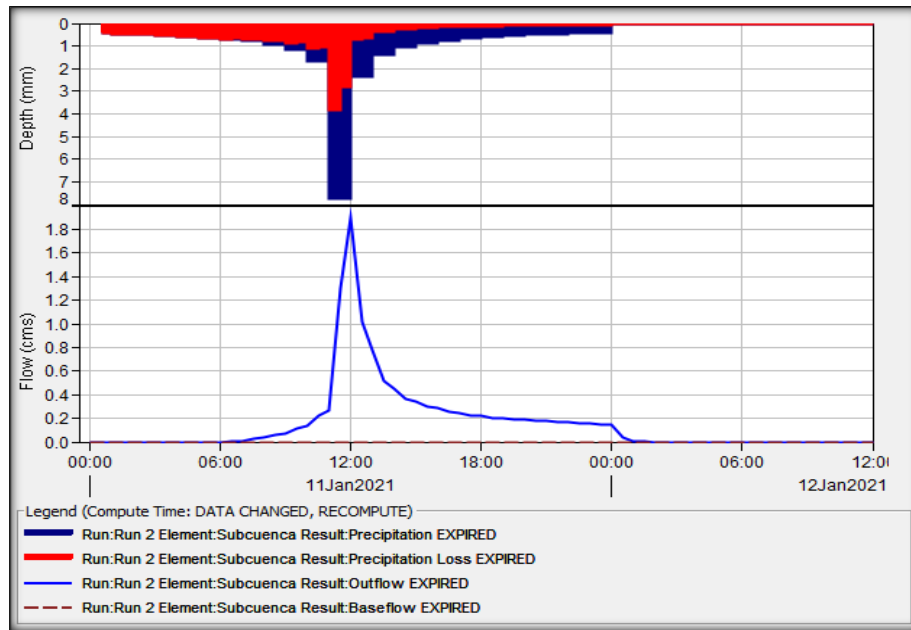


**Figura 59. Hidrograma de la Quebrada Maranchaca para un T=500 años**  
Fuente: Elaboración propia.

En las Figuras 60, 61 y 62, se muestra los hidrogramas proporcionados por el software HEC-HMS para la quebrada Machgyacu, luego del procesamiento de datos para cada periodo de retorno considerados en la investigación.

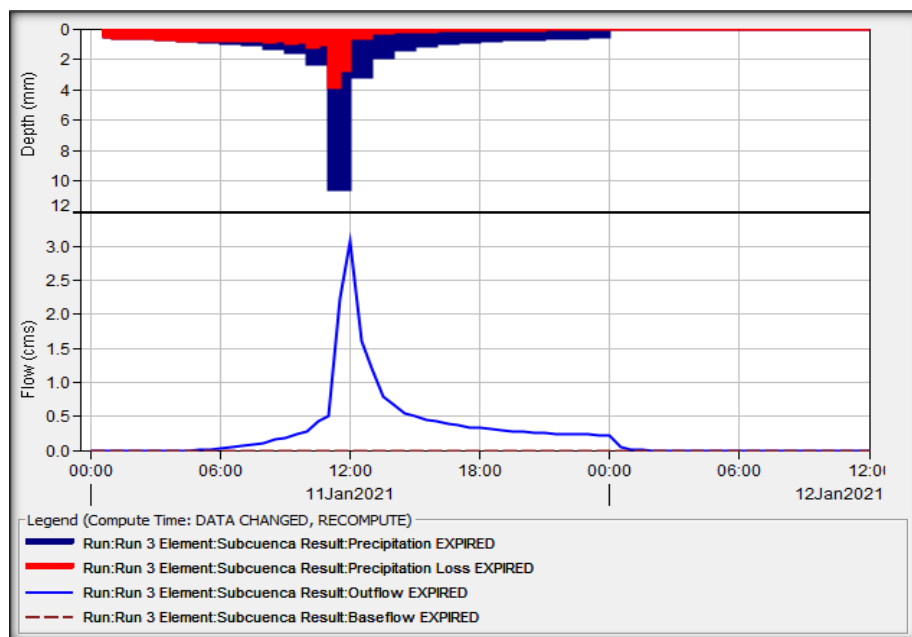


**Figura 60. Hidrograma de la Quebrada Machgyacu para un T=5 años**  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 61. Hidrograma de la Quebrada Machgyacu para un T=50 años**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 62. Hidrograma de la Quebrada Machgyacu para un T=500 años**

Fuente: Elaboración propia.

Una vez graficado los hidrogramas, y por ende la estimación del caudal pico para cada una de las quebradas y periodos de retorno, se estiman los volúmenes de agua de descarga, con tiempos de concentración determinados con la ecuación de Témez y D.N.C., de manera de obtener volúmenes máximos. En las Tabla 48 se muestra los resultados:

**Tabla 48. Caudal Pico y Volumen de Descarga Máxima**

QUEBRADA	PARÁMETRO	UNIDAD	PERIODO DE RETORNO			
			5 años	50 años	500 años	EVENTO DE REFERENCIA
Chaquipa	Caudal Pico	m <sup>3</sup> /s	2	3.6	5.9	1.97
	Tiempo de Concentración máx. (por: Témex y D.N.C.)	seg.	2801.5	2801.5	2801.5	2801.5
	Volumen de Descarga	m <sup>3</sup>	5603.06	10085.50	16529.01	5519.01
Maranchacra	Caudal Pico	m <sup>3</sup> /s	0.3	0.6	0.9	
	Tiempo de Concentración máx. (por: Témex y D.N.C.)	seg.	1174.6	1174.6	1174.6	
	Volumen de Descarga	m <sup>3</sup>	352.37	704.74	1057.10	
Machgyacu	Caudal Pico	m <sup>3</sup> /s	1.1	1.9	3.1	
	Tiempo de Concentración máx. (por: Témex y D.N.C.)	seg.	1542.8	1542.8	1542.8	
	Volumen de Descarga	m <sup>3</sup>	1697.12	2931.39	4782.79	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.5. Tipo de quebrada por probabilidad de riesgo

Aplicando la metodología propuesta por la in. Ada Arancibia para clasificar las quebradas por probabilidad de riesgos, se determinó que las tres quebradas estudiadas son de **tipo II**, lo que significa que presentan un **grado de riesgo moderado** (Ver tablas 49, 50 y 51). En la figura 63 se detalla la localización de la zona de estudio según la región natural.

**Tabla 49. Clasificación por Probabilidad de Riesgo de la Quebrada Chaquipa**

CLASIFICACIÓN DE QUEBRADA CHAQUIPA				
CLASIFICACIÓN POR:	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN	VALOR DE PONDERACIÓN	
			LETRA	PUNTAJE
LOCALIZACIÓN	Localizada en el vertiente del Atlántico - Sumi	ab	A	5
PENDIENTE	54.113 %	Fuerte	A	4
ÁREA	1.499 km <sup>2</sup>	Pequeña	C	1
SUELO	La quebrada presenta suelos cohesivos y densos con alturas > 5m.	Moderada contribución	B	2
TIPO DE VÍA	La quebrada a traviesa la carreteras Pasco - Yanahuanca, vía con IMD=944 aprox.	Vía de 2° clase	B	30
			<b>TOTAL</b>	<b>42</b>
			Según esta clasificación la quebrada es de tipo <b>II</b> , con grado de riesgo moderado.	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 50. Clasificación por Probabilidad de Riesgo de la Quebrada Maranchacra**

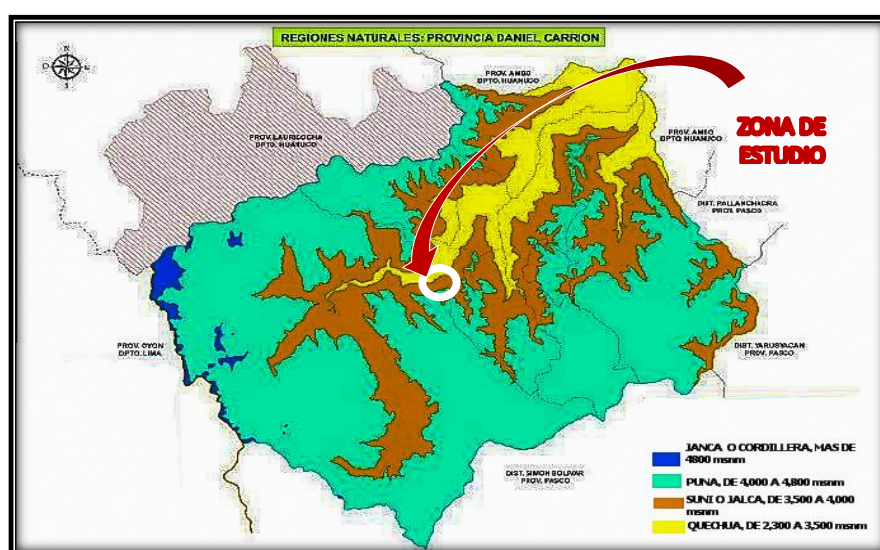
CLASIFICACIÓN DE QUEBRADA MARANCHACRA				
CLASIFICACIÓN POR:	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN	VALOR DE PONDERACIÓN	
			LETRA	PUNTAJE
LOCALIZACIÓN	Localizada en el vertiente del Atlántico - Suni	ab	A	5
PENDIENTE	74.922 %	Fuerte	A	4
ÁREA	0.224 km <sup>2</sup>	Pequeña	C	1
SUELO	La quebrada presenta suelos cohesivos y densos con alturas > 5m.	Moderada contribución	B	2
TIPO DE VÍA	La quebrada a traviesa la carreteras Pasco - Yanahuanca, vía con IMD=944 aprox.	Vía de 2° clase	B	30
			<b>TOTAL</b>	<b>42</b>
Según esta clasificación la quebrada es de tipo II, con grado de riesgo moderado.				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 51. Clasificación por Probabilidad de Riesgo de la Quebrada Machgyacu**

CLASIFICACIÓN DE QUEBRADA MACHGYACU				
CLASIFICACIÓN POR:	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN	VALOR DE PONDERACIÓN	
			LETRA	PUNTAJE
LOCALIZACIÓN	Localizada en el vertiente del Atlántico - Suni	ab	A	5
PENDIENTE	68.952 %	Fuerte	A	4
ÁREA	0.762 km <sup>2</sup>	Pequeña	C	1
SUELO	La quebrada presenta material no cohesivo suelto con h< 5m y con pendientes prom. de 34.6°.	Moderada contribución	B	2
TIPO DE VÍA	La quebrada a traviesa la carreteras Pasco - Yanahuanca, vía con IMD=944 aprox.	Vía de 2° clase	B	30
			<b>TOTAL</b>	<b>42</b>
Según esta clasificación la quebrada es de tipo II, con grado de riesgo moderado.				

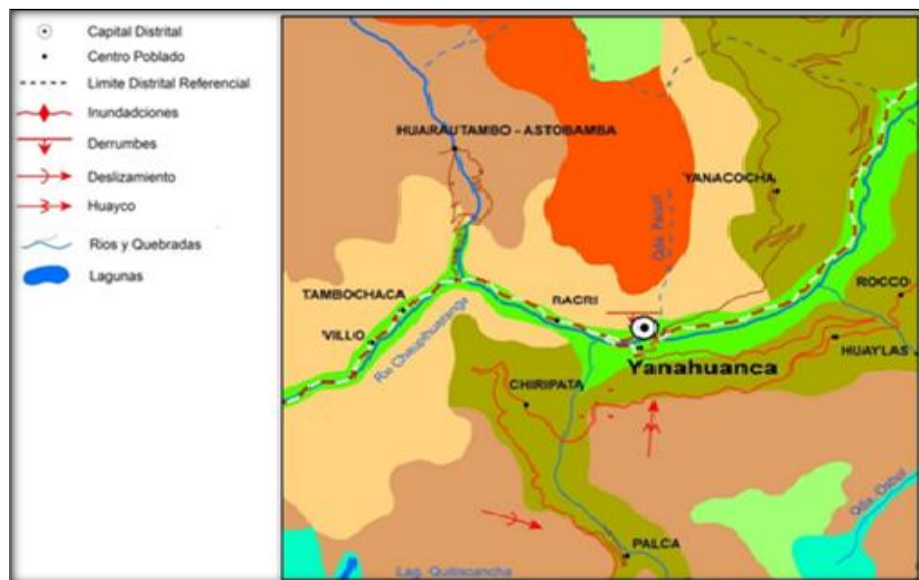
Fuente: Elaboración propia



**Figura 63. Localización Según Regiones Naturales de la Zona de Estudio**

Fuente: Adaptado de IRENA, 2016.

Complementariamente, hago mención que el Comité Regional de Defensa Civil (2009) indica un **76%-100%** de riesgo muy alto, un **51%-75%** de riesgo alto y un **26%-50%** de riesgo medio en la zona de Yanahuanca, debido a la existencia de quebradas que se activan en épocas de lluvia. También, la Gerencia Regional de Planeamiento, Presupuesto y Acondicionamiento Territorial (2015) señala que “El centro poblado Yanahuanca, **presenta riesgos naturales** propios por su geografía, siendo los más comunes el desprendimiento de rocas, deslizamientos de tierras y huaycos en épocas de lluvias (...)” (p. 200). En la Figura 64 se observa los peligros que amenaza a la zona de Yanahuanca.



**Figura 64. Peligros que amenaza al Centro Poblado de Yanahuanca**  
Fuente: Tomado de la Gerencia Regional de Planeamiento, Presupuesto y Acondicionamiento Territorial, 2015.

Finalmente, podemos concluir en base al análisis realizado y a la información mencionada, que las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, son quebradas de alto peligro ante flujos de escombros o Huaycos.

#### **4.1.6. Tipo del flujo del evento de referencia**

Según las investigaciones de Jacob y Hungr, un flujo de escombros suele darse en material con un índice de plasticidad cercana a 5%. Para valores mayores, el flujo podrá ser clasificado como un flujo de lodos (ESCUSA, 2016).

Tabla 52. Índice de Plasticidad de las Muestras de Suelo Extraídas de la Zona

<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL SUELO</b>		
<b>IDENTIFICACIÓN</b>		<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)</b>
<b>CALICATA</b>	<b>MUESTRA</b>	
C- 1	M-1	3
	M-2	-
C-2	M-1	5
	M-2	2
C-3	M-1	5
C-4	M-1	3
	M-2	2
C-5	M-1	4
	M-2	2
C-6	M-1	5
	M-2	5
C-7	M-1	4
PE-01	Q-1	-
PE-02	Q-2	5
<b>Promedio</b>		<b>3.75</b>

Fuente: Elaboración propia

<b>3.75%</b>	<b>&lt;</b>	<b>5%</b>
--------------	-------------	-----------

Bajo este análisis con el índice de plasticidad, el flujo que se desarrolló el 5 de abril del 2009 en la ciudad de Yanahuanca, en la quebrada Chaquipa, fue un flujo de escombros, conocido en el Perú como "Huayco".

#### **4.1.7. Comportamiento del flujo de escombros (evento de referencia)**

Una vez conocido las características topográficas, geomorfológicas, hidrológicas y geotécnicas de las quebradas, procedemos a estimar algunas características medibles del flujo de escombros sucedido el 05 de abril del 2009 en la quebrada Chaquipa, mediante ecuaciones empíricas aplicadas a otras investigaciones y mediante los registros bibliográficos y fotográficos del evento. Luego, estos datos serán ingresados en el software RAMMS, para calibrarlos juntamente con los parámetros friccionantes del flujo de escombros.

#### **4.1.7.1. Estimación de Datos de Entrada para Calibración**

A continuación, se detalla la estimación de las características del flujo de escombros de evento suscitado:

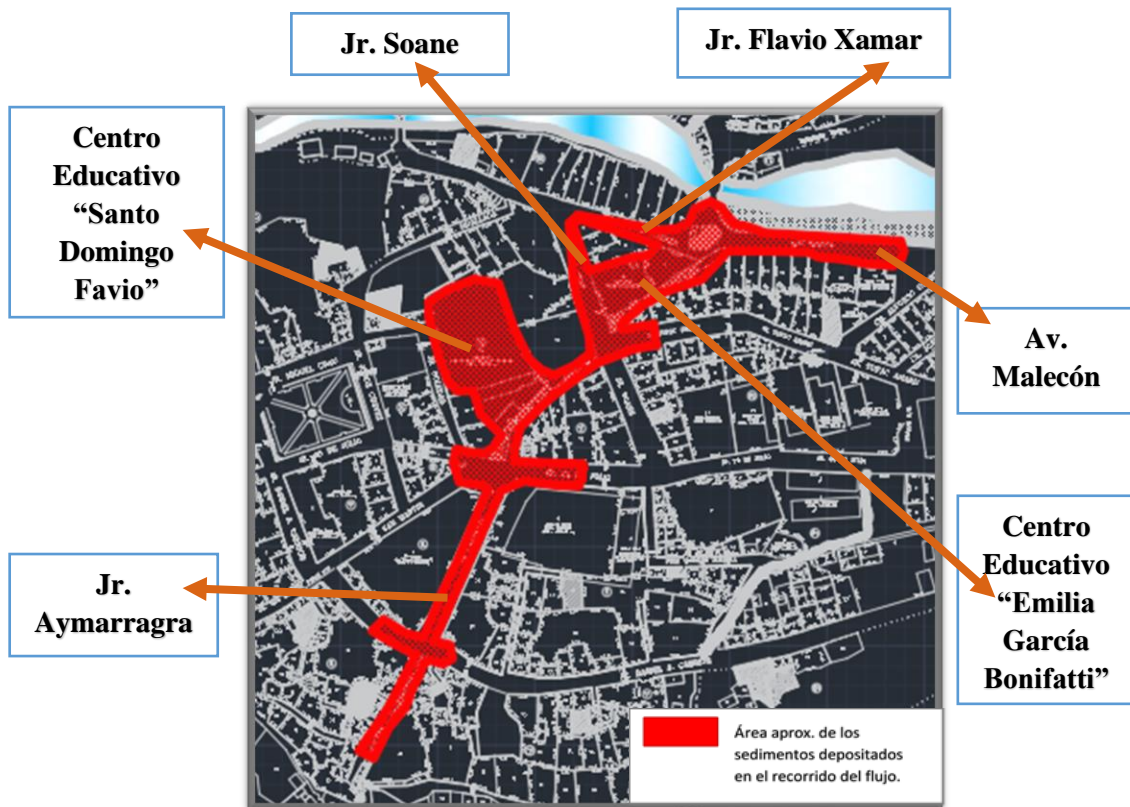
##### **a) Estimación del volumen de sedimentos del flujo de escombros:**

La zona de estudio no cuenta con sistemas de monitoreo de fenómenos climatológicos, como son los distintos tipos de flujos, por lo que la estimación del valor del volumen de sedimentos del flujo de escombros suscitado el 05 de abril del 2009 se realizó con la información proporcionada en el informe de riesgos del GOREPA, reportes periodísticos y fotografías del evento ocurrido. Para ello, se calculó un área aproximada de los sedimentos depositados en el recorrido del flujo y se multiplicó por su altura o tirante promedio.

- ***Estimación del área de depósito de los sedimentos***

Para estimar el área de los sedimentos producto del huayco suscitado, se consideró la información del GOREPA, información periodística y las fotografías en las cuales se indica y observa las calles por las cuales recorrió el flujo de escombros. El Comité Regional de Defensa Civil (2009) indica que: “El flujo del lodo se desplazó por la ciudad de Yanahuanca por las calles Aymarragra, Flavio Xamar y Av. Malecón, destruyendo a su paso, viviendas, Centros Educativos (Santo Domingo Favio y Emilia García Bonifatti) y el Mercado Municipal (Aymarragra)” (pg. 31). En base a esta información y las fotografías del evento, se delimitó sobre el plano catastral de la ciudad, el área aproximada de depósito de sedimentos, el cual alcanzó un valor de 9430.84 m<sup>2</sup> (Ver Anexo A.7) .





*Figura 65. Área Aproximada de Depósitos de Sedimentos Evento de Referencia*  
Fuente: Elaboración propia.

- *Estimación del tirante promedio de depósito de los sedimentos*

Mediante el panel fotográfico disponible se estimó el tirante promedio del sedimento, identificando la altura máxima alcanzada y la altura mínima identificada, las cuales se muestran en las siguientes imágenes:



*Figura 66. Altura Máxima Aproximada de Depósito de Huayco*  
Fuente: Tomada de Comité Regional de Defensa Civil, 2009.



**Figura 67. Altura Mínima Aproximada de Depósito de Huayco**  
Fuente: Tomado de PascoTeVe, 2009.

Finalmente, con el área y tirante estimados se determinó el volumen aproximado de sedimentos, información que se registrará en el software de modelamiento RAMMS, el mismo que será calibrado mediante puntos de control.

**Tabla 53. Volumen Estimado de Huayco - 2009**

<b>DATOS ESTIMADOS DE HUAYCO - 2009</b>	
<b>ÁREA APROX.</b>	9,430.84 m <sup>2</sup>
<b>ALTURA MÁXIMA APROX.</b>	2.15 m
<b>ALTURA MÍNIMA APROX.</b>	0.25 m
<b>ALTURA PROMEDIO APROX.</b>	1.20 m
<b>VOLUMEN ESTIMADO</b>	<b>11,317.01 m<sup>3</sup></b>

Fuente: Elaboración propia

**b) Estimación de concentración volumétrica (Cv) de sólidos:**

La concentración volumétrica se ha estimado con la siguiente ecuación, que además se detalla en la sección 2.2.10.7.

$$Cv = \frac{Vs}{Va + Vs}$$

<b>V<sub>a</sub></b>	<b>5,519.01 m<sup>3</sup></b>	<i>Dato estimado de volumen de agua para el evento de referencia (Tabla 48).</i>
<b>V<sub>s</sub></b>	<b>11,317.01 m<sup>3</sup></b>	<i>Dato estimado de volumen de sedimentos para el evento de referencia.</i>
<b>V<sub>a</sub> + V<sub>s</sub></b>	<b>16,836.02 m<sup>3</sup></b>	<i>Dato estimado de volumen de flujo de escombros total para el evento de referencia</i>
<b>C<sub>v</sub></b>	<b>0.67</b>	<b>Concentración volumétrica a emplear en el estudio</b>

Según Costa (1988), la concentración volumétrica para un flujo de escombros varía entre 47% y 77.5%. Para el estudio se ha calculado un CV de 67%, valor que se encuentra en el rango señalado, lo que indica que los volúmenes de agua y sedimentos determinados, se aproximan a la realidad.

c) **Estimación de densidad de los sedimentos del flujo:**

Para estimar la densidad de los sedimentos, se ha de promediar; el promedio de la densidad de las rocas de la zona, con el promedio de los resultados de ensayos de densidad de campo. En las Tablas 54 y 55, se visualiza los datos y promedios:

**Tabla 54. Promedio de Densidad de las Rocas Existentes en la Zona**

<b>DENSIDADES MEDIAS DE ROCAS DE LA ZONA DE ESTUDIO</b>	
<b>TIPO DE ROCA</b>	<b>DENSIDAD MEDIA EN g/cm<sup>3</sup></b>
Arenisca	2.32
Pizarra arcillosa	2.42
Caliza	2.54
<b>Promedio</b>	<b>2.43</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Griem-Klee, 2016

**Tabla 55. Promedio de Densidad de Campos en la Zona**

<b>DENSIDADES OBTENIDAS SEGÚN ENSAYO DE LABORATORIO</b>	
<b>MUESTRAS</b>	<b>DENSIDAD EN g/cm<sup>3</sup></b>
M-1	1.67
M-2	1.67
M-3	1.51
<b>Promedio</b>	<b>1.61</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Chávez, 2021

Finalmente promediamos ambos resultados:

<b>Densidad del sedimento</b>	<b>2.02 g/cm3</b>
-------------------------------	-------------------

d) **Estimación de la densidad del flujo de escombros:**

Para estimar la densidad del flujo de escombros se empleará la ecuación indicada en la sección 2.2.10.8.

$$\rho d = \rho w * (1 - Cv) + \rho s * Cv$$

<b>Densidad del flujo de escombros</b>	<b>1.69 g/cm3</b>
	<b>1685.9 kg/m3</b>

e) **Estimación de caudal pico del flujo de escombros:**

En la Tabla 56, se muestra la estimación del caudal pico del flujo de escombros mediante diversas ecuaciones empíricas, de las cuales mediante la modelación en el software RAMMS se identificó que la ecuación que más se ajusta al evento suscitado fue lo dado por Costa en 1988.

*Tabla 56. Estimación de Caudal Pico con Ecuaciones Empíricas*

AUTOR	ECUACIÓN	RESULTADO
Mizuyama et al. (1992)	$Q_p = 0.0188 * M^{0.79}$	41.010 m3/s
Jitousono et al. (1996)	$Q_p = 0.00558 * M^{0.831}$	18.140 m3/s
Jitousono et al. (1996)	$Q_p = 0.00135 * M^{0.87}$	6.414 m3/s
<b>Costa (1988)</b>	$Q_p = 0.293 * M_w^{0.56}$	<b>36.501 m3/s</b>

Fuente: Elaboración propia

<b>Caudal del flujo que se ajusta a lo ocurrido</b>	<b>36.501 m3/s</b>
---	--------------------

f) **Estimación de la velocidad del flujo de escombros:**

Para estimar la velocidad del flujo de escombros se empleará la ecuación indicada en la sección 2.2.10.8.

$$V = 2.1 * Q^{0.33} * S_0^{0.33}$$

Pendiente del Canal de la quebrada Chaquipa (m/m) = 0.346

<i>Velocidad del flujo</i>	<b>4.849 m/s</b>
----------------------------	------------------

g) **Estimación del parámetro de fricción (u) del flujo de escombros:**

Según Muñoz (2018), el parámetro de fricción (u) del flujo de escombros, para su calibración, puede tomar el valor de la tangente del ángulo de fricción de una muestra del suelo. Una investigación en la misma zona, proporciona el ángulo de fricción de tres muestras, las que serán empleadas en el modelamiento, de manera de tomar el valor que más se ajuste al evento de referencia. La Tabla 57 muestra los valores a considerar:

*Tabla 57. Datos y Promedio del Ángulo de Fricción*

<b>MUESTRAS</b>	<b>Ángulo de fricción (grados)</b>	<b>Parámetro de Fricción (u)</b>
M-1	18.80	0.34
M-2	17.40	0.31
M-3	13.80	0.25
<b><i>Parámetro de fricción (u) promedio</i></b>		<b>0.3</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Chávez, 2021

**4.1.7.2. Modelamiento del Flujo de Escombros (Evento de Referencia) en el Software RAMMS: Debris Flow**

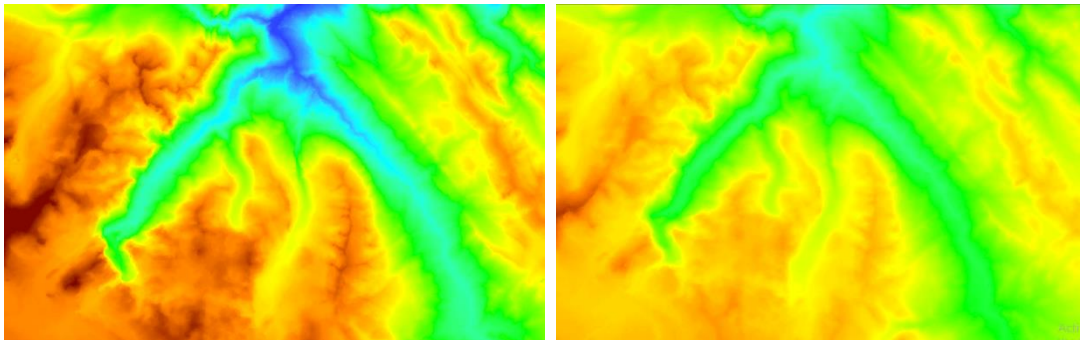
A continuación, se presenta el procedimiento desarrollado para el modelamiento del flujo de escombros suscitado el año 2009 en el software RAMMS: Debris Flow.

a) **Entrada del modelo digital de elevación:**

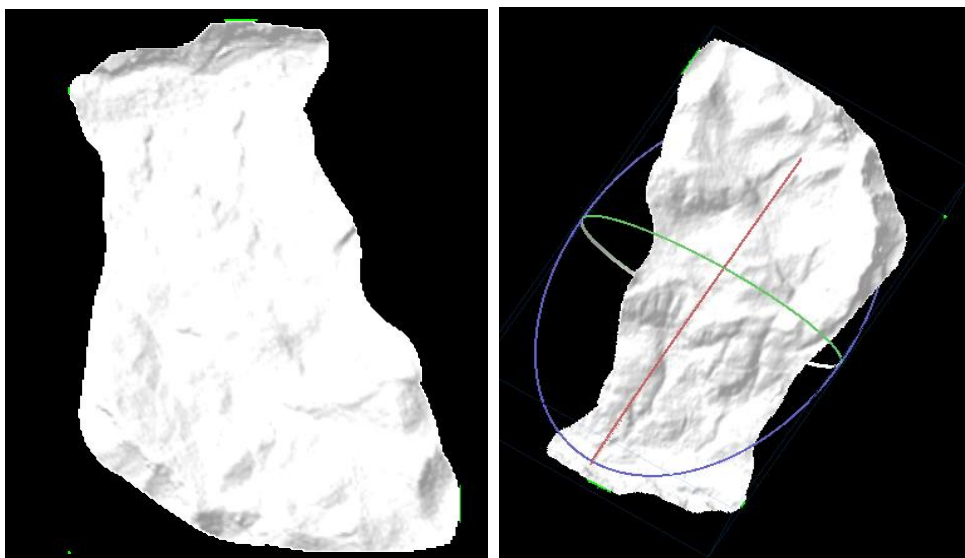
Para el estudio se empleó un DEM generado a partir de una imagen del satélite SPOT, este archivo ráster fue proporcionado por la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial del Perú. El DEM

adquirido cuenta con una resolución de 1.5 metros, el cual favorece la investigación, ya que en la web sólo se tiene acceso libre a imágenes de hasta 12.5 metros de resolución. Millán (2018) señala que “el modelo RAMMS: Debris Flow indica que se debe realizar la modelación con información de terreno con una resolución espacial mínima de 5 metros para obtener valores que se ajusten a la realidad” (p. 62).

La Figura 68 muestra la diferencia entre Modelos Digitales de Elevación por su resolución espacial. En la Figura 69 se visualiza el DEM del satélite SPOT, cargada en la herramienta RAMMS: Debris Flow.



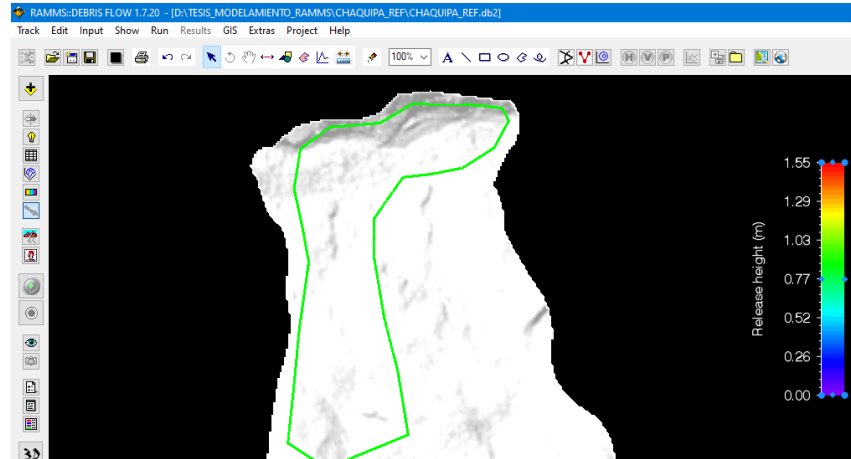
**Figura 68. Comparación de Modelos Digitales de Elevación con Diferente Resolución Espacial**  
Fuente: Elaboración propia con base a archivos rásters proporcionado por CONIDA (izquierda), y descargada de forma gratuita de la plataforma EARTHDATA de la NASA (derecha).  
Nota: La imagen del lado izquierda es un DEM del satélite SPOT (1.5 m de resolución) y la imagen del lado derecho es un DEM del satélite ALOS PALSAR (12.5 m de resolución).



**Figura 69. Modelo Digital de Elevación Cargada en el Software RAMMS**  
Fuente: Elaboración propia.

***b) Delimitación del área de dominio***

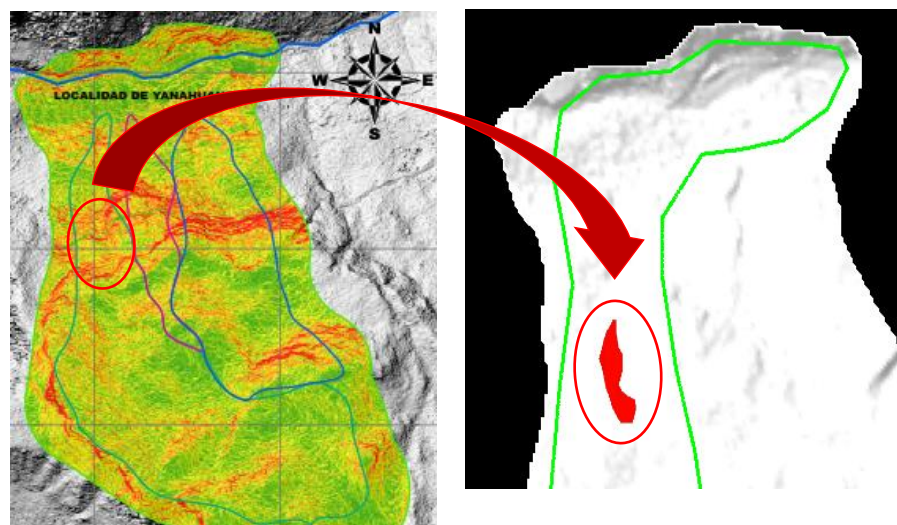
Se delimita el área de dominio, aquel que restringe la zona de desarrollo del evento, en la figura 70 se muestra delineado de color verde.



**Figura 70. Delimitación del Área de Dominio**  
Fuente: Elaboración propia.

***c) Entrada del área de liberación***

El área de liberación representa el material suelto que contiene el flujo de escombros. Para el estudio, esta área se estableció en base al plano de pendientes de la zona, considerando que el desprendimiento del material se da en gran medida en las pendientes más críticas de las quebradas (Ver figura 71).

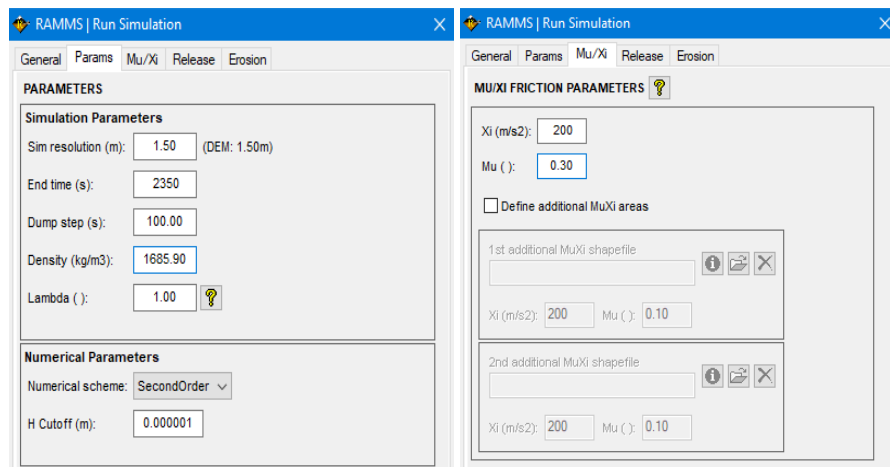


**Figura 71. Área de Liberación en RAMMS**  
Fuente: Elaboración propia.

**d) Entrada de parámetros**

Muñoz (2018) indica que los parámetros que requiere el software RAMMS: Debris Flow son la densidad del flujo de escombros y los coeficientes de fricción de Voellmy; fricción tipo Coulomb seca ( $\mu$ ) y la fricción viscosa turbulenta ( $\xi$ ).

En la presente investigación la densidad fue estimada mediante muestras ensayadas en campo y tablas con datos de la densidad de las rocas en la zona, de lo cual se obtuvo una densidad de 1685.9 kg/m<sup>3</sup>. Millan (2018) refiere que la densidad de los flujos de escombros varía de 1600 y 2300 kg/m<sup>3</sup>. Para determinar el coeficiente de fricción seca  $\mu$  a emplear, se modeló con cada uno de los resultados de las tres muestras señaladas en la sección 4.1.8.1., obteniendo  $\mu=0.3$  como el que mejor se ajusta.



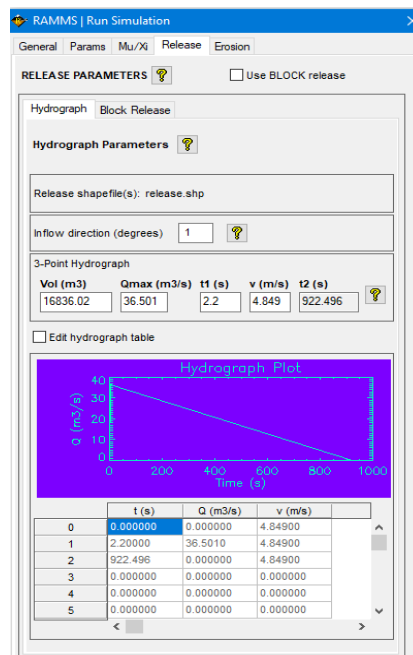
**Figura 72. Ingreso de Parámetros en el Software RAMMS**  
Fuente: Elaboración propia.

**e) Ingreso de datos en hidrograma de entrada**

La zona de investigación, como se indicó en las limitaciones, no cuenta con una estación de monitoreo de fenómenos naturales, por lo que no se tiene información directa y detallada del huayco ocurrido el año 2009. Por esta razón, se optó en emplear metodologías y ecuaciones empíricas para



estimar sus parámetros de comportamiento o propiedades, como son el volumen, caudal y velocidad, valores determinados en la sección 4.1.8.1.



**Figura 73. Hidrograma de Ingreso del Flujo de Escombros**  
Fuente: Elaboración propia

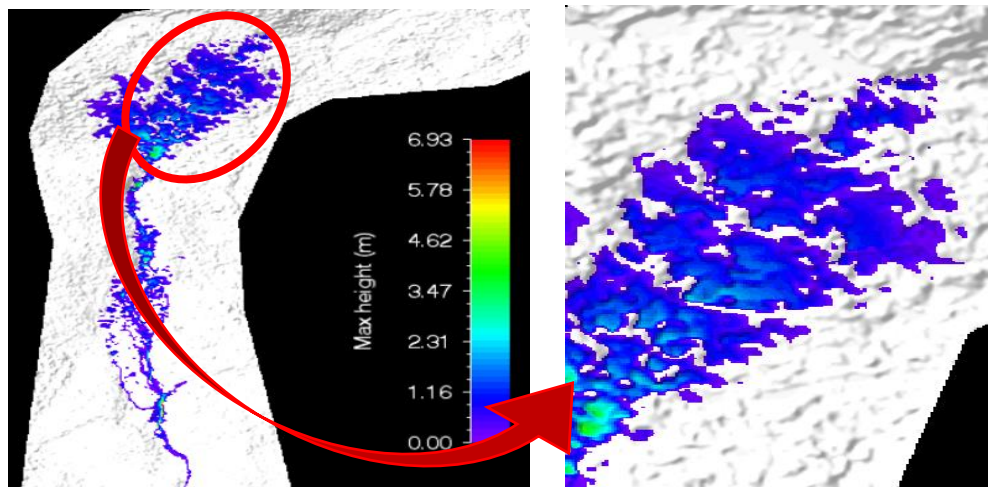
#### ***f) Calibración del modelo***

Millán (2018) refiere que:

Para la modelación el flujo de detritos en la quebrada Los Condores, se utilizó el punto con valor observado de altura del flujo de detritos obtenido del registro de una filmación de referencia. Para obtener dicha igualdad se realizaron múltiples simulaciones en las cuales se modificó el valor del parámetro de la fricción viscosa turbulenta  $\xi$ , así como los datos de entrada asociados al hidrograma de la crecida. (p. 66)

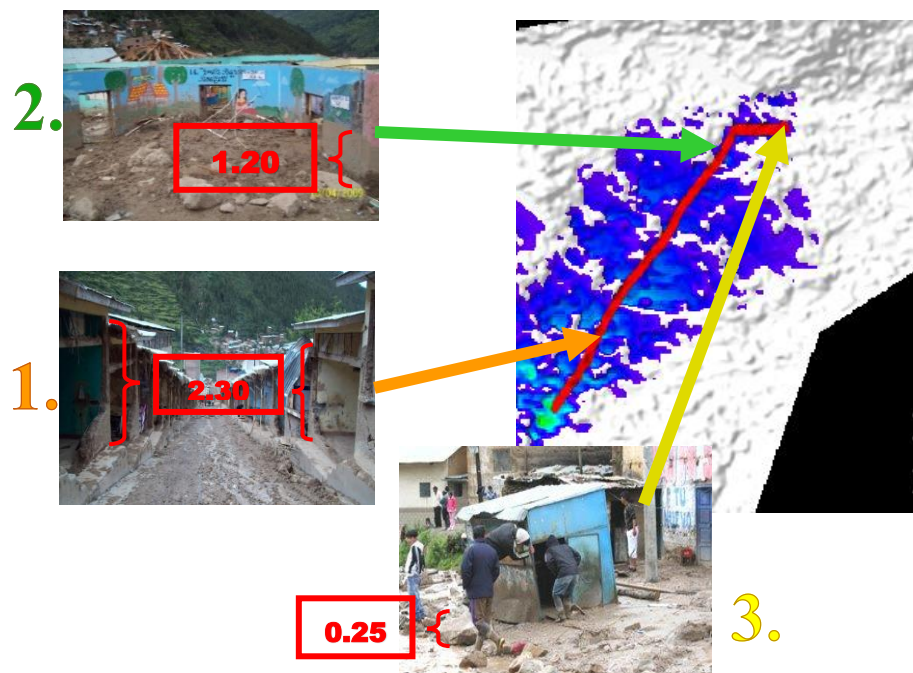
En el presente estudio, para la calibración del evento suscitado el 2009 en la quebrada Chaquipa, se realizaron múltiples simulaciones de modo de obtener la combinación de parámetros que mejor se ajuste al evento. Para ello se empleó el registro de tirantes del flujo de escombros obtenido mediante fotografías de la zona. Para obtener esta igualdad se modificó los

coeficientes de fricción ( $\mu$  y  $\xi$ ), y los datos de entrada al hidrograma de la crecida.

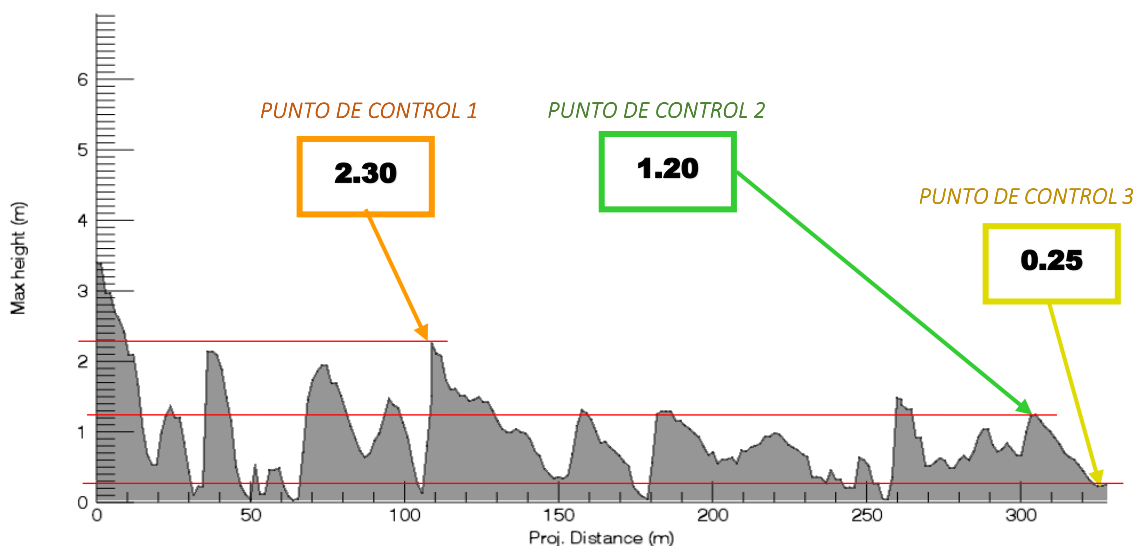


**Figura 74. Modelado del Flujo de Escombros del Evento de Referencia en RAMMS**  
Fuente: Elaboración propia.

La simulación que reproduce mejor el evento de referencia tiene una  $C_v=67\%$ , sus coeficientes de fricción son:  $\mu=0.3$  y  $\xi=200\text{m}^2/\text{s}$ . El valor del caudal de flujo de escombros con mejor ajuste en la zona, lo proporciona la ecuación empírica recomendada por Costa en 1988. En las Figuras 75 y 76 se visualiza los puntos de control empleados para la calibración:



**Figura 75. Puntos de Control de Evento de Referencia**  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 76. Perfil Longitudinal que Proporciona RAMMS y los Puntos de Control**  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

En base a los parámetros y coeficientes calibrados con el modelamiento del evento de referencia en la sección anterior, se modeló los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu en tres escenarios diferentes. Estos escenarios parten de condiciones hidrológicas extremas dadas en diferentes periodos de retorno (5, 50 y 500 años), para ello con las precipitaciones máximas en 24 horas se generaron hidrogramas de avenidas extremas empleando el software HEC-HMS, los cuales se detallan en la sección 4.1.5.8.

Con el **volumen de descarga máxima de agua** estimado en cada escenario para cada una de las quebradas, y mediante ecuaciones empíricas considerando una concentración volumétrica de sólidos de 0.67 para los flujos de escombros en la zona de estudio, se estimó el volumen del sedimento, el volumen total, el caudal y velocidad del flujo de escombros para cada escenario. La densidad del flujo y los coeficientes de fricción ( $\mu$  y  $\xi$ ), datos necesarios para la simulación, fueron considerados los mismos de la etapa de calibración del evento de referencia.

#### 4.2.1. Modelamiento del flujo de escombros en la quebrada Chaquipa

La Tabla 58 muestra los datos de entrada necesarios para el modelamiento de los probables flujos de escombros a suscitarse en la quebrada Chaquipa, con el software RAMMS, los cuales fueron estimados a partir del volumen de descarga máxima de agua en tres periodos de retorno.

**Tabla 58. Datos de Entrada para Modelamiento: Quebrada Chaquipa**

DATOS PARA QUEBRADA CHAQUIPA							PENDIENTE (m/m) = 0.346		
PERIODO DE RETORNO (ESCENARIOS)	VOLUMEN DE AGUA (m <sup>3</sup> )	CV	VOLUMEN DE SEDIMENTO (m <sup>3</sup> )	VOLUMEN TOTAL DEL FLUJO DE ESCOMBROS (m <sup>3</sup> )	CAUDAL DEL FLUJO (m <sup>3</sup> /s)	VELOCIDAD DEL FLUJO (m/s)	DENSIDAD DEL FLUJO (kg/m <sup>3</sup> )	PARÁMETROS CALIBRADOS	
								μ (adim.)	ξ (m <sup>2</sup> /s)
5 años	5603.06	0.67	11489.35	17092.40	36.81	4.86	1685.9	0.3	200
50 años	10085.50	0.67	20680.83	30766.33	51.16	5.42	1685.9	0.3	200
500 años	16529.01	0.67	33893.58	50422.59	67.47	5.94	1685.9	0.3	200

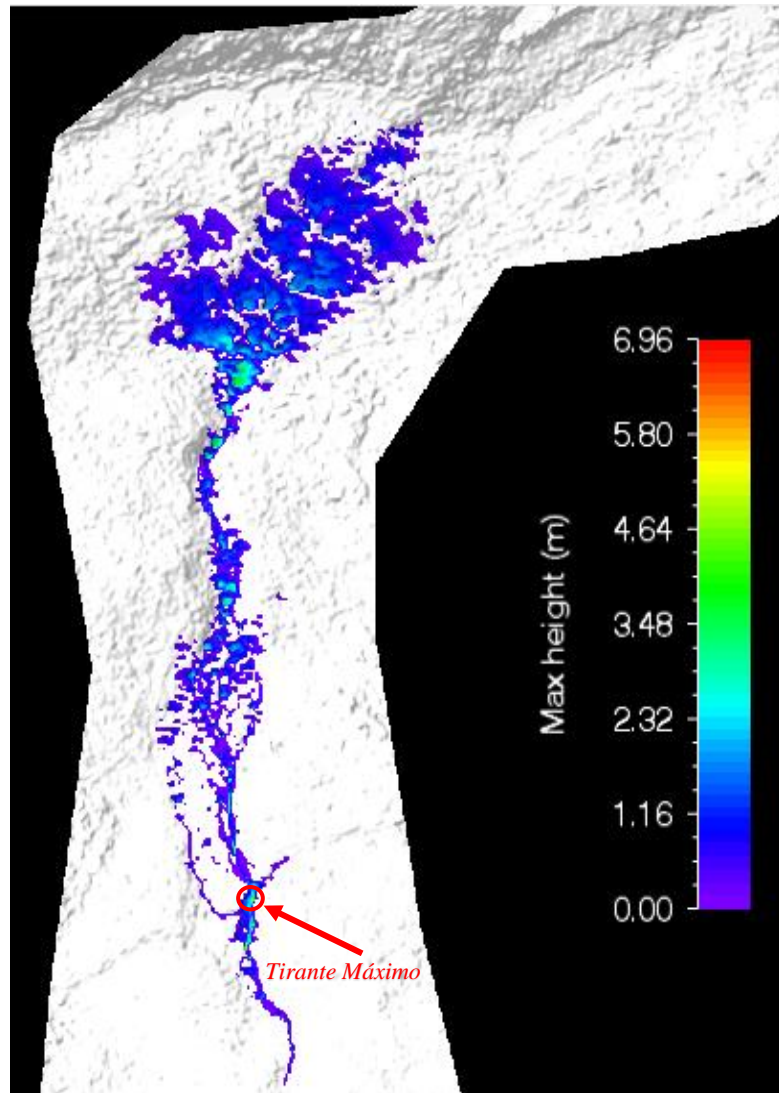
Fuente: Elaboración Propia

##### 4.2.1.1. Modelamiento del flujo de escombros – T=5 años

Los resultados del modelamiento del flujo de escombros de la quebrada Chaquipa ante un escenario hidrológico extremo en un periodo de periodo de retorno de 5 años con el software RAMMS: Debris Flow, permite conocer los tirantes, velocidades y presiones en todo su recorrido.

##### a) Tirantes del flujo de escombros en la quebrada Chaquipa

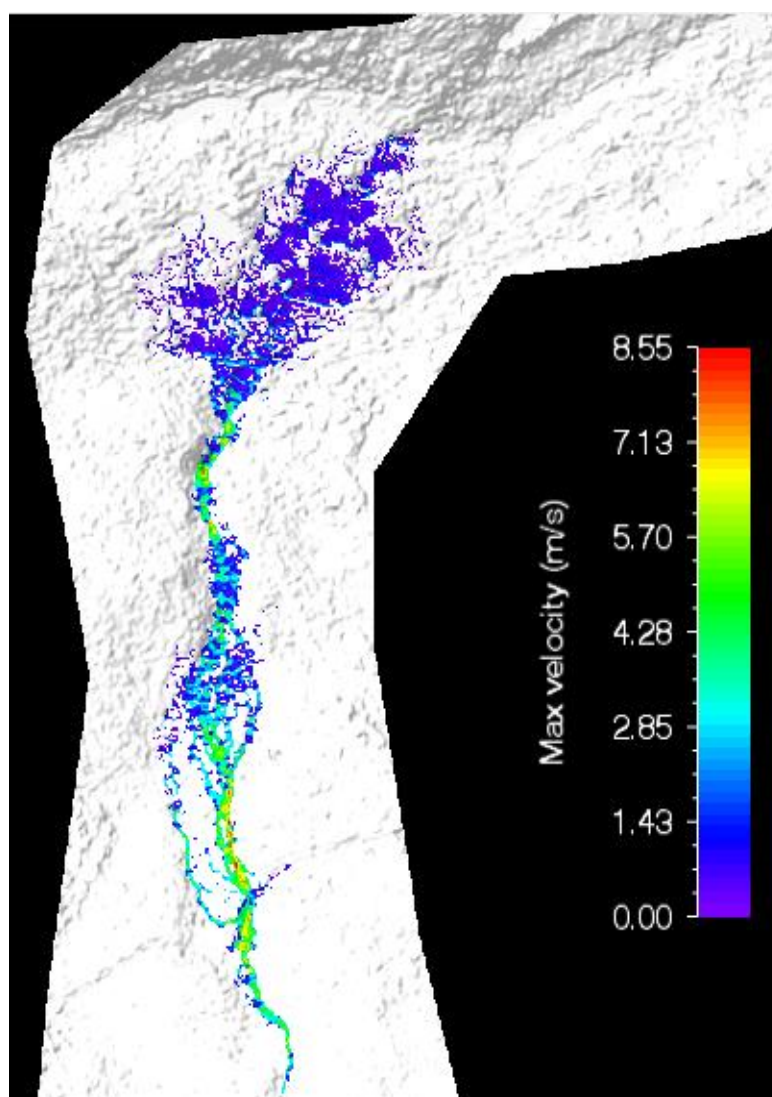
Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 77, se visualiza los tirantes máximos, obteniendo en este caso, un tirante o altura máxima de 6.96m en un punto localizado del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca los tirantes alcanzados oscilan aproximadamente entre 0.29m a 2.65m.



*Figura 77. Tirantes Máximos de Flujos de Escombros en la Quebrada Chaquipa para T= 5años*  
 Fuente: Elaboración propia

***b) Velocidad del flujo de escombros en la quebrada Chaquipa***

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 78, se muestra las velocidades máximas, obteniendo en este caso, un valor máximo de 8.55 m/s en distintos puntos del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca las velocidades alcanzadas oscilan aproximadamente entre 0.50m/s a 2.50m/s.

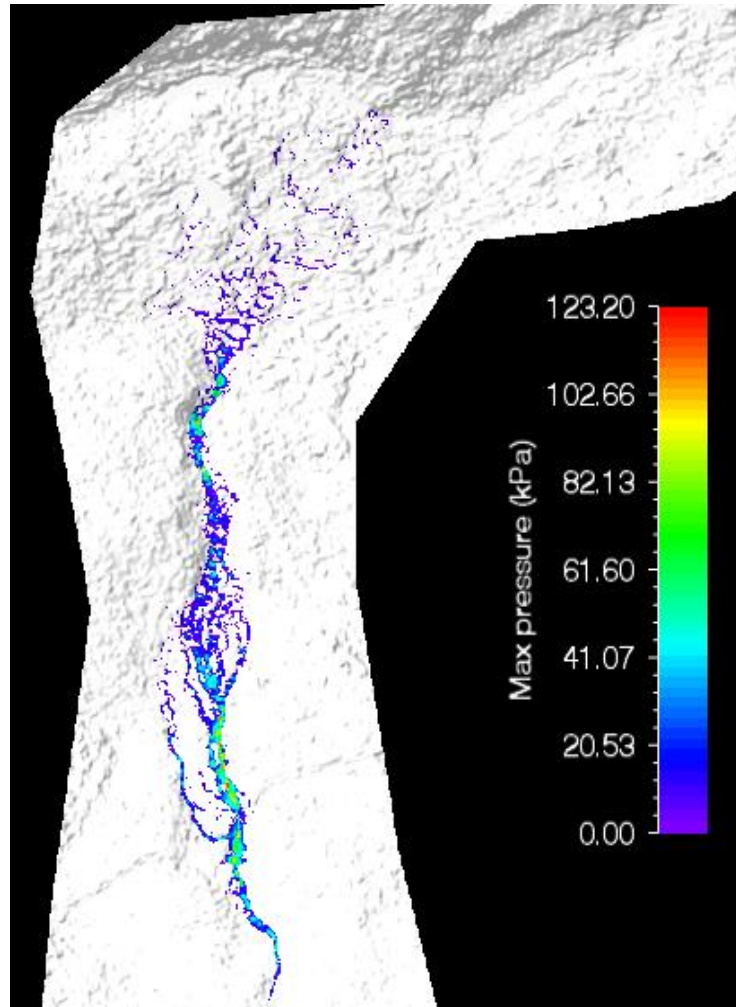


*Figura 78. Velocidades Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Chaquipa para T=5años*

Fuente: Elaboración propia

***c) Presión del flujo de escombros en la quebrada Chaquipa***

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 79, se visualiza las presiones máximas de impacto, obteniendo en este caso, un valor máximo de 123.20 kPa en distintos puntos del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca los valores de la presión se reduce debido a la pérdida de la energía y alcanzan valores entre 6.20 kPa a 16.50 kPa, pero sólo en algunas zonas y de manera dispersa.



*Figura 79. Presiones Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Chaquipa para T=5años*

Fuente: Elaboración propia

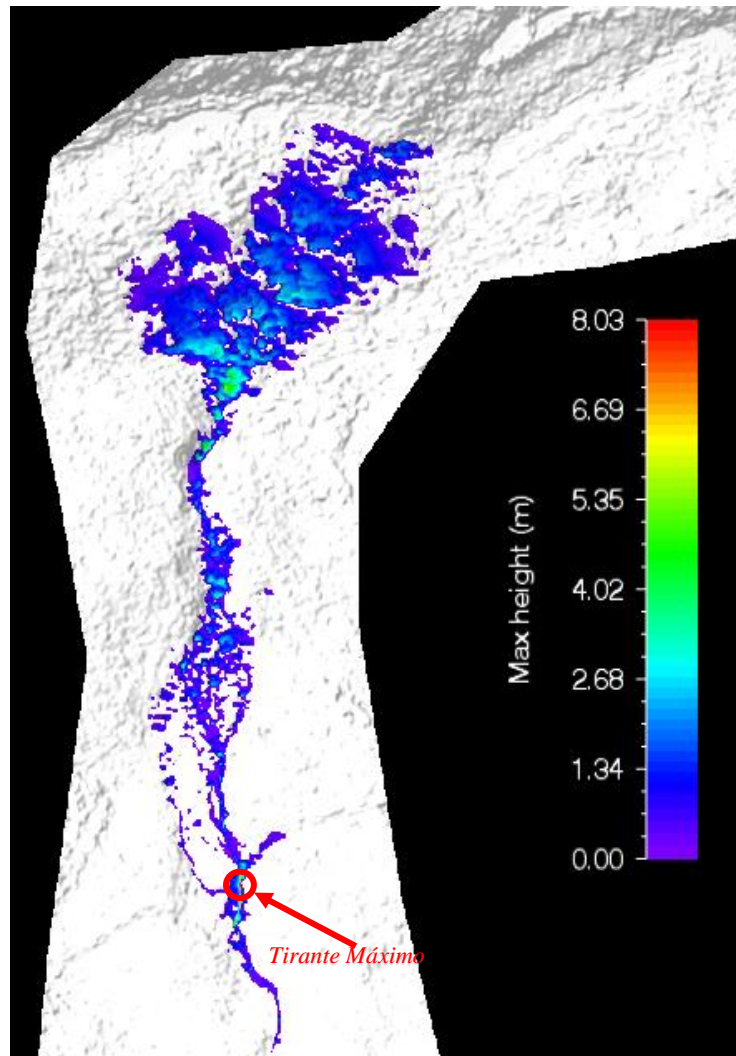
#### **4.2.1.2. Modelamiento del flujo de escombros - T=50 años**

Los resultados del modelamiento del flujo de escombros de la quebrada Chaquipa ante un escenario hidrológico extremo en un periodo de periodo de retorno de 50 años con el software RAMMS: Debris Flow, permite conocer los tirantes, velocidades y presiones en todo su recorrido.

##### ***a) Tirantes del Flujo de Escombros en la Quebrada Chaquipa***

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 80, se visualiza los tirantes máximos, obteniendo en este caso, un tirante o altura máxima de 8.03m en un punto localizado del cauce de la quebrada. En el área urbana

del distrito de Yanahuanca los tirantes alcanzados oscilan aproximadamente entre 0.35m a 3.50m.

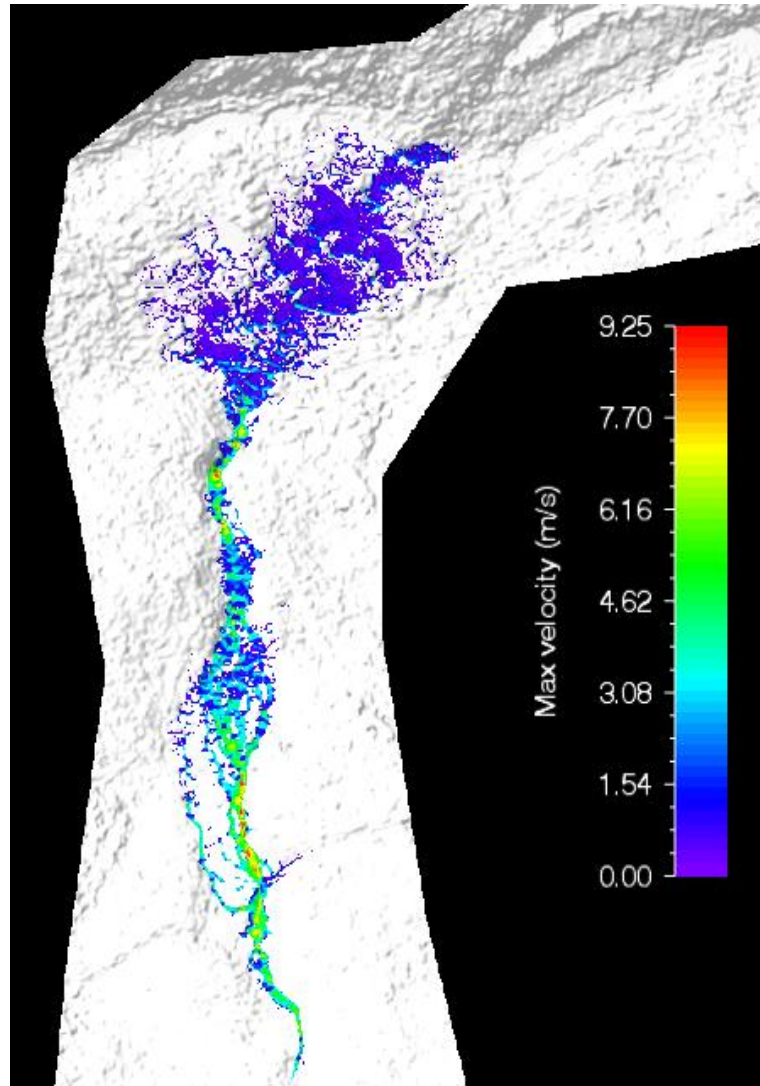


*Figura 80. Tirantes Máximos de Flujos de Escombros en la Quebrada Chaquipa para T=50años*  
Fuente: Elaboración propia

***b) Velocidad del flujo de escombros en la quebrada Chaquipa***

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 81, se muestra las velocidades máximas, obteniendo en este caso, un valor máximo de 9.25 m/s en distintos puntos del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca las velocidades alcanzadas oscilan aproximadamente entre 0.54m/s a 2.90m/s.

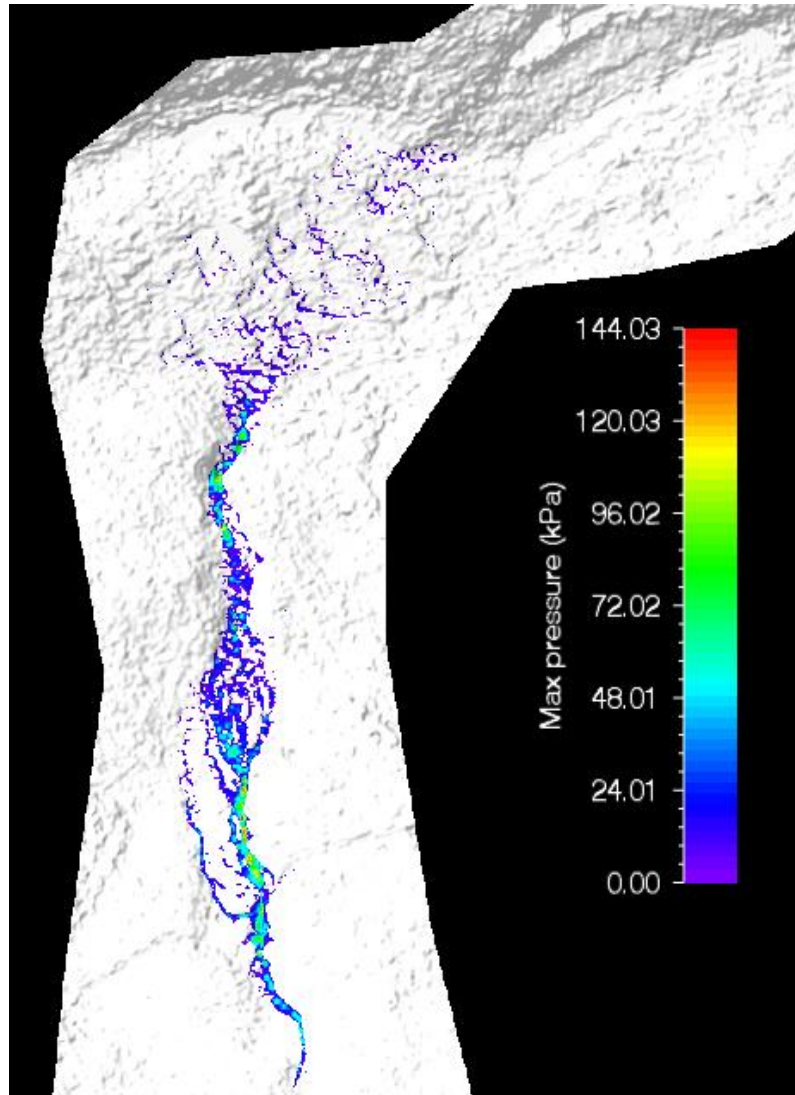




*Figura 81. Velocidades Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Chaquipa para T=50años*  
 Fuente: Elaboración propia

***c) Presión del flujo de escombros en la quebrada Chaquipa***

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 82, se visualiza las presiones máximas de impacto, obteniendo en este caso, un valor máximo de 144.03kPa en distintos puntos del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca los valores de la presión se reduce debido a la pérdida de la energía y alcanzan valores entre 7.20 kPa a 19.20 kPa, pero de manera dispersa.



*Figura 82. Presiones Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Chaquipa para T=50años*  
 Fuente: Elaboración propia

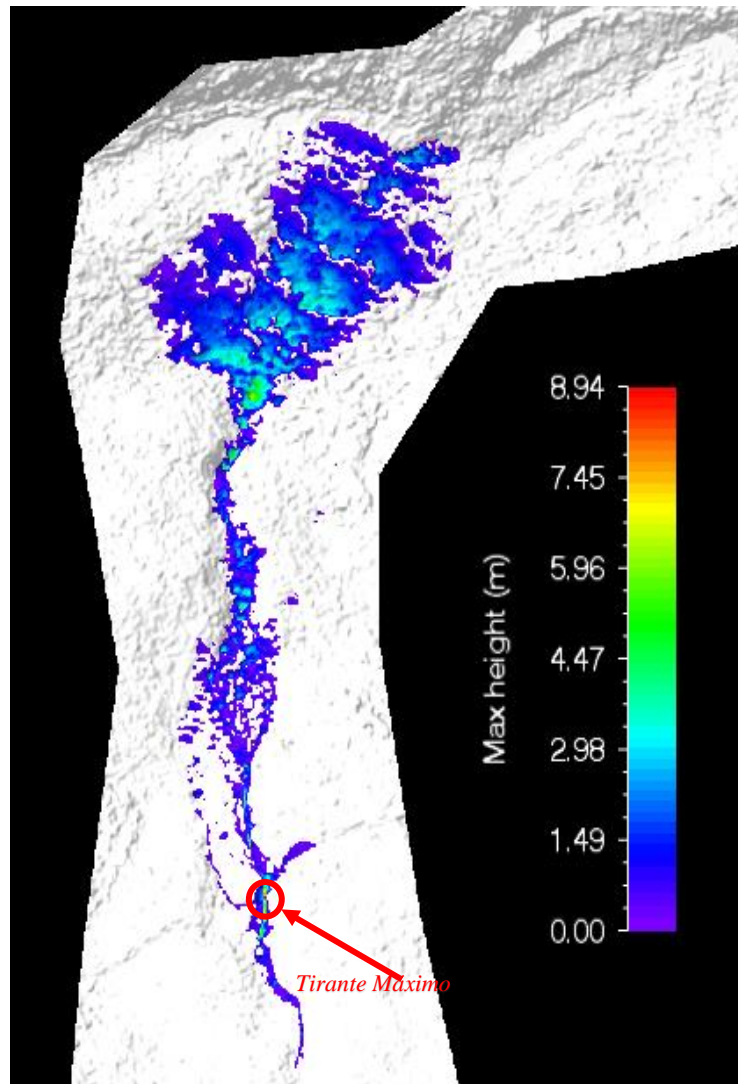
#### **4.2.1.3. Modelamiento del flujo de escombros – T=500 años**

Los resultados del modelamiento del flujo de escombros de la quebrada Chaquipa ante un escenario hidrológico extremo en un periodo de periodo de retorno de 500 años con el software RAMMS: Debris Flow, permite conocer los tirantes, velocidades y presiones en todo su recorrido.

##### **a) Tirantes del Flujo de Escombros en la Quebrada Chaquipa**

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 83, se visualiza los tirantes máximos, obteniendo en este caso, un tirante o altura máxima de

8.94m en un punto localizado del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca los tirantes alcanzados oscilan aproximadamente entre 0.39 m a 4.10 m.

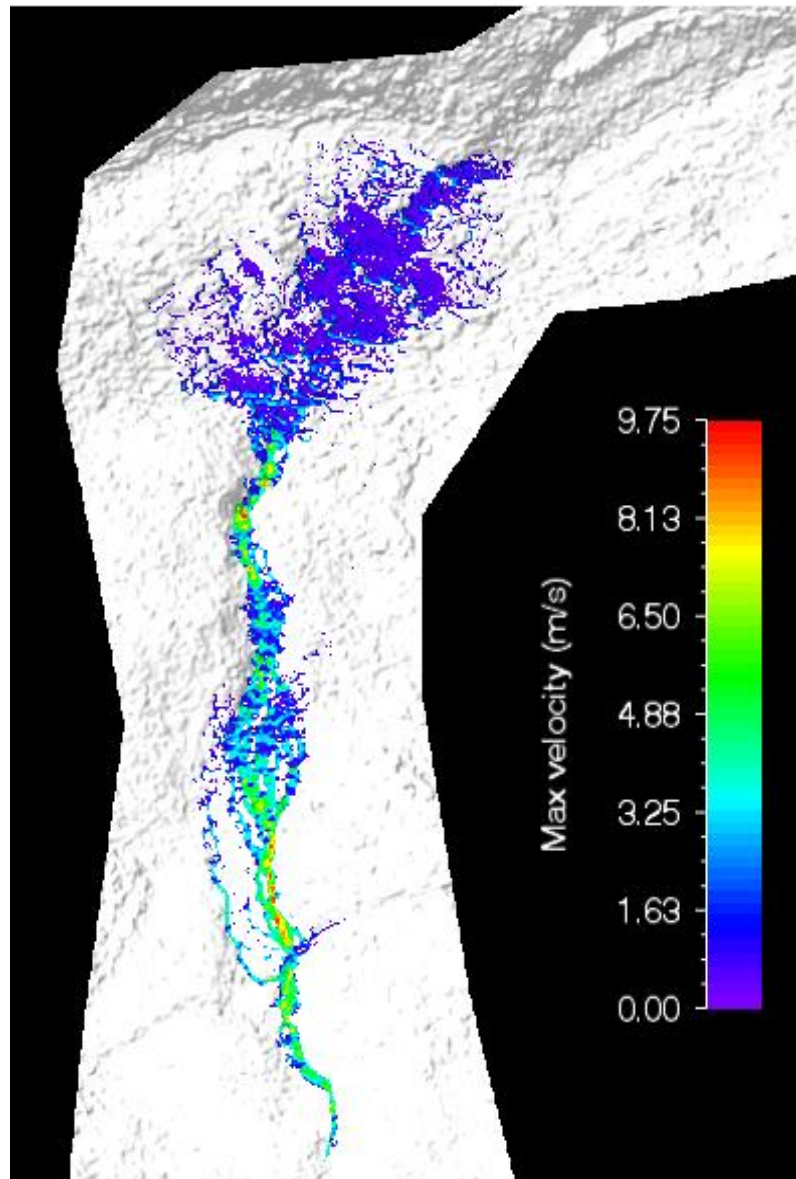


*Figura 83. Tirantes Máximos de Flujos de Escombros en la Quebrada Chaquipa para T=500 años*  
Fuente: Elaboración propia

***b) Velocidad del flujo de escombros en la quebrada Chaquipa***

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 84, se muestra las velocidades máximas, obteniendo en este caso, un valor máximo de 9.75 m/s en distintos puntos del cauce de la quebrada. En el área urbana del

distrito de Yanahuanca las velocidades alcanzadas oscilan aproximadamente entre 0.56m/s a 3.25m/s.

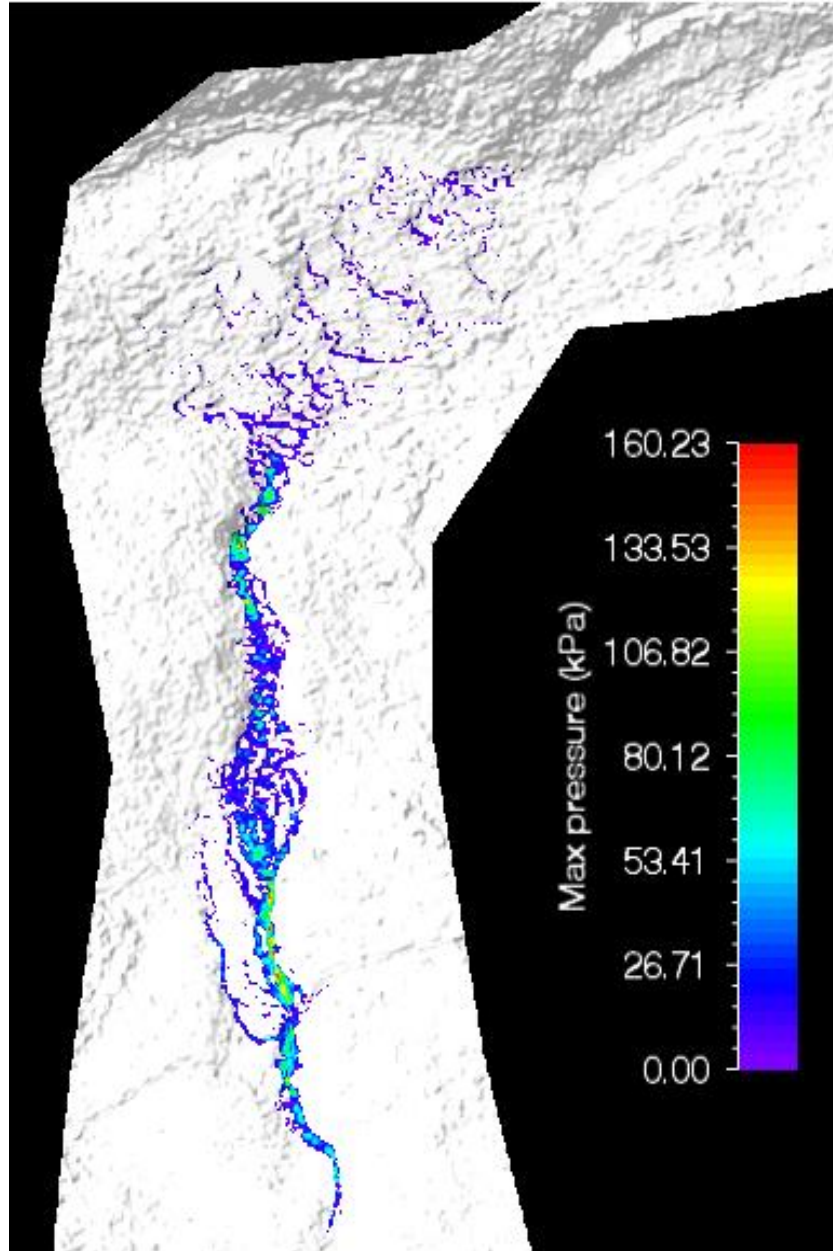


*Figura 84. Velocidades Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Chaquipa para T=500años*  
Fuente: Elaboración propia

c) *Presión del flujo de escombros en la quebrada Chaquipa*

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 85, se visualiza las presiones máximas de impacto, obteniendo en este caso, un valor máximo de 160.23 kPa en distintos puntos del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca los valores de la presión se reduce debido

a la pérdida de la energía y alcanzan valores entre 8.00 kPa a 21.35 kPa, pero de manera dispersa.



**Figura 85. Presiones Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Chaquipa para T=500años**  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2. Modelamiento del flujo de escombros en la quebrada Maranchacra

La Tabla 59 muestra los datos de entrada necesarios para el modelamiento de los probables flujos de escombros a suscitarse en la quebrada Maranchacra, con el software RAMMS, los cuales fueron estimados a partir del volumen de descarga máxima de agua en tres periodos de retorno.

*Tabla 59. Datos de Entrada para Modelamiento: Quebrada Maranchacra*

<b>DATOS PARA QUEBRADA MARANCHACRA</b>								<b>PENDIENTE (m/m) = 0.613</b>	
PERIODO DE RETORNO	VOLUMEN DE AGUA (m <sup>3</sup> )	CV	VOLUMEN DE SEDIMENTO (m <sup>3</sup> )	VOLUMEN TOTAL DEL FLUJO DE ESCOMBROS (m <sup>3</sup> )	CAUDAL DEL FLUJO (m <sup>3</sup> /s)	VELOCIDAD DEL FLUJO (m/s)	DENSIDAD DEL FLUJO (kg/m <sup>3</sup> )	PARÁMETROS CALIBRADOS	
								μ (adim.)	ξ (m <sup>2</sup> /s)
<b>5 años</b>	<b>352.37</b>	0.67	715.41	1067.78	7.82	3.52	1685.9	0.3	200
<b>50 años</b>	<b>704.74</b>	0.67	1430.83	2135.56	11.53	4.00	1685.9	0.3	200
<b>500 años</b>	<b>1057.10</b>	0.67	2146.24	3203.34	14.47	4.32	1685.9	0.3	200

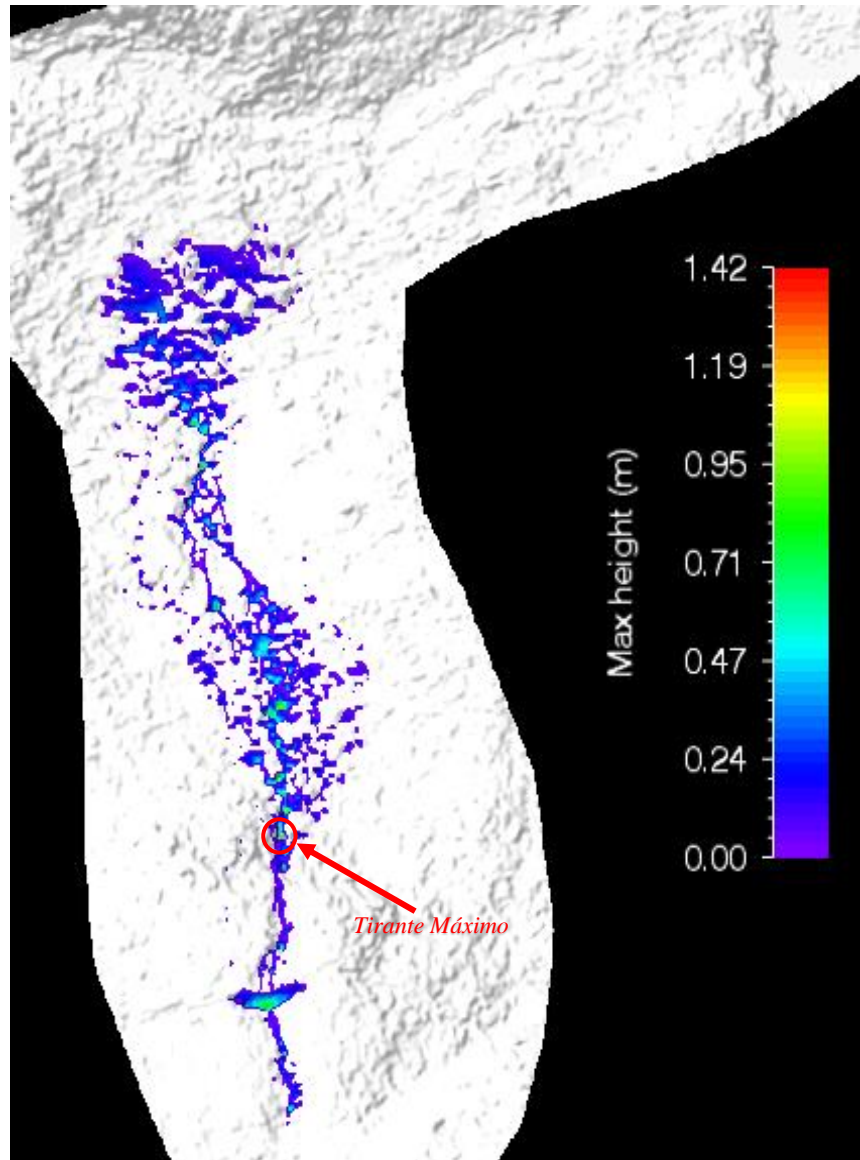
Fuente: Elaboración propia

##### 4.2.2.1. Modelamiento del flujo de escombros – T=5 años

Los resultados del modelamiento del flujo de escombros de la quebrada Maranchacra ante un escenario hidrológico extremo en un periodo de periodo de retorno de 5 años con el software RAMMS: Debris Flow, permite conocer los tirantes, velocidades y presiones en todo su recorrido.

##### a) Tirantes del flujo de escombros en la quebrada Maranchacra

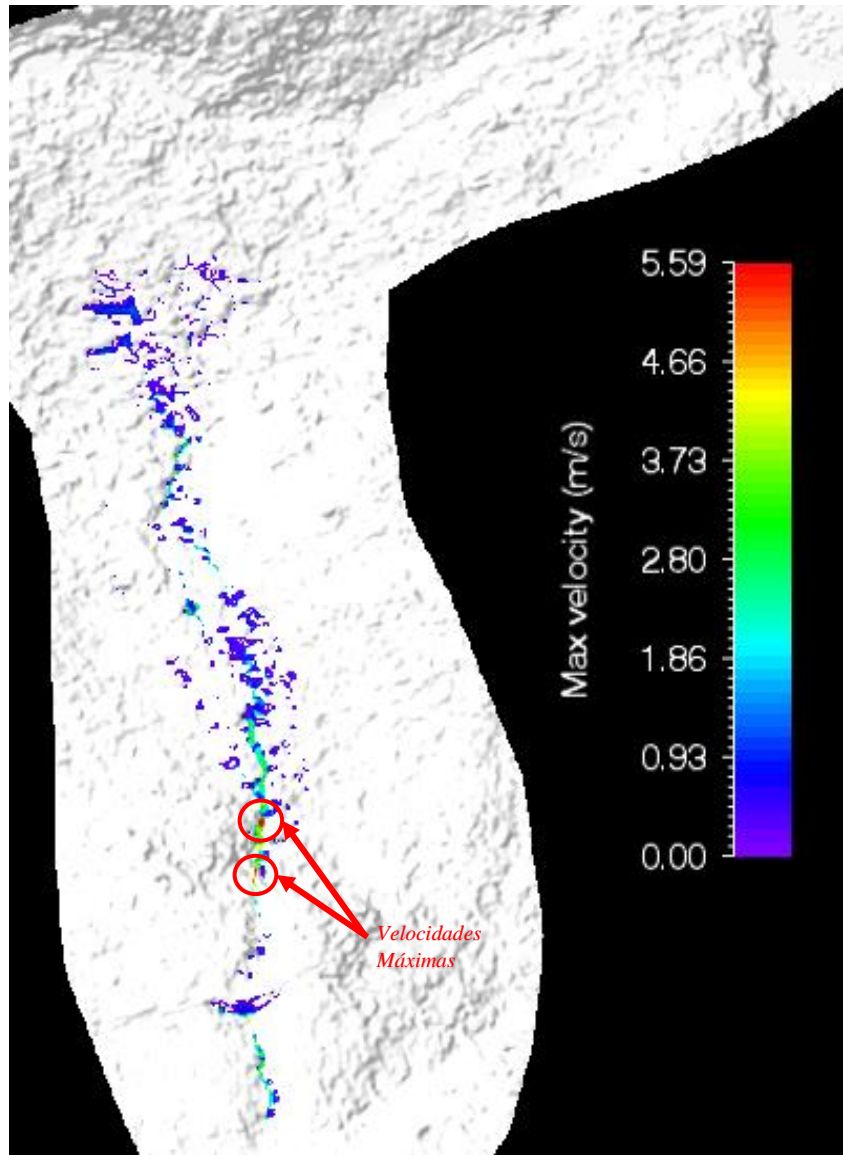
Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 86, se visualiza los tirantes máximos, obteniendo en este caso, un tirante o altura máxima de 1.42m en un punto localizado del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca los tirantes alcanzados oscilan aproximadamente entre 0.10 m a 0.38 m.



*Figura 86. Tirantes Máximos de Flujos de Escombros en la Quebrada Maranchacra para T=5 años*  
 Fuente: Elaboración propia

***b) Velocidad del flujo de escombros en la quebrada Maranchacra***

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 87, se muestra las velocidades máximas, obteniendo en este caso, un valor máximo de 5.59 m/s en dos zonas del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca las velocidades alcanzadas oscilan aproximadamente entre 0.37m/s a 1.12m/s.

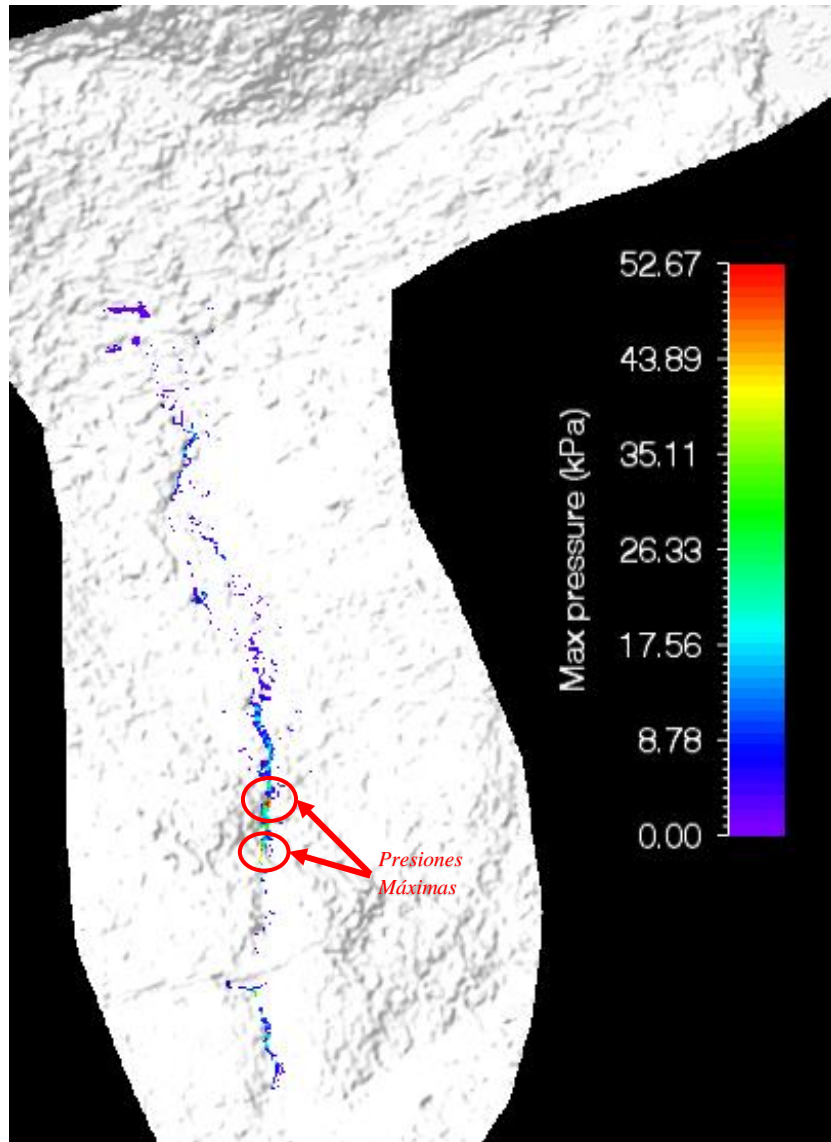


*Figura 87. Velocidades Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Maranchacra para T=5 años*  
 Fuente: Elaboración propia

**c) Presión del flujo de escombros en la quebrada Maranchacra**

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 88, se visualiza las presiones máximas de impacto, obteniendo en este caso, un valor máximo de 52.67 kPa en dos zonas puntuales del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca los valores de la presión se reducen debido a la pérdida de la energía y alcanzan un valor de 3.10 kPa en una pequeña extensión de la ciudad.





*Figura 88. Presiones Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Maranchacra para T=5 años*  
 Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2.2. Modelamiento del Flujo de Escombros – T=50 años

Los resultados del modelamiento del flujo de escombros de la quebrada Maranchacra ante un escenario hidrológico extremo en un periodo de periodo de retorno de 50 años con el software RAMMS: Debris Flow, permite conocer los tirantes, velocidades y presiones en todo su recorrido.

a) **Tirantes del flujo de escombros en la quebrada Maranchacra**

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 89, se visualiza los tirantes máximos, obteniendo en este caso, un tirante o altura máxima de 1.80m en un punto localizado del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca los tirantes alcanzados oscilan aproximadamente entre 0.12 m a 0.62 m.

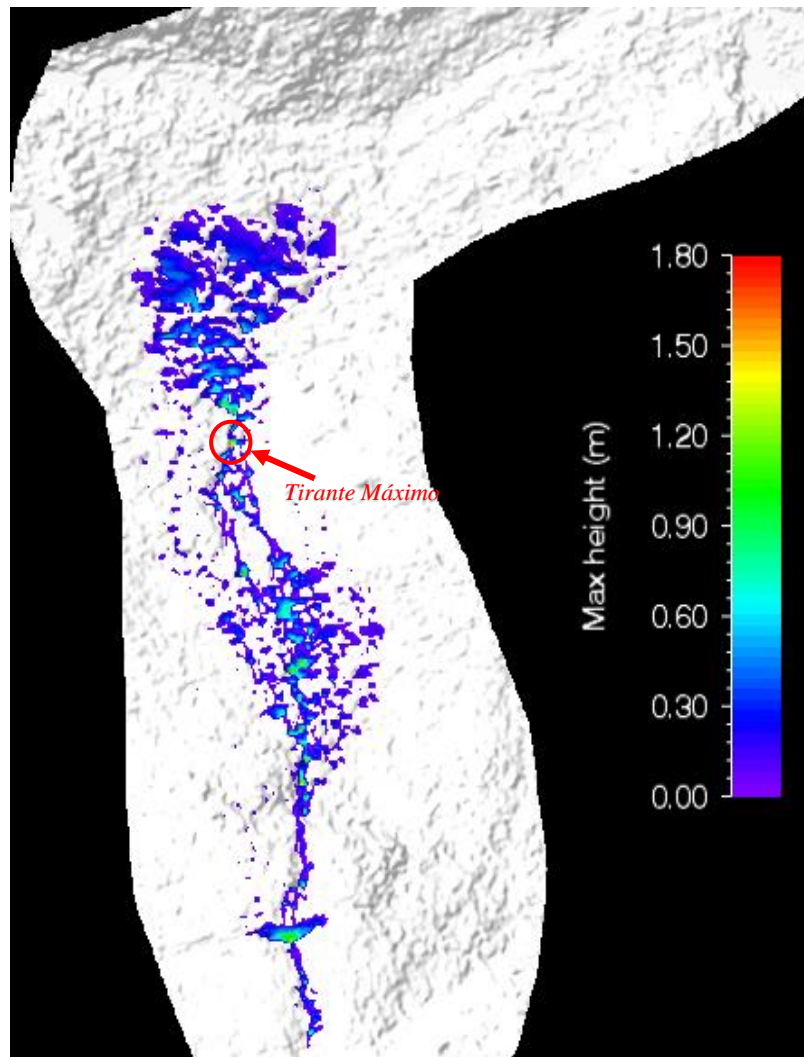
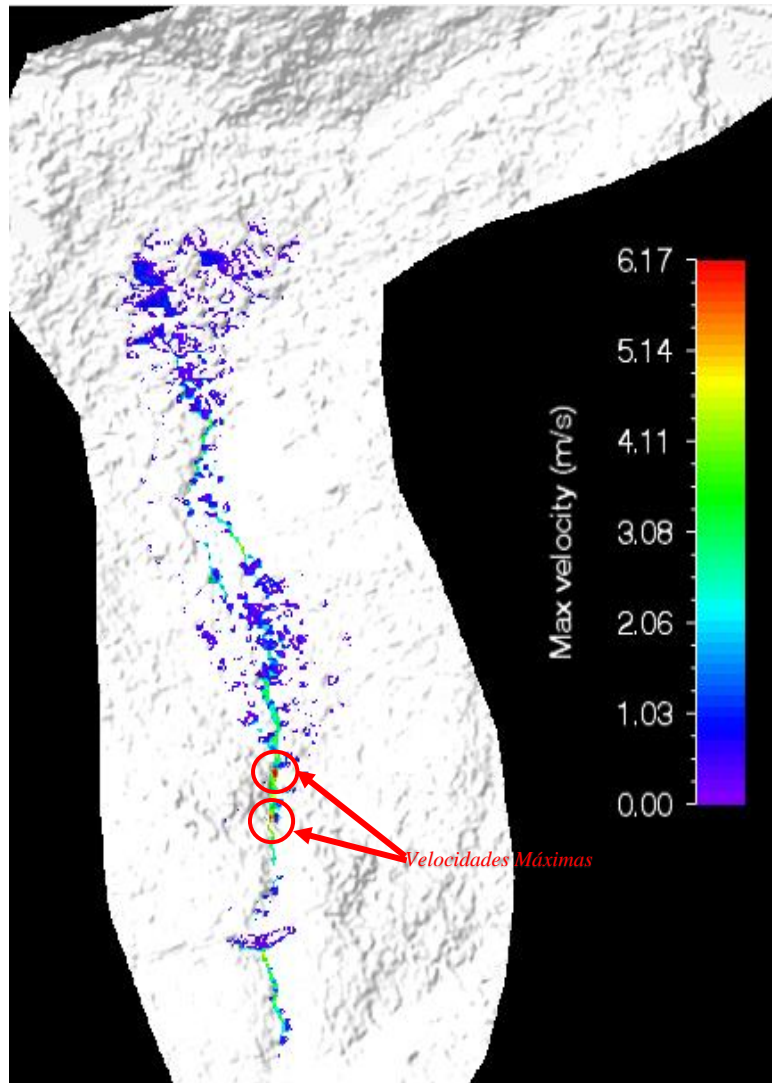


Figura 89. Tirantes Máximos de Flujos de Escombros en la Quebrada Machyacu para T=50 años  
Fuente: Elaboración propia

b) **Velocidad del flujo de escombros en la quebrada Maranchacra**

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 90, se muestra las velocidades máximas, obteniendo en este caso, un valor máximo de 6.17

m/s en dos zonas del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca las velocidades alcanzadas oscilan aproximadamente entre 0.40m/s a 1.16m/s.

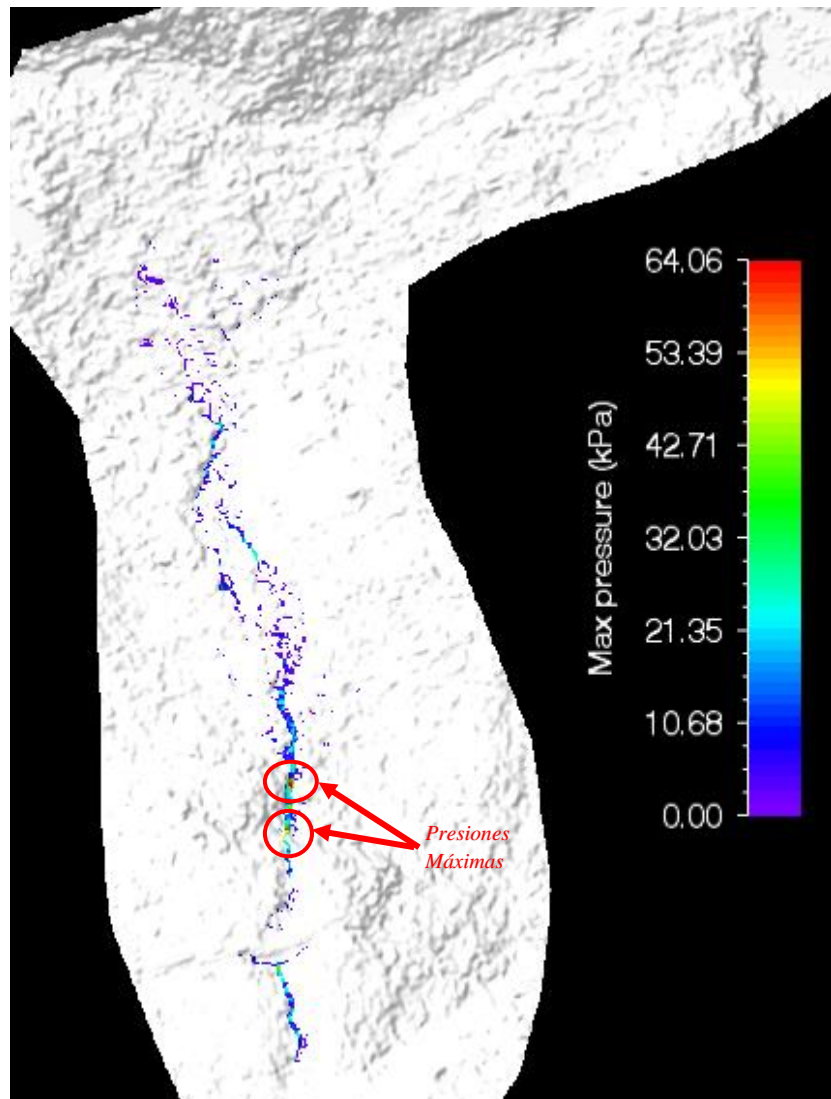


*Figura 90. Velocidades Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Maranchacra para T=50 años*  
Fuente: Elaboración propia

**c) Presión del flujo de escombros en la quebrada Maranchacra**

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 91, se visualiza las presiones máximas de impacto, obteniendo en este caso, un valor máximo de 64.06 kPa en dos zonas puntuales del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca los valores de la presión se reducen

debido a la pérdida de la energía y alcanzan un valor de 4.01 kPa en una pequeña extensión de la ciudad.



*Figura 91. Presiones Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Maranchacra para T=50 años*

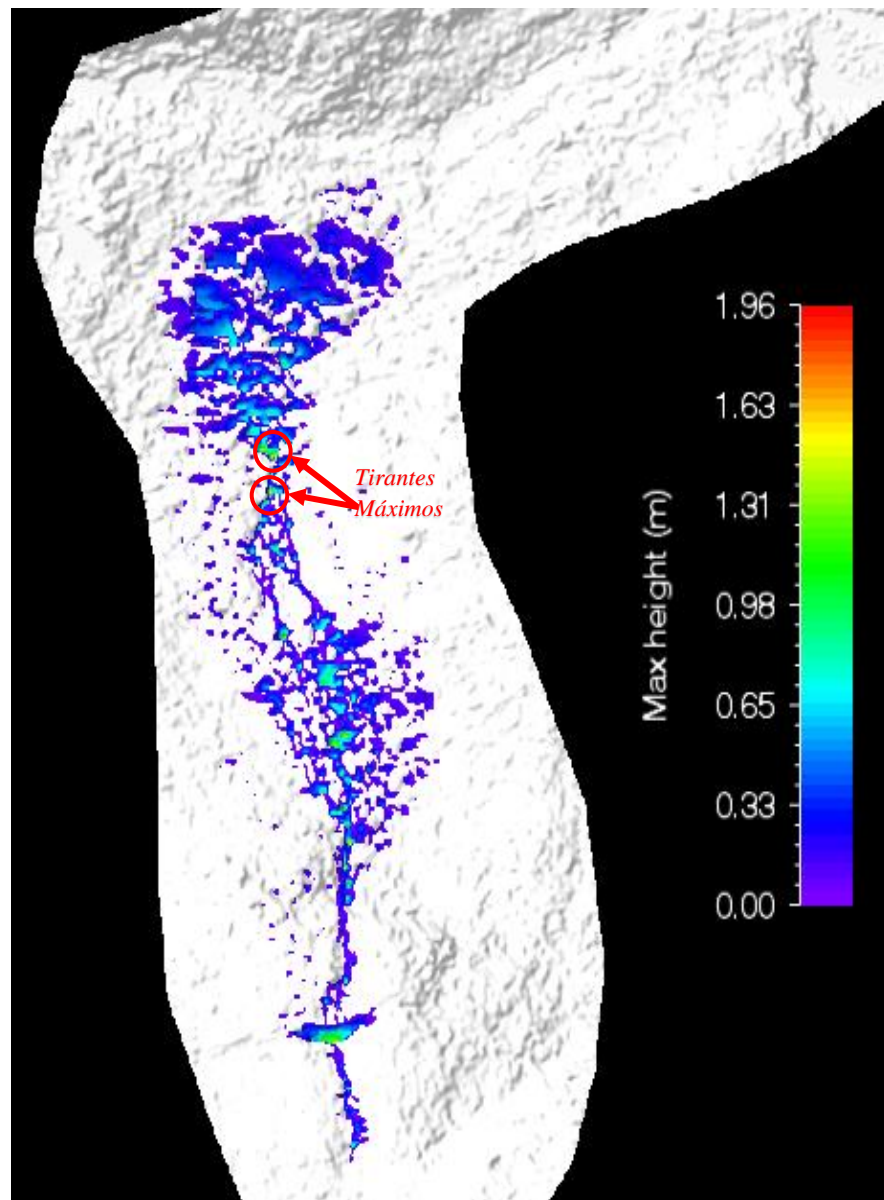
Fuente: Elaboración propia

#### **4.2.2.3. Modelamiento del flujo de escombros – T=500 años**

Los resultados del modelamiento del flujo de escombros de la quebrada Maranchacra ante un escenario hidrológico extremo en un periodo de periodo de retorno de 500 años con el software RAMMS: Debris Flow, permite conocer los tirantes, velocidades y presiones en todo su recorrido.

a) *Tirantes del flujo de escombros en la quebrada Maranchacra*

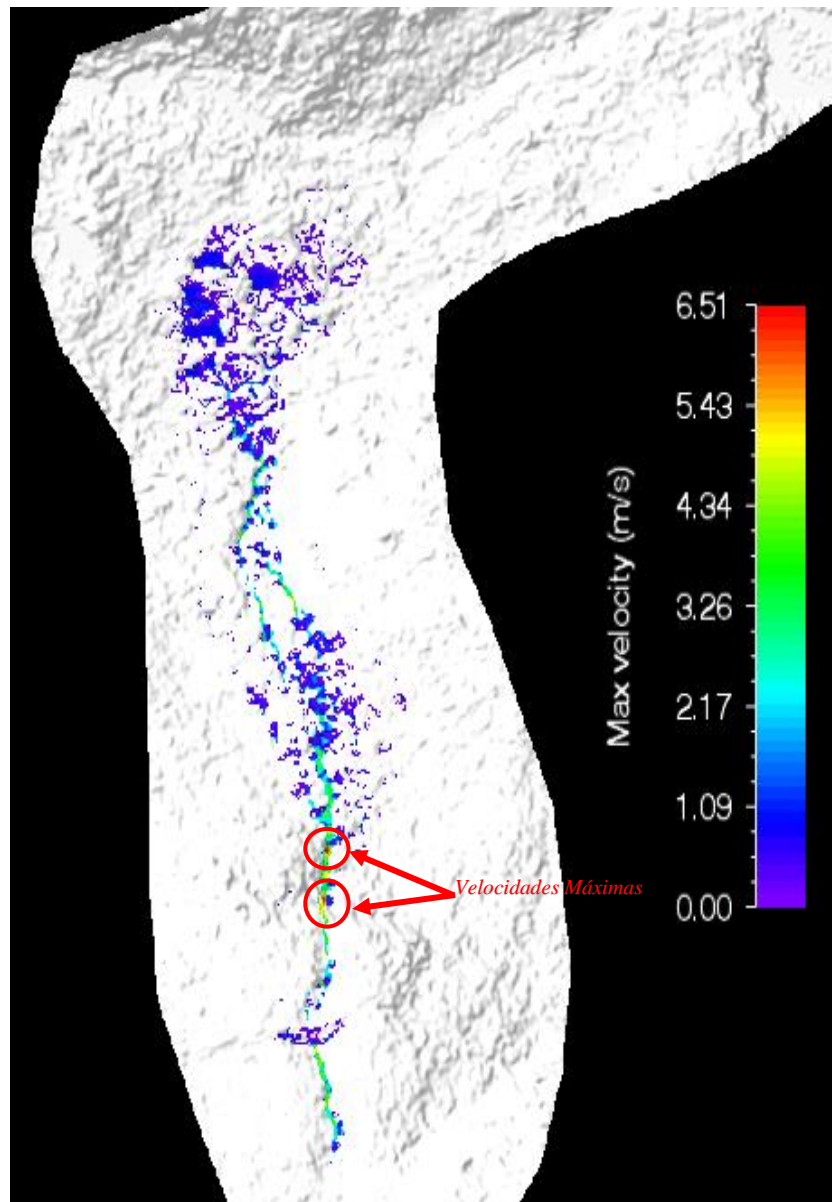
Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 92, se visualiza los tirantes máximos, obteniendo en este caso, un tirante o altura máxima de 1.96m en dos zonas localizadas del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca los tirantes alcanzados oscilan aproximadamente entre 0.13 m a 0.73 m.



*Figura 92. Tirantes Máximos de Flujos de Escombros en la Quebrada Maranchacra para T=500años*  
Fuente: Elaboración propia

***b) Velocidad del flujo de escombros en la quebrada Maranchacra***

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 93, se muestra las velocidades máximas, obteniendo en este caso, un valor máximo de 6.51 m/s en dos zonas del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca las velocidades alcanzadas oscilan aproximadamente entre 0.43m/s a 1.19m/s.

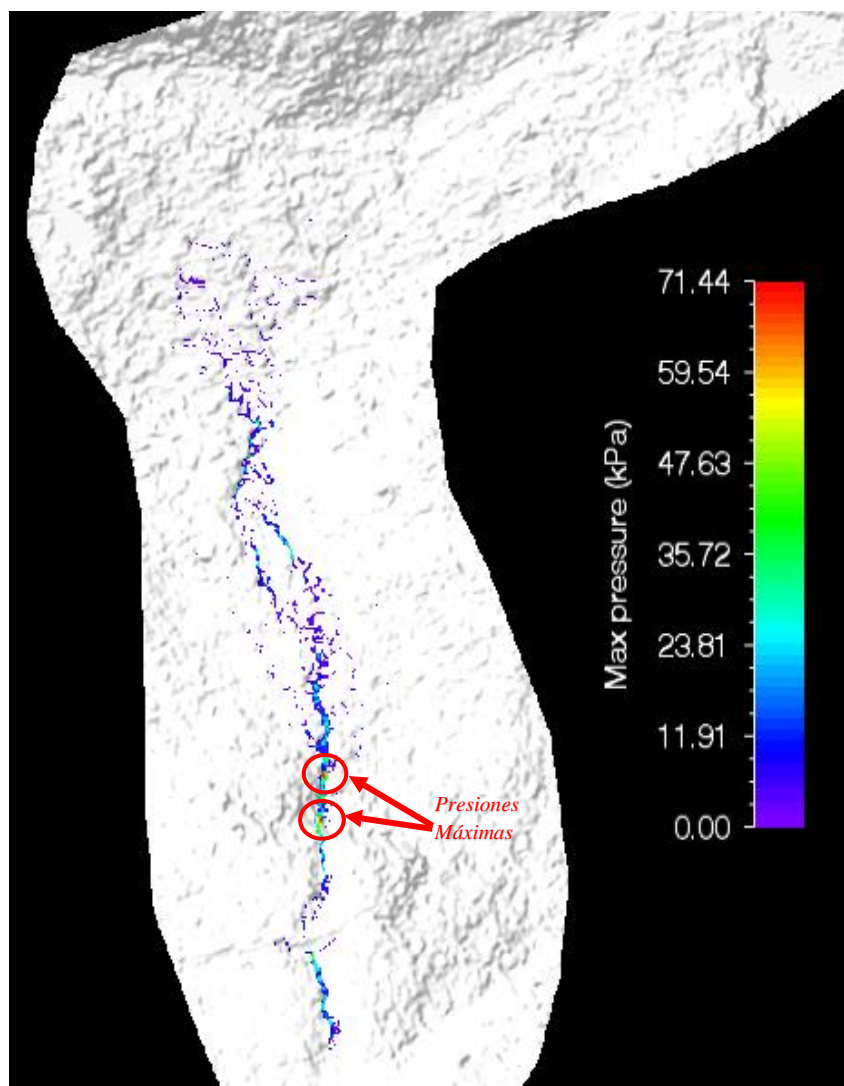


***Figura 93. Velocidades Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Maranchacra para T=500años***

Fuente: Elaboración propia

c) *Presión del flujo de escombros en la quebrada Maranchacra*

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 94, se visualiza las presiones máximas de impacto, obteniendo en este caso, un valor máximo de 71.44 kPa en dos zonas puntuales del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca los valores de la presión se reducen debido a la pérdida de la energía y alcanzan un valor de 4.47 kPa en una pequeña extensión de la ciudad.



*Figura 94. Presiones Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Maranchacra para T=500 años*  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3. Modelamiento del flujo de escombros en la quebrada Machgyacu

La Tabla 60 muestra los datos de entrada necesarios para el modelamiento de los probables flujos de escombros a suscitarse en la quebrada Machgyacu, con el software RAMMS, los cuales fueron estimados a partir del volumen de descarga máxima de agua en tres periodos de retorno.

*Tabla 60. Datos de Entrada para Modelamiento: Quebrada Machgyacu*

<b>DATOS PARA QUEBRADA MACHGYACU</b>							PENDIENTE (m/m) = 0.487		
PERIODO DE RETORNO	VOLÚMEN DE AGUA (m <sup>3</sup> )	CV	VOLÚMEN DE SEDIMENTO (m <sup>3</sup> )	VOLÚMEN TOTAL DEL FLUJO DE ESCOMBROS (m <sup>3</sup> )	CAUDAL DEL FLUJO (m <sup>3</sup> /s)	VELOCIDAD DEL FLUJO (m/s)	DENSIDAD DEL FLUJO (kg/m <sup>3</sup> )	PARÁMETROS CALIBRADOS	
								$\mu$ (adim.)	$\xi$ (m <sup>2</sup> /s)
5 años	1697.12	0.67	3445.67	5142.79	18.86	4.37	1685.9	0.3	200
50 años	2931.39	0.67	5951.61	8883.00	25.61	4.83	1685.9	0.3	200
500 años	4782.79	0.67	9710.52	14493.31	33.69	5.29	1685.9	0.3	200

Fuente: Elaboración propia

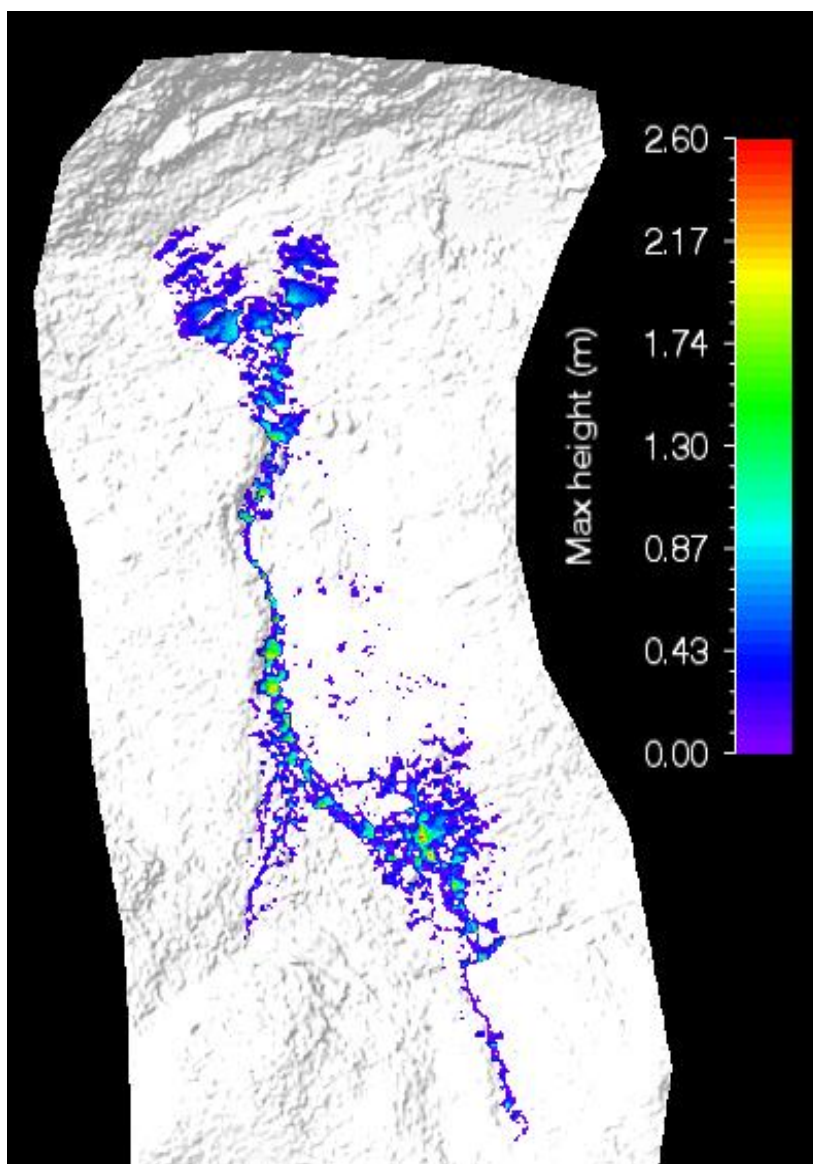
##### 4.2.3.1. Modelamiento del flujo de escombros – T=5 años

Los resultados del modelamiento del flujo de escombros de la quebrada Machgyacu ante un escenario hidrológico extremo en un periodo de periodo de retorno de 5 años con el software RAMMS: Debris Flow, permite conocer los tirantes, velocidades y presiones en todo su recorrido.

##### a) Tirantes del flujo de escombros en la quebrada Machgacu

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 95, se visualiza los tirantes máximos, obteniendo en este caso, un tirante o altura máxima de 2.60m en dos zonas localizadas del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca los tirantes alcanzados oscilan aproximadamente entre 0.17 m a 1.30 m.

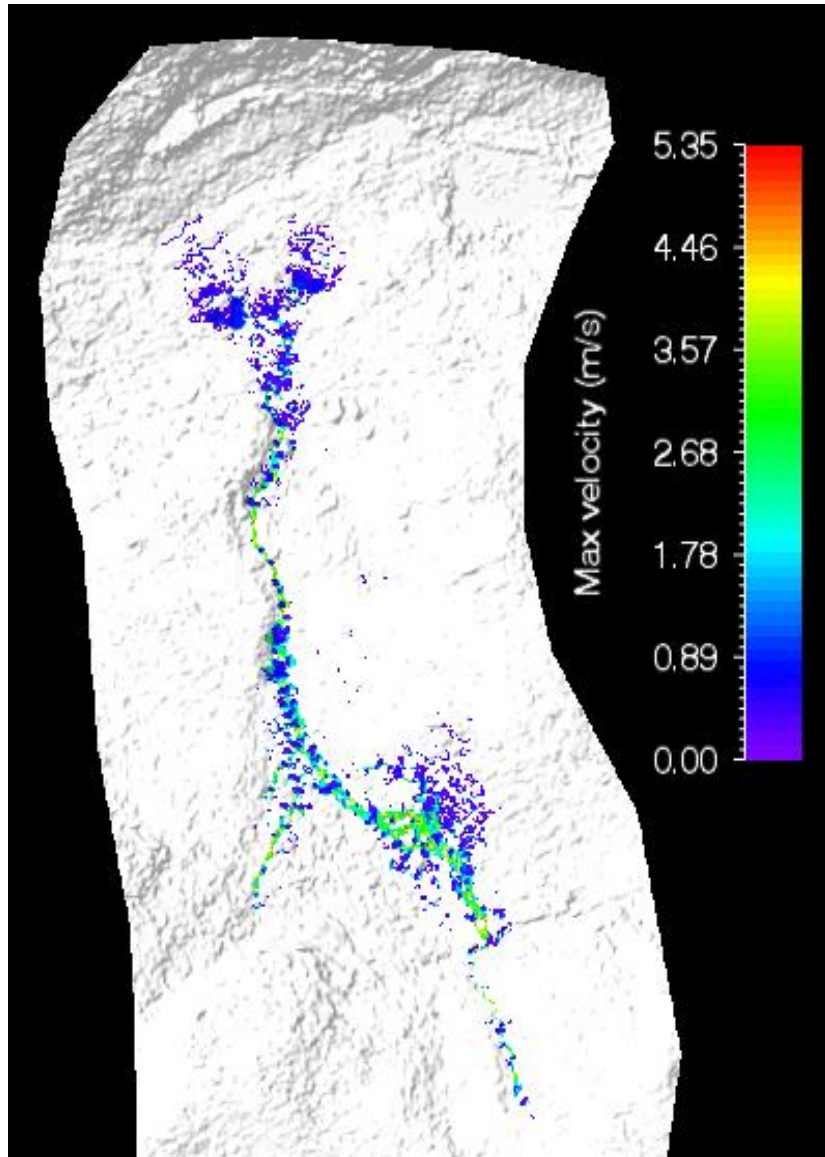




*Figura 95. Tirantes Máximos de Flujos de Escombros en la Quebrada Machgyacu para T=5 años*  
 Fuente: Elaboración propia

***b) Velocidad del flujo de escombros en la quebrada Machgacu***

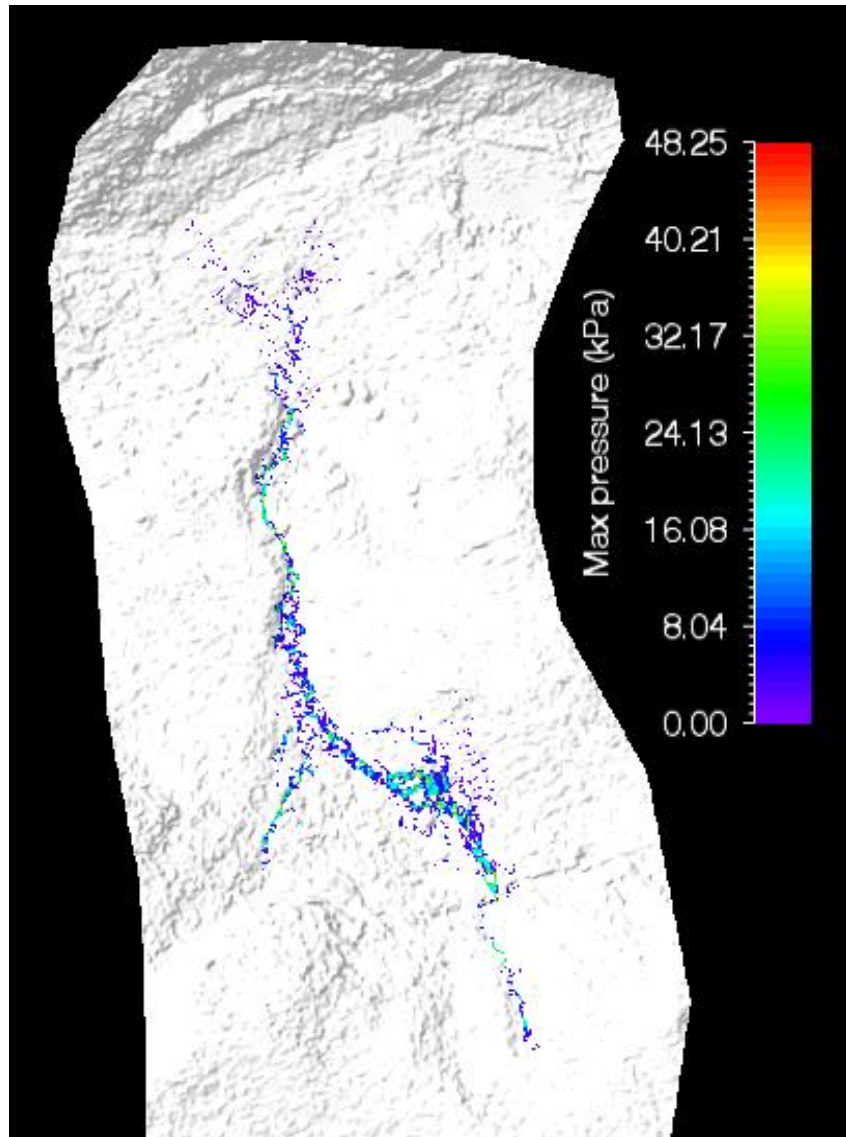
Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 96, se muestra las velocidades máximas, obteniendo en este caso, un valor máximo de 5.35 m/s en distintos puntos del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca las velocidades alcanzadas oscilan aproximadamente entre 0.31m/s a 2.86m/s.



*Figura 96. Velocidades Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Machgyacu para T=5 años*  
Fuente: Elaboración propia

***c) Presión del flujo de escombros en la quebrada Machgacu***

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 97, se visualiza las presiones máximas de impacto, obteniendo en este caso, un valor máximo de 48.25 kPa en distintos puntos del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca los valores de la presión se reduce debido a la pérdida de la energía y alcanzan valores entre 2.81 kPa a 16.88 kPa, pero de manera dispersa.



*Figura 97. Presiones Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Machgyacu para T=5 años*  
Fuente: Elaboración propia

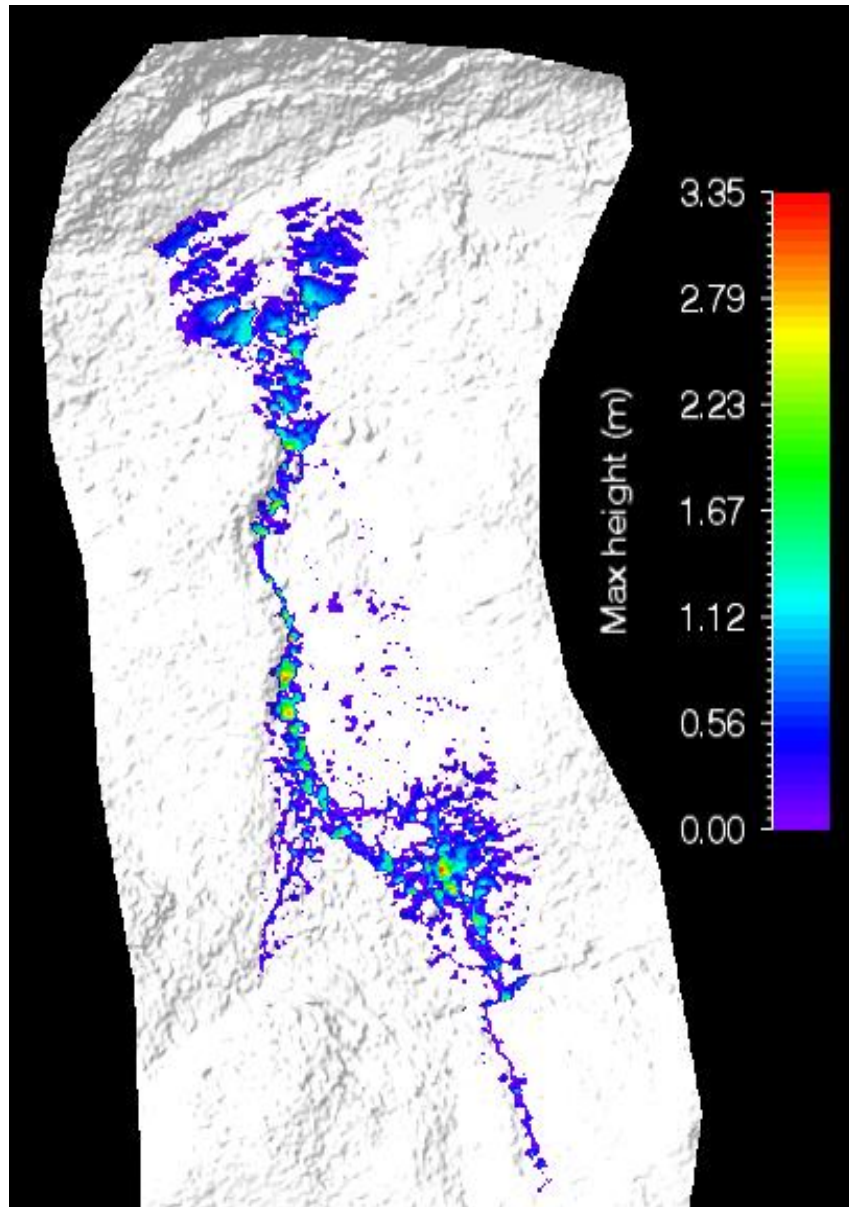
#### 4.2.3.2. Modelamiento del flujo de escombros – T=50 años

Los resultados del modelamiento del flujo de escombros de la quebrada Machgyacu ante un escenario hidrológico extremo en un periodo de periodo de retorno de 50 años con el software RAMMS: Debris Flow, permite conocer los tirantes, velocidades y presiones en todo su recorrido.

##### a) Tirantes del flujo de escombros en la quebrada Machgacu

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 98, se visualiza los tirantes máximos, obteniendo en este caso, un tirante o altura máxima de

3.35m en distintos puntos del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca los tirantes alcanzados oscilan aproximadamente entre 0.20 m a 1.78 m.

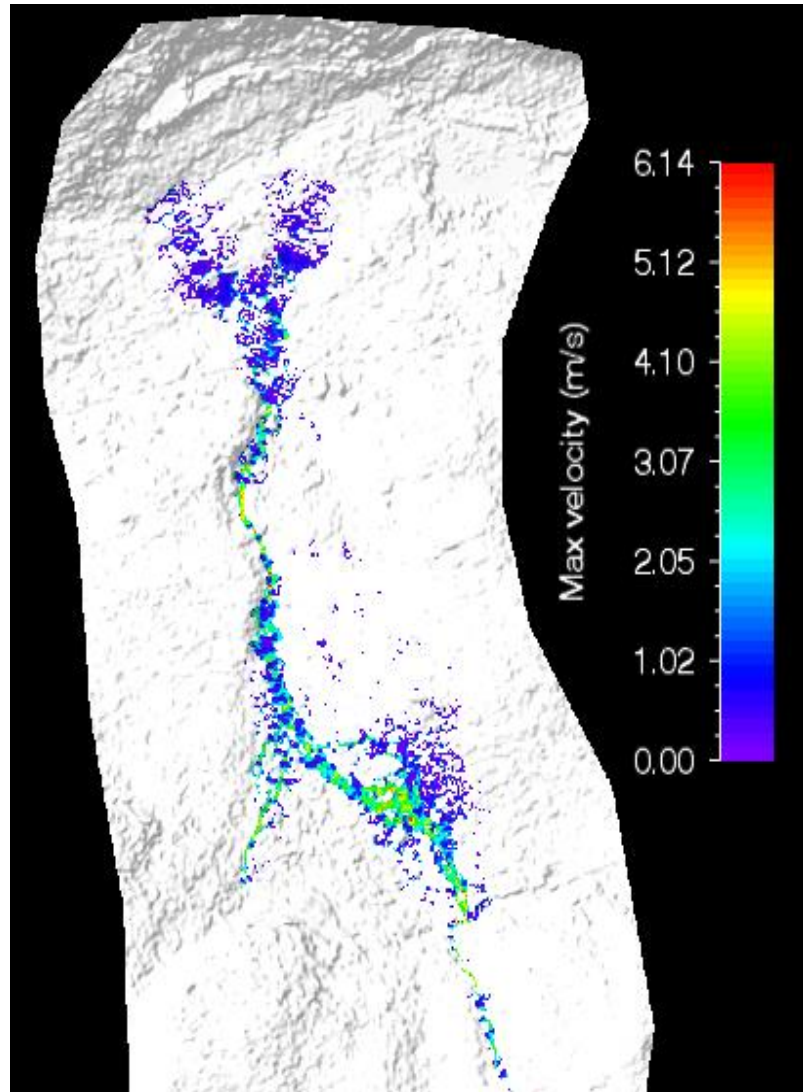


*Figura 98. Tirantes Máximos de Flujos de Escombros en la Quebrada Machgyacu para T=50 años*  
Fuente: Elaboración propia

***b) Velocidad del flujo de escombros en la quebrada Machgacu***

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 99, se muestra las velocidades máximas, obteniendo en este caso, un valor máximo de 6.14

m/s en distintos puntos del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca las velocidades alcanzadas oscilan aproximadamente entre 0.38m/s a 3.32m/s.

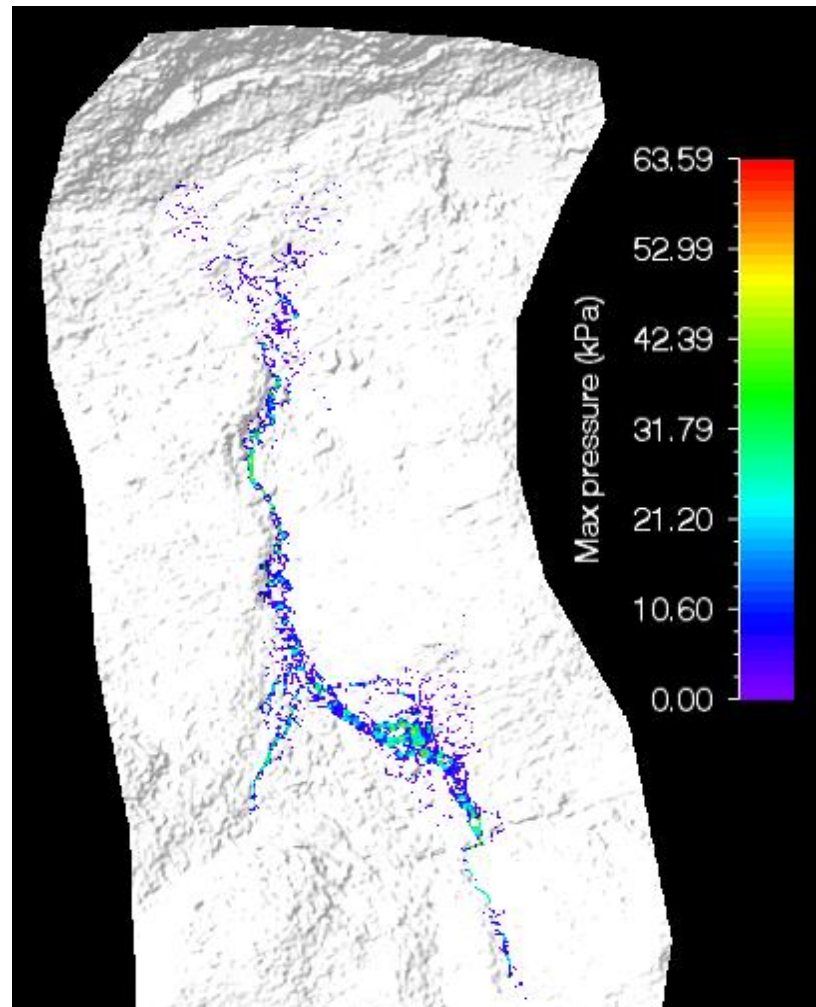


*Figura 99. Velocidades Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Machgyacu para T=50 años*  
Fuente: Elaboración propia

**c) Presión del flujo de escombros en la quebrada Machgacu**

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 100, se visualiza las presiones máximas de impacto, obteniendo en este caso, un valor máximo de 63.59 kPa en distintos puntos del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca los valores de la presión se reduce debido a la

pérdida de la energía y alcanzan valores entre 3.97 kPa a 22.10 kPa, pero de manera dispersa.



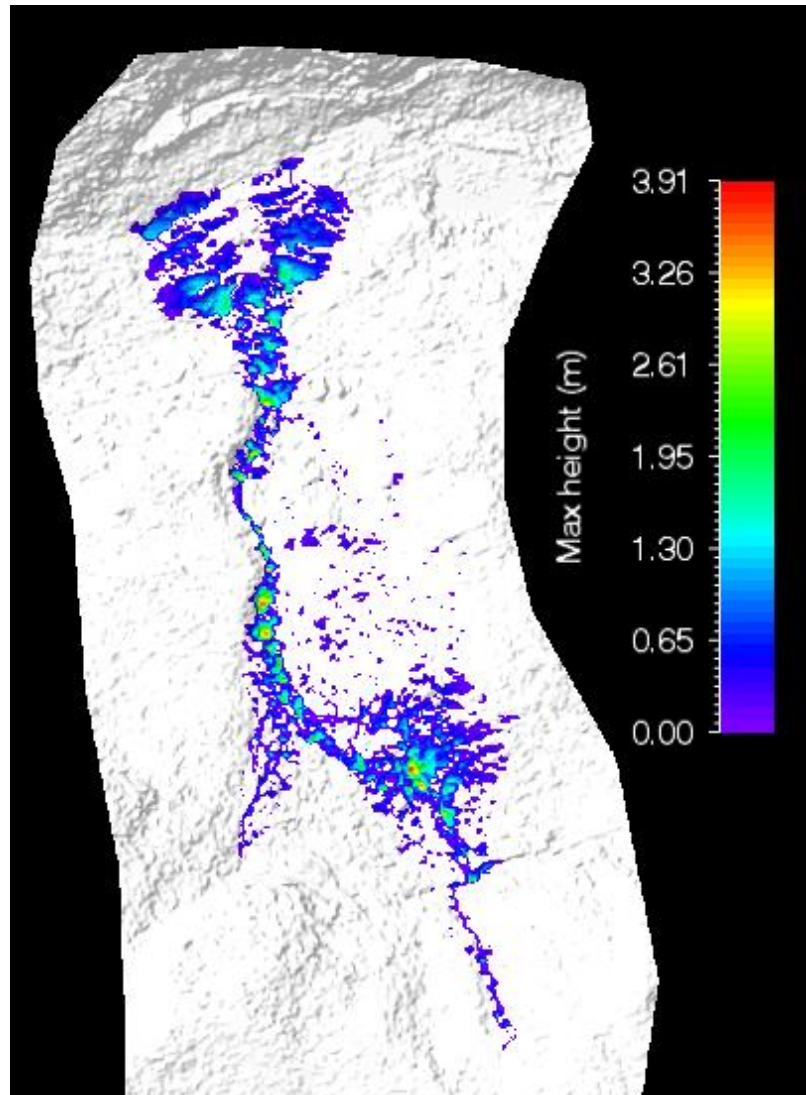
*Figura 100. Presiones Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Machgyacu para T=50 años*  
Fuente: Elaboración propia

#### **4.2.3.3. Modelamiento del Flujo de Escombros – T=500 años**

Los resultados del modelamiento del flujo de escombros de la quebrada Machgyacu ante un escenario hidrológico extremo en un periodo de periodo de retorno de 500 años con el software RAMMS: Debris Flow, permite conocer los tirantes, velocidades y presiones en todo su recorrido.

##### ***a) Tirantes del flujo de escombros en la quebrada Machgacu***

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 101, se visualiza los tirantes máximos, obteniendo en este caso, un tirante o altura máxima de 3.91m en distintos puntos del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca los tirantes alcanzados oscilan aproximadamente entre 0.23 m a 2.08 m.



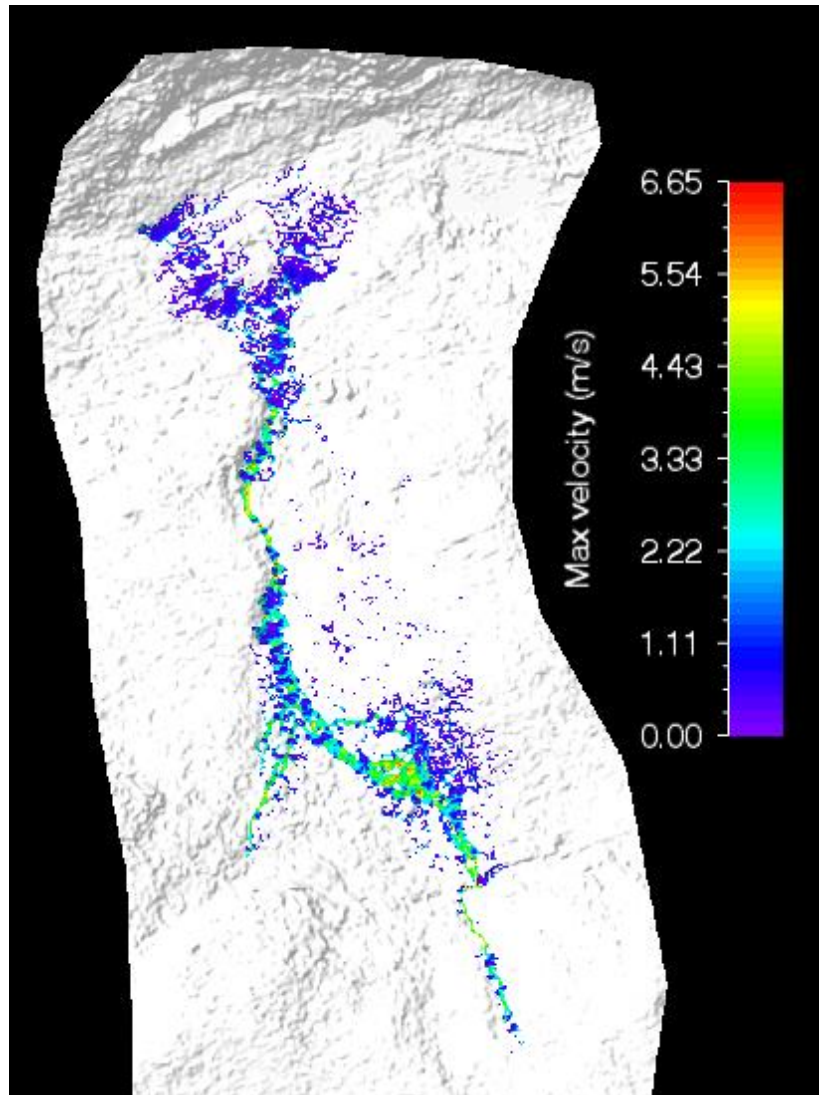
*Figura 101. Tirantes Máximos de Flujos de Escombros en la Quebrada Machgyacu para T=500 años*

Fuente: Elaboración propia

***b) Velocidad del flujo de escombros en la quebrada Machgacu***

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 102, se muestra las velocidades máximas, obteniendo en este caso, un valor máximo de

6.65 m/s en distintos puntos del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca las velocidades alcanzadas oscilan aproximadamente entre 0.42m/s a 3.61m/s.



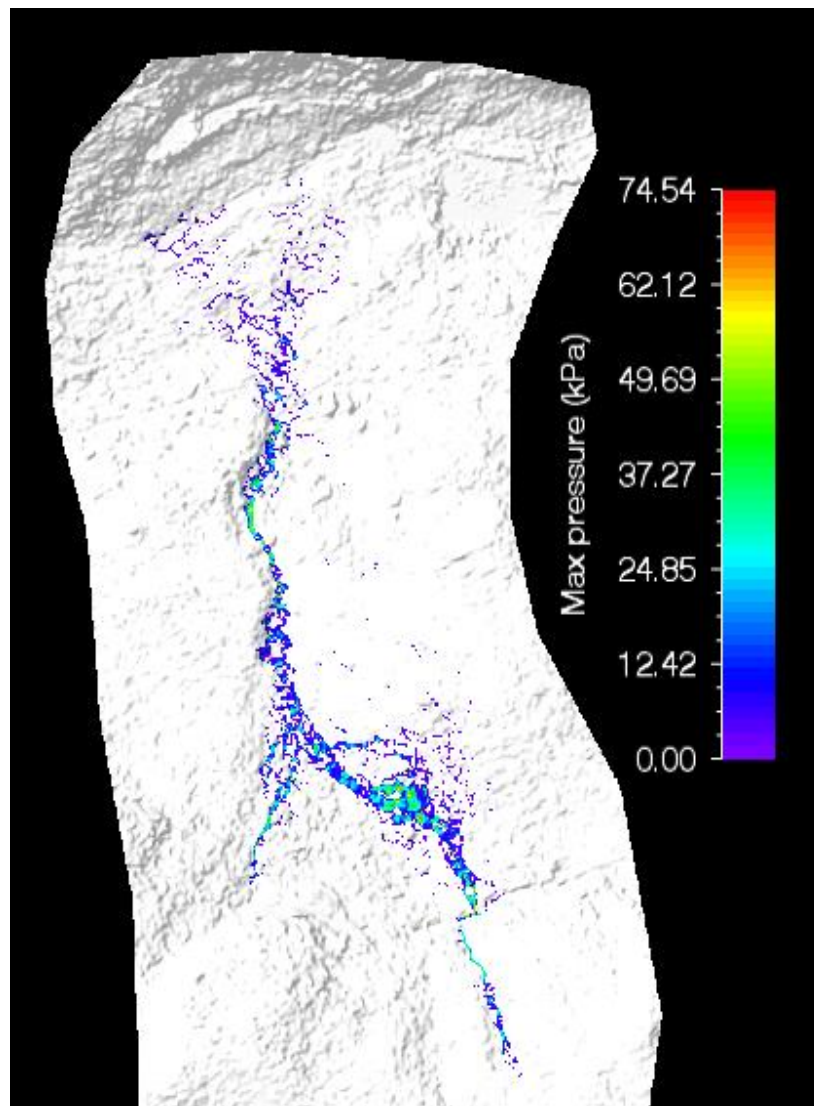
*Figura 102. Velocidades Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Machgyacu para T=500 años*  
Fuente: Elaboración propia

*c) Presión del flujo de escombros en la quebrada Machgacu*

Del modelamiento del flujo de escombros, en la Figura 103, se visualiza las presiones máximas de impacto, obteniendo en este caso, un valor máximo de 74.54 kPa en distintos puntos del cauce de la quebrada. En el área urbana del distrito de Yanahuanca los valores de la presión se reduce debido a la



pérdida de la energía y alcanzan valores entre 4.65 kPa a 25.88 kPa, pero de manera dispersa.



*Figura 103. Presiones Máximas de Flujos de Escombros en la Quebrada Machgyacu para T=500 años*  
Fuente: Elaboración propia

#### **4.2.4. Resumen de los resultados del modelamiento de los flujos de escombros en RAMMS**

En la Tabla 61 se visualiza los volúmenes de descarga máxima de agua en diferentes periodos de retorno, los cuales fueron estimados en secciones anteriores. En las Tablas 62, 63 y 64 se muestra el resumen de los resultados de la modelación numérica computacional en el software RAMMS: Debris Flow de los tirantes, velocidades y presiones de impacto, de los probables flujos de escombros a

suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, en los diferentes periodos de retorno según la estimación del volumen de agua máxima en las quebradas.

**Tabla 61. Volumen de Descarga de Agua Máxima Producto de Lluvias Máximas**

<b>VOLUMEN DE DESCARGA MÁXIMA DE AGUA</b>			
<b>QUEBRADA</b>	<b>T = 5 AÑOS</b>	<b>T = 50 AÑOS</b>	<b>T = 500 AÑOS</b>
Chaquipa	5603.06 m <sup>3</sup>	10085.50 m <sup>3</sup>	16529.01 m <sup>3</sup>
Maranchacra	352.37 m <sup>3</sup>	704.74 m <sup>3</sup>	1057.10 m <sup>3</sup>
Machgyacu	1697.12 m <sup>3</sup>	2931.39 m <sup>3</sup>	4782.79 m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 62. Resumen de Tirante Máximos Alcanzados en las Quebradas en Estudio**

<b>TIRANTES MÁXIMOS EN QUEBRADAS</b>						
<b>QUEBRADA</b>	<b>VALORES MÁXIMOS (CAUCE DE LA QUEBRADA)</b>			<b>RANGO DE VALORES EN ÁREA URBANA</b>		
	<b>T=5 años</b>	<b>T= 50 años</b>	<b>T= 500 años</b>	<b>T=5 años</b>	<b>T= 50 años</b>	<b>T= 500 años</b>
Chaquipa	6.96 m	8.03 m	8.94 m	0.29 m - 2.65 m	0.35 m - 3.50 m	0.39 m - 4.10 m
Maranchacra	1.42 m	1.80 m	1.86 m	0.10 m - 0.38 m	0.12 m - 0.62 m	0.13 m - 0.73 m
Machgyacu	2.60 m	3.35 m	3.91 m	0.17 m - 1.30 m	0.20 m - 1.78 m	0.23 m - 2.08 m

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 63. Resumen de Velocidades Máximas Alcanzadas en las Quebradas**

<b>VELOCIDADES MÁXIMAS EN QUEBRADAS</b>						
<b>QUEBRADA</b>	<b>VALORES MÁXIMOS (CAUCE DE LA QUEBRADA)</b>			<b>RANGO DE VALORES EN ÁREA URBANA</b>		
	<b>T=5 años</b>	<b>T= 50 años</b>	<b>T= 500 años</b>	<b>T=5 años</b>	<b>T= 50 años</b>	<b>T= 500 años</b>
Chaquipa	8.55 m/s	9.25 m/s	9.75 m/s	0.50 m/s - 2.50 m/s	0.54 m/s - 2.90 m/s	0.56 m/s - 3.25 m/s
Maranchacra	5.59 m/s	6.17 m/s	6.51 m/s	0.37 m/s - 1.12 m/s	0.40 m/s - 1.16 m/s	0.43 m/s - 1.19 m/s
Machgyacu	5.35 m/s	6.14 m/s	6.65 m/s	0.31 m/s - 2.86 m/s	0.38 m/s - 3.32 m/s	0.42 m/s - 3.61 m/s

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 64. Resumen de Presiones Máximas Alcanzadas en las Quebradas en Estudio**

<b>PRESIONES DE IMPACTO MÁXIMOS EN QUEBRADAS</b>						
<b>QUEBRADA</b>	<b>VALORES MÁXIMOS (CAUCE DE LA QUEBRADA)</b>			<b>RANGO DE VALORES EN ÁREA URBANA</b>		
	<b>T=5 años</b>	<b>T= 50 años</b>	<b>T= 500 años</b>	<b>T=5 años</b>	<b>T= 50 años</b>	<b>T= 500 años</b>
Chaquipa	123.20 kPa	144.03 kPa	160.23 kPa	6.20 kPa - 16.50 kPa	7.20 kPa - 19.20 kPa	8.00 kPa - 21.35 kPa
Maranchacra	52.67 kPa	64.06 kPa	71.44 kPa	3.10 kPa	4.01 kPa	4.47 kPa
Machgyacu	48.25 kPa	63.59 kPa	74.54 kPa	2.81 kPa - 16.88 kPa	3.97 kPa - 22.10 kPa	4.65 kPa - 25.88 kPa

Fuente: Elaboración propia

#### **4.2.5. Relación del volumen de descarga máxima de agua y el comportamiento de los flujos de escombros**

Sánchez (s.f) refiere que: Si disponemos de dos series de datos emparejados, es útil conocer la relación entre ambas, y, encontrar la expresión matemática que refleja dicha relación. También es útil conocer el coeficiente de correlación, ya que nos informa del grado de relación entre dos variables. Si la relación es lineal perfecta y forma la ecuación de una recta,  $r$  será  $+1$  ó  $-1$ . El coeficiente  $r$  será positivo si la relación es directa (al aumentar  $x$  aumenta  $y$ ), y  $r$  será negativo en el caso la relación sea inversa (al aumentar  $x$ , disminuye  $y$ ).

Una vez obtenido el comportamiento de los flujos de escombros, representada por sus propiedades como es el tirante, velocidad y presión de impacto, se medirá su relación con el volumen de descarga máxima de agua, en las tres quebradas de estudio y en tres diferentes periodos de retorno; consiguiendo nueve datos para la regresión y correlación lineal. Los valores a considerar del comportamiento de los flujos de escombros para la relación, son los valores máximos alcanzados de cada una de las propiedades, las cuales se presentan en el cauce de las quebradas. A continuación, se muestra los datos y los resultados:

Tabla 65. Datos de Volumen de Agua y Tirante de Huayco

VOLUMEN DE AGUA VS TIRANTE DE HUAYCO			
Quebrada	T (años)	X	Y
		Vol. Agua (m3)	Tirante de Huayco (m)
Chaquipa	5	5603.06	6.96
	50	10085.50	8.03
	500	16529.01	8.94
Maranchacra	5	352.37	1.42
	50	704.74	1.80
	500	1057.10	1.86
Machgyacu	5	1697.12	2.60
	50	2931.39	3.35
	500	4782.79	3.91

Fuente: Elaboración propia

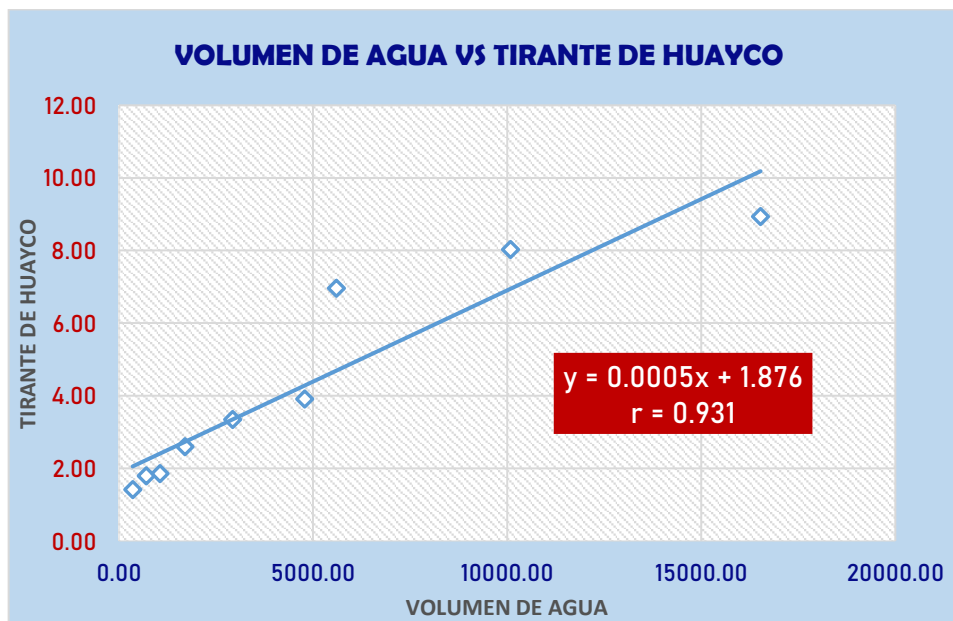


Figura 104. Regresión y Correlación Lineal entre Volumen de Agua y Tirante de Flujos de Escombros

Fuente: Elaboración propia

De la regresión y correlación lineal entre el volumen de descarga máxima de agua y el tirante del flujo de escombros en las quebradas Chaquipa, Machgyacu y Maranchacra se concluye que: Existe una **relación lineal directa** con un coeficiente de correlación de **0.931** que, según la tabla 10, representa una **relación fuerte**.

Tabla 66. Datos de Volumen de Agua y Velocidad de Huayco

VOLUMEN DE AGUA VS VELOCIDAD DE HUAYCO			
Quebrada	T (años)	X	Y
		Vol. Agua (m3)	Velocidad de Huayco (m/s)
Chaquipa	5	5603.06	8.55
	50	10085.50	9.25
	500	16529.01	9.75
Maranchacra	5	352.37	5.59
	50	704.74	6.17
	500	1057.10	6.51
Machgyacu	5	1697.12	5.35
	50	2931.39	6.14
	500	4782.79	6.65

Fuente: Elaboración propia

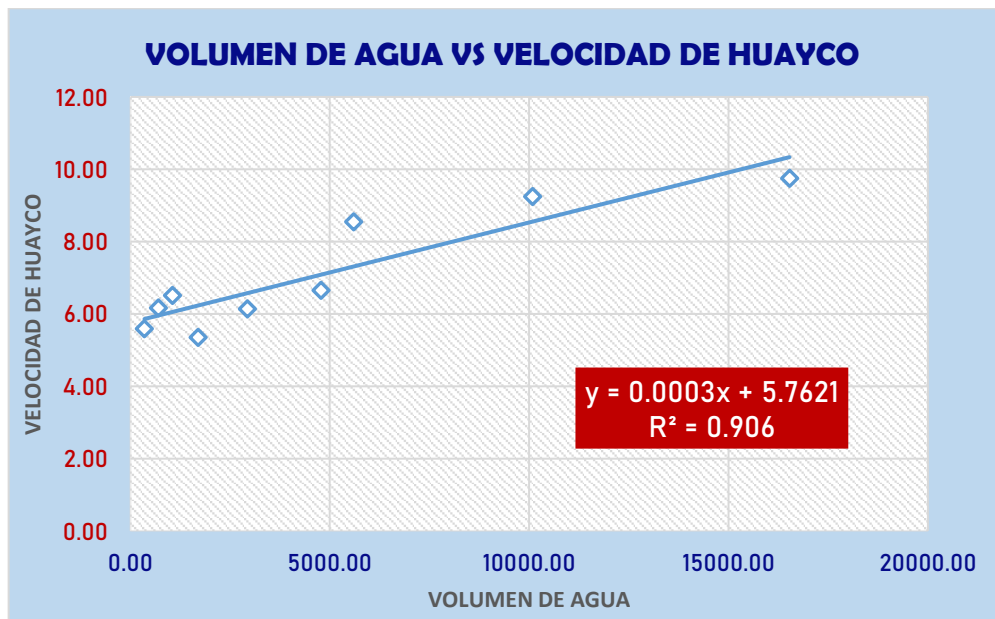


Figura 105. Regresión y Correlación Lineal entre Volumen de Agua y Velocidad de Flujos de Escombros

Fuente: Elaboración propia

De la regresión y correlación lineal entre el **volumen de descarga máxima de agua** y la **velocidad del flujo de escombros** en las quebradas Chaquipa, Machgyacu y Maranchacra se concluye que: Existe una **relación lineal directa** con un coeficiente de correlación de **0.906** que, según la tabla 10, representa una **relación fuerte**.

Tabla 67. Datos de Volumen de Agua y Presión de Impacto de Huayco

VOLUMEN DE AGUA VS PRESIÓN DE IMPACTO DE HUAYCO			
Quebrada	T (años)	X	Y
		Vol. Agua (m3)	Presión de Huayco (KPa)
Chaquipa	5	5603.06	123.20
	50	10085.50	144.03
	500	16529.01	160.23
Maranchacra	5	352.37	52.67
	50	704.74	64.06
	500	1057.10	71.44
Machgyacu	5	1697.12	48.25
	50	2931.39	63.59
	500	4782.79	74.54

Fuente: Elaboración propia

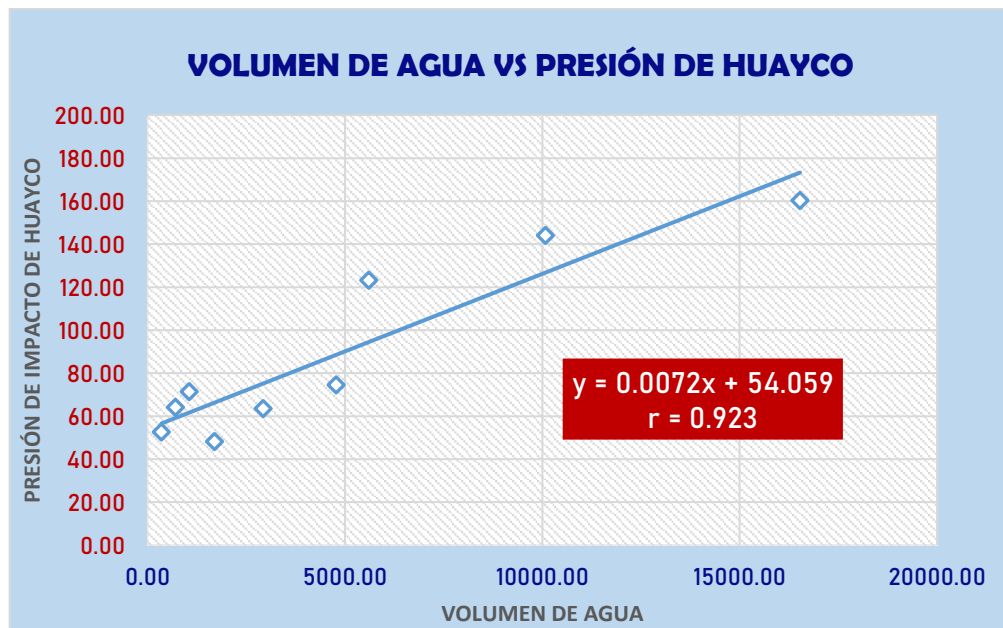


Figura 106. Regresión y Correlación Lineal entre Volumen de Agua y Presión de Impacto de Flujos de Escombros

Fuente: Elaboración propia

De la regresión y correlación lineal entre el **volumen de descarga máxima de agua** y la **presión de impacto del flujo de escombros** en las quebradas Chaquipa, Machgyacu y Maranchacra se concluye que: Existe una **relación lineal directa** con un coeficiente de correlación de **0.923** que, según la tabla 10, representa una **relación fuerte**.

### 4.3. Prueba de hipótesis

En la presente investigación la prueba de hipótesis se realizó mediante el análisis de regresión lineal utilizando el coeficiente de Pearson, y la prueba de Anova.

Considerando:

$$y = a + bx$$

x: Volumen de descarga máxima de agua.

y: Propiedades de los flujos de escombros (tirante, velocidad y presión de impacto)

a: Intersección

b: Pendiente

#### ❖ Planteamiento de la Hipótesis:

- $H_0: b = 0$
- $H_1: b \neq 0$

#### ❖ Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

#### ❖ Regla de decisión:

- $P_{\text{valor}} < \alpha = 0.05$ : Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación.
- $P_{\text{valor}} > \alpha = 0.05$ : Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis de investigación.

#### a) Hipótesis específica 1

- **H<sub>1</sub>**: El volumen de descarga máxima de agua influye directa y significativamente en el tirante de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.

- **H<sub>0</sub>:** El volumen de descarga máxima de agua NO influye directa y significativamente en el tirante de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.

*Tabla 68. Estadística de la Regresión - Volumen de Agua VS Tirante de Flujo*

ESTADÍSTICA DE LA REGRESIÓN	
Coefficiente de correlación	0.931125049
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	<b>0.866993857</b>
R <sup>2</sup> ajustado	0.84799298
Error típico	1.127941066
Observaciones	9

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 69. Prueba de ANOVA - Volumen de Agua VS Tirante de Flujo*

PRUEBA DE ANOVA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	p_valor
<b>Regresión</b>	1	58.05173155	58.05173155	45.62914814	<b>0.000263819</b>
<b>Residuos</b>	7	8.905757337	1.272251048		
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>66.95748889</b>			

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Como se muestra en la tabla 68, el volumen de descarga máxima de agua y el tirante del flujo de escombros en las quebradas Chaquipa, Machgyacu y Maranchacra, tienen una relación que alcanza un 93.11%. También, indica un coeficiente de determinación de 0.867, lo que representa un 86.70% de grado de fiabilidad o bondad de ajuste del modelo. Finalmente, la tabla 69 (estadístico ANOVA), muestra un **p\_valor de 0.00026**, lo cual es menor al nivel de significancia considerado ( $\alpha=0.05$ ). En base a lo señalado, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación (H<sub>i</sub>): “El volumen de descarga máxima de agua influye directa y significativamente en el tirante de los flujos de escombros”.



**b) Hipótesis específica 2**

- **Hi:** El volumen de descarga máxima de agua influye directa y significativamente en la velocidad de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.
- **Ho:** El volumen de descarga máxima de agua **NO** influye directa y significativamente en la velocidad de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.

*Tabla 70. Estadística de la Regresión - Volumen de Agua VS Velocidad de Flujo*

ESTADÍSTICA DE LA REGRESIÓN	
Coeficiente de correlación múltiple	0.905952079
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	<b>0.82074917</b>
R <sup>2</sup> ajustado	0.795141908
Error típico	0.740730497
Observaciones	9

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 71. Prueba de ANOVA - Volumen de Agua VS Velocidad de Flujo*

PRUEBA DE ANOVA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	p_valor
<b>Regresión</b>	1	17.58602831	17.58602831	32.05142305	<b>0.00076536</b>
<b>Residuos</b>	7	3.840771688	0.54868167		
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>21.4268</b>			

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Como se muestra en la tabla 70, el volumen de descarga máxima de agua y la velocidad del flujo de escombros en las quebradas Chaquipa, Machgyacu y Maranchacra, tienen una relación que alcanza un 90.60%. También, indica un coeficiente de determinación de 0.821, lo que representa un 82.08% de grado de fiabilidad o bondad de ajuste del modelo. Finalmente, la tabla 71 (estadístico ANOVA), muestra un **p\_valor de 0.00077**, lo cual es menor al nivel de significancia considerado ( $\alpha=0.05$ ).

En base a lo señalado, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación (Hi): “**El volumen de descarga máxima de agua influye directa y significativamente en la velocidad de los flujos de escombros**”.

c) **Hipótesis específica 3**

- **Hi:** El volumen de descarga máxima de agua influye directa y significativamente en la presión de impacto de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.
- **Ho:** El volumen de descarga máxima de agua **NO** influye directa y significativamente en la presión de impacto de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.

*Tabla 72. Estadística de la Regresión - Volumen de Agua VS Presión de Impacto de Flujo*

ESTADÍSTICA DE LA REGRESIÓN	
Coeficiente de correlación múltiple	0.922778631
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	<b>0.851520402</b>
R <sup>2</sup> ajustado	0.830309031
Error típico	17.25531511
Observaciones	9

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 73. Prueba de ANOVA - Volumen de Agua VS Presión de Impacto de Flujo*

PRUEBA DE ANOVA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	p_valor
Regresión	1	11952.86746	11952.86746	40.14452417	<b>0.00039044</b>
Residuos	7	2084.221297	297.7458995		
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>14037.08876</b>			

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Como se muestra en la tabla 72, el **volumen de descarga máxima de agua** y la **presión de impacto del flujo de escombros** en las quebradas Chaquipa, Machgyacu y Maranchacra, tienen una relación que alcanza un 92.28%. También, indica un coeficiente de determinación de

0.852, lo que representa un 85.15% de grado de fiabilidad o bondad de ajuste del modelo. Finalmente, la tabla 73 (estadístico ANOVA), muestra un **p\_valor de 0.00039**, lo cual es menor al nivel de significancia considerado ( $\alpha=0.05$ ). En base a lo señalado, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación (Hi): **“El volumen de descarga máxima de agua influye directa y significativamente en la presión de impacto de los flujos de escombros”**.

**d) Hipótesis general**

- **Hi:** El volumen de descarga máxima de agua influye directa y significativamente en el comportamiento de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, Provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco.
- **Ho:** El volumen de descarga máxima de agua **NO** influye directa y significativamente en el comportamiento de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, Provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco.

En base a la prueba de las hipótesis específicas, se prueba la hipótesis nula general planteada en la presente tesis, ya que cada una de las propiedades que expresan el comportamiento de los flujos de escombros (tirante, velocidad y presión de impacto), tienen una relación directa y significativa con el volumen de descarga máxima de agua en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu. En base a lo señalado, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de

investigación general (Hi). “**El volumen de descarga máxima de agua influye significativamente en el comportamiento de los flujos de escombros**”.

#### **4.4. Discusión de resultados**

El objetivo principal del proyecto de investigación consistió en determinar la influencia del volumen de descarga máxima de agua en el comportamiento de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, del distrito de Yanahuanca. Dicho comportamiento se expresa mediante sus propiedades o parámetros: tirante, velocidad y presión de impacto, en las cuales se basa los objetivos específicos de la investigación.

El **primer objetivo específico** desarrollado en la investigación fue, determinar la influencia del volumen de descarga máxima de agua en el tirante de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, del análisis realizado mediante un modelo matemático computacional y cálculos estadísticos, se halló un coeficiente de correlación de 0.931 aun cuando la densidad y los parámetros friccionantes del flujo permanecen constantes, lo que significa que existe una dependencia significativa entre las variables. Por su parte Millán (2018) en su tesis: “Modelación del Flujo de Detritos para el Análisis del Riesgo en la Quebrada los Cóndores, Provincia de Lima, Perú” con el uso del software RAMMS, muestra en sus resultados que, a mayor periodo de retorno, es decir mayor volumen de agua que discurre en la quebrada, considerando constante el volumen de detritos, el tirante del flujo aumenta. De ambos resultados se puede concluir que la relación entre el volumen de descarga de agua y el tirante que alcanza el flujo de escombros es alta; sin embargo, es importante precisar que en la presente investigación se determinó el volumen de

sedimentos para cada escenario, mientras Millán consideró el mismo volumen de sedimentos para todos los escenarios modelado.

Del **segundo objetivo específico** desarrollado en la investigación, determinar la influencia del volumen de descarga máxima de agua en la velocidad de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, mediante un modelo matemático computacional y cálculos estadísticos se analizó la relación entre las variables, encontrando un coeficiente de correlación de 0.906 aun cuando la densidad y los parámetros friccionantes del flujo permanecen constantes, lo que significa que existe una relación alta entre las variables. Los resultados encontrados en la presente investigación guardan relación con lo señalado por Castillo (2006), quien realizó la evaluación de dos escenarios de Flujos de Escombros y lodo en una quebrada en la ciudad de Lima mediante la aplicación de un modelo numérico en el software FLO-2D, donde afirma que, al aumentar el volumen de descarga de agua, se incrementa las velocidades del flujo de escombros, sin embargo, en el estudio muestra que, en la zona de confluencia el tirante permanece constante en ambos escenarios, lo cual no concuerda con el presente estudio ya que, la velocidad del flujo de escombros aumenta en todo su recorrido cuando el volumen de descarga máxima de agua se incrementa por cada periodo de retorno estudiado.

El **tercer objetivo específico** de la investigación fue, determinar la influencia del volumen de descarga máxima de agua en la presión de impacto de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, del análisis realizado se encontró un coeficiente de correlación de 0.923 entre ambas variable, infiriendo que el volumen de agua considerado en cada escenario, influye directa y significativamente en la presión

de impacto alcanzado durante el recorrido del flujo de escombros. Asimismo, Zegarra (2023) en su tesis: “Evaluación y análisis del comportamiento de los flujos de escombros en la quebrada Cashahuacra de la subcuenca Santa Eulalia mediante el uso de FLO-2D”, concluye que la fuerza de impacto aumenta directamente con el periodo de retorno, pese a que la densidad y el coeficiente de densidad volumétrica del flujo de escombros es la misma para todos los escenarios simulados, pero considerando valores distintos de la velocidad del flujo las mismas que se determinaron en relación al volumen de agua. De ambas investigaciones se puede concluir la gran influencia que tiene el volumen de descarga de agua en los parámetros de los flujos de escombros, como es el caso de la presión o fuerza de impacto, datos de gran importancia para el dimensionamiento de las estructuras hidráulicas, las cuales permiten disipar la energía de los huaycos.

## CONCLUSIONES

- ❖ El comportamiento de los flujos de escombros es expresado por sus propiedades, como es el tirante, el cual varía en relación al volumen de descarga máxima de agua que discurre en las quebradas, del análisis realizado se identifica que cuando el periodo de retorno es mayor (mayor volumen de agua de descarga), el tirante del flujo de escombros se va incrementado. En la quebrada Chaquipa en un periodo de retorno de 5 años alcanza un tirante de 6.96 m, en un periodo de retorno de 50 años un tirante de 8.03 m y en un periodo de retorno de 500 años un tirante de 8.94 m; en la quebrada Maranchacra en un periodo de retorno de 5 años alcanza un tirante de 1.42 m, en un periodo de retorno de 50 años un tirante de 1.80 m y en un periodo de retorno de 500 años un tirante de 1.86 m; en la quebrada Machgyacu en un periodo de retorno de 5 años alcanza un tirante de 2.60 m, en un periodo de retorno de 50 años un tirante de 3.35 m y en un periodo de retorno de 500 años un tirante de 3.91 m. Por lo que, mediante el análisis de regresión lineal se encontró un coeficiente de correlación de 0.931 entre el volumen de descarga de agua y el tirante del flujo, por ende, se concluye que el volumen de descarga de agua influye directa y significativamente en el tirante del flujo de escombros.
- ❖ La velocidad de los flujos de escombros varía en relación al volumen de descarga máxima de agua que discurre en las quebradas, es así que, del análisis realizado se identificó que cuando el periodo de retorno es mayor (mayor volumen de agua de descarga), la velocidad del flujo de escombros se va incrementado. En la quebrada Chaquipa en un periodo de retorno de 5 años alcanza una velocidad de 8.55 m/s, en un periodo de retorno de 50 años una velocidad de 9.25 m/s y en un periodo de retorno de 500 años un tirante de 9.75 m/s; en la quebrada Maranchacra en un periodo de retorno de 5 años alcanza una velocidad de 5.59 m/s, en un periodo de

retorno de 50 años una velocidad de 6.17 m/s y en un periodo de retorno de 500 años una velocidad de 6.51 m/s; en la quebrada Machgyacu en un periodo de retorno de 5 años alcanza una velocidad de 5.35 m/s, en un periodo de retorno de 50 años una velocidad de 6.14 m/s y en un periodo de retorno de 500 años una velocidad de 6.65 m/s. Por lo que, mediante el análisis de regresión lineal se encontró un coeficiente de correlación de 0.906 entre el volumen de descarga de agua y la velocidad del flujo, por ende, se concluye que el volumen de descarga de agua influye directa y significativamente en la velocidad del flujo de escombros.

- ❖ La presión de impacto de los flujos de escombros se encuentra relacionado con el volumen de descarga máxima de agua que discurre en las quebradas, en la investigación se identificó que cuando el periodo de retorno es mayor (mayor volumen de agua de descarga), la presión de impacto del flujo de escombros se va incrementado. En la quebrada Chaquipa en un periodo de retorno de 5 años la presión de impacto alcanza los 123.20 KPa, en un periodo de retorno de 50 años de 144.03 KPa y en un periodo de retorno de 500 años de 160.23 KPa; en la quebrada Maranchacra en un periodo de retorno de 5 años la presión de impacto alcanza los 52.67 KPa, en un periodo de retorno de 50 años una velocidad de 64.06 KPa y en un periodo de retorno de 500 años una velocidad de 71.44 KPa; en la quebrada Machgyacu en un periodo de retorno de 5 años la presión de impacto alcanza los 48.25 KPa, en un periodo de retorno de 50 años una velocidad de 63.59 KPa y en un periodo de retorno de 500 años una velocidad de 74.54 KPa. Por lo que, mediante el análisis de regresión lineal se encontró un coeficiente de correlación de 0.923 entre el volumen de descarga de agua y la presión de impacto del flujo, por ende, se concluye que el volumen de descarga de agua influye directa y significativamente en la presión de impacto del flujo de escombros.



## RECOMENDACIONES

- ❖ Se sugiere emplear los datos obtenidos en el presente proyecto de investigación, para realizar un estudio de prevención de riesgos por Huaycos en la ciudad de Yanahuanca, así como para el diseño de estructuras de control: muros de contención, diques u otros sistemas de protección que puedan colocarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.
- ❖ Se recomienda el uso de los modelos digitales de elevación producto de imágenes satelitales para este tipo de estudios. Muchos centros como la NASA, brindan información de manera gratuita y directa mediante sus plataformas; así también, en nuestro país, la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial, CONIDA, cuenta con datos de diversos satélites como es el caso de SPOT, y de un satélite propio denominado PeruSat.
- ❖ Realizar este tipo de estudios que brindan información geológica, topográfica, hidrológica e hidráulica de diversas zonas de nuestro país, de manera de tener una base de datos que puedan ser empleados en otros estudios.
- ❖ Emplear los diferentes softwares capaces de modelar flujos de escombros para realizar estudios de prevención de riesgos, de modo de conseguir datos cercanos a la realidad, software como: RAMMS, el cual emplea el modelo reológico de Voellmy; FLO 2D, que emplea un modelo cuadrático reológicos presentado por O'Brien y Julien, entre otros softwares.
- ❖ Por el cambio climático que se vive actualmente, en el presente estudio se muestra que la ciudad de Yanahuanca presenta lluvias capaces de activar huaycos; por lo que, se recomienda realizar un estudio de prevención de riesgos por desborde del río en la zona.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio Mijares, F. (1992). *Fundamentos de hidrología de superficie*. México: Editorial Limusa S.A.
- Arancibia, A. (2012). *Concepto de flujos de escombros en quebradas [Diapositivas de PowerPoint]*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de <https://slideplayer.es/amp/11849013/>
- Arancibia, A. (2016). La hidrología y los flujos de escombros. *IV Seminario Nacional de Hidrología*, (pág. 6). Lima.
- ArcGIS Resources. (s.f.). *Introducción a SIG*. Recuperado el 16 de marzo de 2021, de <https://resources.arcgis.com/en/help/>
- Asurza Véliz, F., Ramos Taípe, C., & Lavado Casimiro, W. (2018). Evaluación de los productos tropical rainfall measuring mission (TRMM) y global precipitación measurement (GPM) en el modelamiento hidrológico de la cuenca del río Huancané. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 53-62. Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2077-99172018000100006&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2077-99172018000100006&lng=es&nrm=iso)
- Baldeon Jara, L. (2016). *Modelamiento hidrológico de la sub cuenca del río Achamayo*. [tesis de maestría, Universidad del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4588?show=full>.
- Borja Suárez, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo, Perú.
- Burgos, V., & Salcedo, A. (2014). *Modelos digitales de elevación: Tendencias, correcciones hidrológicas y nuevas fuentes de información*. Colombia: Instituto Nacional del Agua.
- Cachuán Dávila, J. C. (2017). *Modelo hidrológico para la generación de crecidas máximas empleando el hidrograma unitario instatáneo geomorfológico en la sub cuenca del río Shullcas*. [tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3870>.
- Cahuana Andia, A., & Yugar Morales, W. (2009). *Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de hidrología civ-233*. [tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Simón de Bolivia]. <https://civilmbh.files.wordpress.com/2013/11/hidrology-san-simon.pdf>.
- Campos Aranda. (1998). *Procesos del ciclo hidrológico*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.
- Carrasco Díaz, S. (2005). *Metodología de la investigación científica*. Lima, Perú: Editorial San Marcos.
- Castillo Navarro, L. (2006). *Aplicación de un modelo numérico de flujos de escombros y lodo en una quebrada en el Perú*. [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/15817>.
- Chávarri Velarde, E. (2014). Hidrología. *Clase V: Precipitación*.

- Chávez Segura, J. (2021). *Amenaza geotécnica por deslizamiento en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu en el Distrito de Yanahuanca, Provincia Daniel A. Carrión - Pasco* [manuscrito no publicado]. Ingeniería Civil. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Chetyrina, A. (2017). *Análisis y determinación de las curvas IDF en Navarra*. [tesis de pregrado, Universidad Pública de Navarra de España]. Repositorio Institucional UPNA. <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/25380>.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (2000). *Hidrología aplicada*. Bogotá, Colombia: Editorial McGraw-Hill Interamericana, S.A.
- Coaquira Quispe, Y. (2018). *Análisis comparativo de precipitaciones medias mensuales, utilizando datos de satélite TRMM y estaciones meteorológicas en la cuenca Huancané - Puno*. [tesis de pregrado, Universidad Nacional del Antiplano]. Repositorio Institucional UNAP. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7193>.
- Comité Regional de Defensa Civil. (2009). *Informe de estimación de riesgo de Yanahuanca*. GORE PASCO. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/175505544/Estimacion-de-Riesgo-Yanahuanca>
- Coras Merino, P. (Octubre de 2004). *Lluvias extremas consecutivas y curvas profundidad, duración y frecuencia con fines de drenaje agrícola superficial*. Obtenido de AADA: <http://agro.unc.edu.ar/~clima/AADA/Congresos/MDQ/principal.htm>
- Escusa Arosquipa, F. (2016). *Análisis y modelamiento de flujos de escombros en la zona de Maranura la Convención — Cusco*. [tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7371>.
- Farias, H., Amarilla, M., & Villarroya, J. (2013). Estimación del parámetro hidrológico del Número de Curva NC: Automatización del cálculo mediante S.I.G. y nuevas fuentes de información cartográfica.
- Frankie. (3 de abril de 2013). *Permeabilidad de los suelos*. Obtenido de Estudios Geotécnicos: <http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/permeabilidad-de-los-suelos/>
- Gámez Morales, W. (2009). *Téxto básico de hidrología*. Managua, Nicaragua: Editronic, S.A.
- GEOCENTRO. (s.f.). *Satélite de imágenes SPOT-7*. GEOCENTRO earth imaging. Obtenido de <http://geocento.es/galeria-de-satelites-para-buscar-y-adquirir-imagenes/satelite-imagenes-spot-7/>
- Gerencia Regional de Planeamiento, Presupuesto y Acondicionamiento Territorial. (2015). *Estudio de diagnóstico y zonificación para el tratamiento de la demarcación territorial de la provincia Daniel Alcides Carrión*. GORE PASCO. Obtenido de [http://sdot.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2016/06/daniel\\_carrion.pdf](http://sdot.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2016/06/daniel_carrion.pdf)
- Griem-Klee, S. (2016). *Gravimetría: Determinación de la densidad*. geoVirtual. Obtenido de <https://www.geovirtual2.cl/EXPLORAC/TEXT/06003grav.htm>

- Gutiérrez Calza, C. (2014). *Hidrología básica y aplicada*. Quito, Ecuador: Editorial Universitaria Abya-Ayala.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6° ed.). México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Hernández, A., Guenni, L., & Sansó, B. (2011). Características de la precipitación extrema en algunas localidades de Venezuela. *Interciencia*, 36(3), 185-191.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (s.f.). *Modelación Hidrológica*. Recuperado el 16 de marzo de 2021, de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/modelacion-hidrologica>
- Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica. (2011). *Curvas de Intesidad, Duración y Frecuencia de Algunas Estaciones Meteorológicas Mecánicas*. Obtenido de [http://www.mag.go.cr/informacion/curso\\_agua\\_pluvial/cidf\\_mecanicas.pdf](http://www.mag.go.cr/informacion/curso_agua_pluvial/cidf_mecanicas.pdf)
- Instituto SLF & Instituto WSL. (2017). *RAMMS - Manual de usuario v1.7.0 - Flujo de escombros*. [https://ramms.slf.ch/ramms/downloads/RAMMS\\_DBF\\_Manual.pdf](https://ramms.slf.ch/ramms/downloads/RAMMS_DBF_Manual.pdf).
- INTA. (2018). *Caracterización de cuencas*. Argentina. Obtenido de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/caracterizacion\\_de\\_cuencas\\_0.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/caracterizacion_de_cuencas_0.pdf)
- IRENA. (2016). *Regiones Naturales Provincia Daniel Alcides Carrión*. Wikipedia. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Regiones\\_Naturales\\_Provincia\\_Daniel\\_Alcides\\_Carri%C3%B3n.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Regiones_Naturales_Provincia_Daniel_Alcides_Carri%C3%B3n.jpg)
- Lujano Laura, E. (2013). *Caracterización hidroclimática, modelización hidrológica y eventos extremos en las cuencas de los ríos Coata e Ilave*. Puno: Ministerio del Ambiente.
- Luque Poma, G. (2012). *Evaluación de peligros geológicos en la provincia Daniel A. Carrión*. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Pasco.
- Maldonado, Samaniego, Ramos, & Abril. (01 de Abril de 2020). Curvas de intensidad, duración y frecuencia de la estación meteorológica Puyo. *SciELO Analytics*, 41(1).
- Millán Arancibia, C. (2018). *Modelación del flujo de detritos para el análisis del riesgo en al quebrada los Cóndores, provincia de Lima, Perú*. [tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3733>, erú.
- MINAM. (s.f.). *Aster GDEM*. Obtenido de [http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download\\_raster.aspx](http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx)
- Monsalve Sáenz, G. (1999). *Hidrología en la ingeniería* (2° ed.). Santafé de Bogotá, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Moreno Montes, P. (2012). Zonificación ambiental de la subcuenca Chaupimarca para una gestión sostenible - Región Pasco. *Repositorio UNCP*. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/2624>. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú].
- Muñoz Muñoz, A. (s.f.). *Metodología para evaluar la amenaza de flujos de detritos utilizando un análisis jerárquico de procesos y el software RAMMS, con aplicación en la cuenca del estereo San Alfonso, Región Metropolitana*. [tesis de

- pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio Institucional UChile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/152982>.
- Ocaña Riola, R. (s.f.). *Divestadística*. Recuperado el 15 de marzo de 2021, de [http://www.divestadistica.es/es/que\\_es\\_un\\_modelo\\_estadistico.html](http://www.divestadistica.es/es/que_es_un_modelo_estadistico.html)
- Ordoñez Carlosama, Y., & Gallardo Barrera, C. (s.f.). *Determinación del tiempo de concentración real en cuencas hidrográficas pequeñas para cauces de montaña, en la meseta de Popayán*. Cauca, Colombia.
- Oviedo Mena, M. (2009). *Geología, geodinámica y simulación de flujos FLO 2d en la quebrada de Shapy*. [tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/TE0128.pdf>.
- Pacheco Moya, R. (2012). *Modelación hidrológica con HEC-HMS en cuencas*. [tesis de maestría, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría CUJAE]. <https://www.yumpu.com/es/document/read/14335947/modelacion-hidrologica-con-hec-hms-en-cuencas-montanosas-de-la->.
- Palomino Ramírez, V., & Mauricio Estrada, L. (2019). *Modelamiento hidrológico e hidráulico para un sistema de alerta temprana en la quebrada Cashahuacra, distrito de Santa Eulalia*. [ tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626417>.
- PascoTeVe. (20 de Abril de 2009). Huayco Yanahuanca. Vimeo. Obtenido de <https://vimeo.com/4246930>
- PCE, I. (s.f.). Recuperado el 15 de marzo de 2021, de <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/que-estacion-meteorologica.htm>
- Puelles Maza, J. (2015). *Estudio hidráulico e hidrológico de la Cuenca Alto Perú y el Porvenir en el asentamiento humano Las Mercedes Alto Perú, distrito de la Oroya, provincia de Yauli – Junín para la construcción futura de obras de arte...* [tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/620953>.
- Raimat, C., Riera, E., Graf, C., Fonseca, R., Fañanaz, C., & Hurimann, M. (2013). Experiencia de la aplicación de RAMMS para la modelización de flujo tras la aplicación de las soluciones flexibles en el barranc de Portainé. En *VIII Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables*. Barcelona, España.
- Ramírez Cuasque, L., & Vallejo Gracia, B. (2018). *Influencia de los patrones climáticos globales en la vulnerabilidad del clima durante el periodo 2000-2016 en los páramos del norte de Ecuador*. [tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8144>.
- Roberto. (2019). *El ASTER Global DEM disponible en su última versión*. GIS. Obtenido de <http://www.gisandbeers.com/aster-global-dem-disponible-ultima-version/>
- Sánchez San Ramón, J. (s.f.). *Correlación Lineal y Regresión*. Univ. de Salamanca. Obtenido de [https://hidrologia.usal.es/practicas/correlacion/Correlacion\\_explicacion.pdf](https://hidrologia.usal.es/practicas/correlacion/Correlacion_explicacion.pdf)

- Santuyo Marca, R., & Zambrano Orosco, C. (2019). *Alternativas de Mitigación para el Flujo de Detritos en la Zona de Descarga de la Quebrada Quirio-Chosica-Perú-2019*. [tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional URP. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2610>.
- Soto Laban, J. (2019). *Propuesta de defensa ribereña desde el puente Santuario hasta el puente Namballe, distrito de Namballe, Cajamarca 2019*. [tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/discover>.
- Suárez Díaz, J. (2009). *Deslizamientos: Análisis geotécnico*. Bucaramanga, Colombia. Universidad de Chile - Departamento de Ingeniería Civil - Centro de Recursos Hidráulicos. (1993). *Crecidas súbitas y corrientes de detritos ocurridas el 18 de junio de 1991 en Antofagasta*. Santiago, Chile.
- UNKNOWN. (25 de noviembre de 2010). *Consistencia del suelo - Límites de Atterberg*. Obtenido de Apuntes de geotecnia con énfasis en laderas: [http://geotecnia-sor.blogspot.com/2010/11/consistencia-del-suelo-limites-de\\_2498.html](http://geotecnia-sor.blogspot.com/2010/11/consistencia-del-suelo-limites-de_2498.html)
- Valderrama Mendoza, S. (2015). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: Cuantitativa, cualitativa y mixta* (2° ed.). Lima, Perú: Editorial San Marcos.
- Villegas, P. (09 de Enero de 2017). *Método del Número de Curva del SCS*. Obtenido de Agua y GIS: <https://aguaysig.com/metodo-del-numero-de-curva-del-scs/>
- Villón Béjar, M. (2002). *Hidrología estadística*. Lima, Perú: Ediciones Villón.
- Villón Béjar, M. (2011). *Hidrología* (3° ed.). Lima, Perú: Ediciones Villón.
- WORLD VISION. (2004). MÓDULO I: Conceptos básicos de cuenca. En *Manual de manejo de cuencas*. El Salvador.
- Zegarra Muñante, M. (2023). *Evaluación y análisis del comportamiento de los flujos de escombros en la quebrada Cashahuacra de la subcuenca Santa Eulalia mediante el uso de FLO-2D*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/25792>.

## ANEXOS

- A. Instrumentos de recolección de datos
  - A.1. Estación de Yanahuanca (precipitaciones máximas en 24 h)
  - A.2. Rellenado de datos faltantes de la estación de Yanahuanca
    - A.2.1. Por el método TRMM
    - A.2.2. Por el método U.S Weather Bureau
    - A.2.3. Por el método racional deductivo
  - A.3. Prueba de datos dudosos de la estación de Yanahuanca
  - A.4. Determinación de la ecuación de intensidad de la lluvia en la zona de estudio
  - A.5. Determinación de valores para hietogramas en diferentes periodos de retorno
  - A.6. Data original de los valores de precipitación
  - A.7. Estimación del área de sedimentos producto del huayco ocurrido el 05 de abril del 2009
  - A.8. Estudio de suelos
- B. Panel fotográfico
- C. Planos
  - C.1. Plano de Ubicación
  - C.2. Plano de Modelamiento Digital del Terreno
  - C.3. Plano Topográfico
  - C.4. Plano de Pendientes
  - C.5. Mapa Geomorfológico
  - C.6. Mapa de Cobertura Vegetal
  - C.7. Mapa Geológico
  - C.8. Plano de Ubicación de Calicatas
  - C.9. Plano de Dirección de Flujo
  - C.10. Plano de Uso del Suelo
  - C.11. Plano de Estaciones Pluviométricas Empleadas
- D. Matriz de consistencia

## A. Instrumentos de recolección de datos

### A.1. Estación de Yanahuanca (precipitaciones máximas en 24 h)

Los datos de la estación pluviométrica de Yanahuanca en el parámetro de precipitaciones máximas en 24 horas (mm), fue proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, SENAMHI. La estación empleada para el estudio se ubica en el departamento de Pasco, provincia Daniel A. Carrión, en el distrito de Yanahuanca.

**Tabla A 1. Estación Pluviométrica de Yanahuanca**

ESTACIÓN	YANAHUANCA / 000475 / DZ11				LATITUD:		10° 29' 22.57" S		DEPARTAMENTO:		PASCO	
PROPIETARIO:	SENAMHI				LONGITUD:		76° 30' 46.26" W		PROVINCIA:		DANIEL ALCIDES CARRIÓN	
PARÁMETRO:	PRECIPITACIÓN MÁX. EN 24 H (mm)				ALTITUD:		3150 msnm.		DISTRITO:		YANAHUANCA	
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1980	11.6	10.8	S/D	13.2	0	0	4	3.4	7.3	37.4	23.5	18.5
1981	15.6	21.4	38.1	4.8	0	0	0	28.5	16.7	18	21.9	24.5
1982	18.4	18	15.2	S/D	8	S/D	4	11	11	14.2	19.6	17.5
1983	19.9	21.2	21.2	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1984	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1985	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1986	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1987	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	4.7	9.4	18.6	24	30	23	20
1988	25.8	18	12.7	18	11	0	0	3	11	12	4	5
1989	5	8	14.5	0	2	4.5	0.4	11	11	16.7	15.4	11
1990	0	S/D	21.7	11.4	12.7	20.4	5	4	13.9	15	31.1	30.9
1991	8.3	S/D	20.8	12	16.3	10	0	0.9	11.4	14.8	15.2	22.2
1992	15.5	5.8	15.6	4.6	0	7.3	8.4	15.3	6.7	17.2	20.4	13.2
1993	18.8	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1994	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1995	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1996	S/D	S/D	17.5	21	13	0	0	4.1	20.4	14.2	12.7	8.7
1997	22	21	13.4	12	10	0	1	3	8.8	7	15	18
1998	19.4	37.7	18.8	20	5.4	7.2	0	0.3	7	15	10.8	14.5
1999	14	23	32	13	5.7	4.2	4.5	11	14	15	15	30
2000	18	13.8	18.6	10	4.3	4	4.6	0	3	7	14	19.2
2001	15.7	11.2	16	18.2	10	6.6	13	12.5	5.7	9.4	20	28.3
2002	10.1	15.2	14.2	18.2	9.7	2.1	10.6	7.3	14.5	14.7	15.9	18
2003	17.3	23.2	19.2	14.6	18.8	4.4	0	7.5	7.5	16.3	54.8	22.9
2004	6.9	22.1	10.6	7.3	17	11.1	7.6	6.5	23.4	20.9	20	22.7
2005	15.4	15.7	12.7	10.3	24.8	0	7	5	15.1	22.5	30.7	12.4
2006	16.8	14	16.8	18.7	6.6	3.9	0.5	4.9	11.2	17.1	15.4	22.5
2007	17.8	10.2	19	12.5	9.3	0.7	23.3	8	5	35.3	21.5	15.6
2008	12	23.3	12.8	14.5	10	7.5	0	3.8	13.2	15.9	15.1	13.7
2009	20	17.6	27	31.5	13.4	2.3	15.7	8.3	6	15	30	18
2010	21	20	12.9	9.9	2.8	5.8	0	0	5.2	12	31.3	25.5
2011	21.2	21.8	25.5	21.5	3.2	0	5.1	2.2	4	11	17.1	28
2012	13.7	17.2	11.9	17.1	4.2	15.8	5.8	2.2	18.2	13	23.4	33
2013	17.8	19.2	19	10.3	4.7	4.1	4.1	7.1	4.1	13	15.2	12
2014	14.8	17.9	17.8	10.6	10.1	5.9	7.8	4.3	12	12	15.8	20.7
2015	23.6	S/D	S/D	S/D	19.6	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2016	S/D	S/D	S/D	S/D	2.8	4.2	10.2	7.8	10.5	12.1	7.1	19.2
2017	23.3	17.2	30	16.1	10.8	S/D	6.1	5.6	22.7	11.8	15.4	20
2018	27.7	29	22.6	32.6	12.7	11.3	4.8	S/D	S/D	S/D	14.5	S/D
Pprom.	16.4	18.3	18.9	14.4	9.0	5.1	5.3	6.9	11.5	16.2	19.5	19.5

Fuente: Elaboración propia con base en datos de SENAMHI

Nota: El registro que proporciona SENAMHI de la estación de Yanahuanca para los años de 1980 al 2018, presenta muchos datos faltantes, por lo que debe de completarse la información.



## A.2. Rellenado de datos faltantes de la estación de Yanahuanca

La estación meteorológica de Yanahuanca presenta datos faltantes de los años: 1980, 1982-1987, 1990-1991, 1993-1996 y del 2015-2018. Para completar estos datos de precipitación, se emplearon tres métodos que se detalla a continuación:

### A.2.1. Método de regresión lineal con datos TRMM

Los datos completados mediante el método de regresión lineal fueron del 2016 al 2018, ya que el satélite TRMM sólo cuenta con datos a partir del año 1998. Además, no se ha optado completar los datos del año 2015 mediante este método, ya que la estación sólo cuenta con el registro de dos meses.

En la tabla A.2, se muestra el registro de precipitación máximas en 24 horas para los años 2016 al 2018 tomados por el satélite TRMM. En base a los datos de la estación y los datos del satélite, se completaron los datos faltantes, ente análisis se puede observar en las tablas A.3, A.4 y A.5, y figuras A.1, A.2 y A.3.

Tabla A 2. Datos de Precipitación por el Satélite TRMM en la Zona de Estudio

PROPIETARIOS:		NASA		SATÉLITE:		TRMM			REGIÓN:		PASCO	
		JAXA		PRODUCTO:		3B42 V7 DIARIO			PROVINCIA:		DANIEL A. CARRIÓN	
PARÁMETRO:		PRECIPITACIÓN MÁX. EN 24 H (mm)							DISTRITO:		YANAHUANCA	
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEM.	OCTU.	NOVIEM.	DICIEM.
2016	20.4	23.3	36.6	10.8	1.2	2.6	3	4.8	6.6	5.3	13.4	11.3
2017	31.1	17.2	66.9	10.7	28	16.1	3	3.3	9	18.8	6.6	29.4
2018	26.8	41.8	38.4	26.8	7.7	4.7	3.9	27.3	3.5	16.2	7.1	8.8

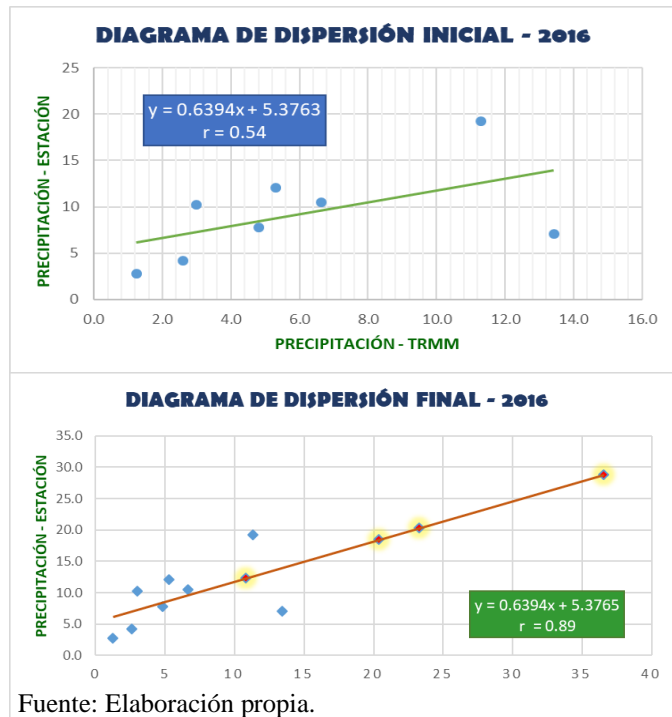
Fuente: Elaboración propia con base en datos de GIOVANNI

Tabla A 3. Rellenado de Datos de la E. Yanahuanca - 2016

AÑO: 2016		
N°	TRMM	ESTACIÓN
	x	y
1	20.4	18.4
2	23.3	20.3
3	36.6	28.8
4	10.8	12.3
5	1.2	2.8
6	2.6	4.2
7	3	10.2
8	4.8	7.8
9	6.6	10.5
10	5.3	12.1
11	13.4	7.1
12	11.3	19.2

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 1. Diagrama de Dispersión Inicial y Final - 2016



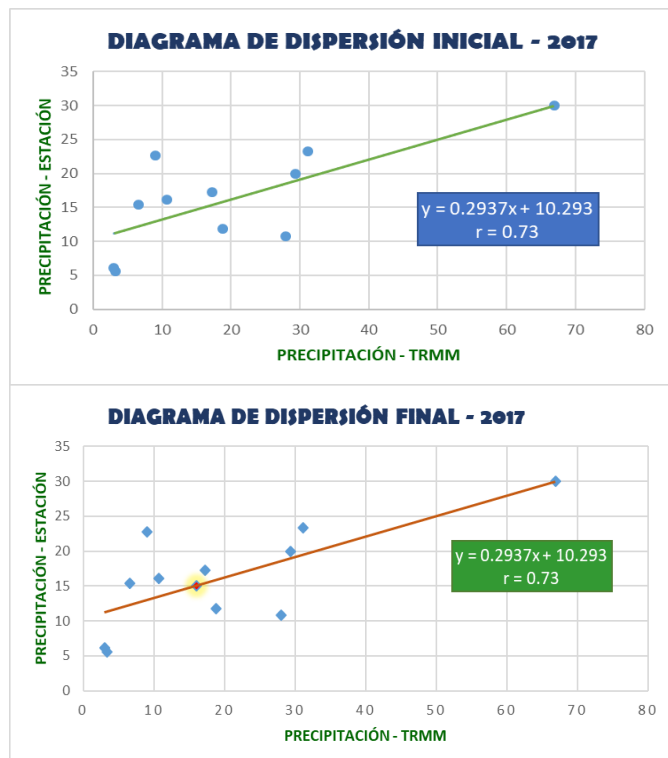
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 4. Rellenado de Datos de la E. Yanahuanca - 2017

AÑO: 2017		
N°	TRMM	ESTACIÓN
	x	y
1	31.1	23.3
2	17.2	17.2
3	66.9	30
4	10.7	16.1
5	28	10.8
6	16.1	15.0
7	3	6.1
8	3.3	5.6
9	9	22.7
10	18.8	11.8
11	6.6	15.4
12	29.4	20

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 2. Diagrama de Dispersión Inicial y Final - 2017



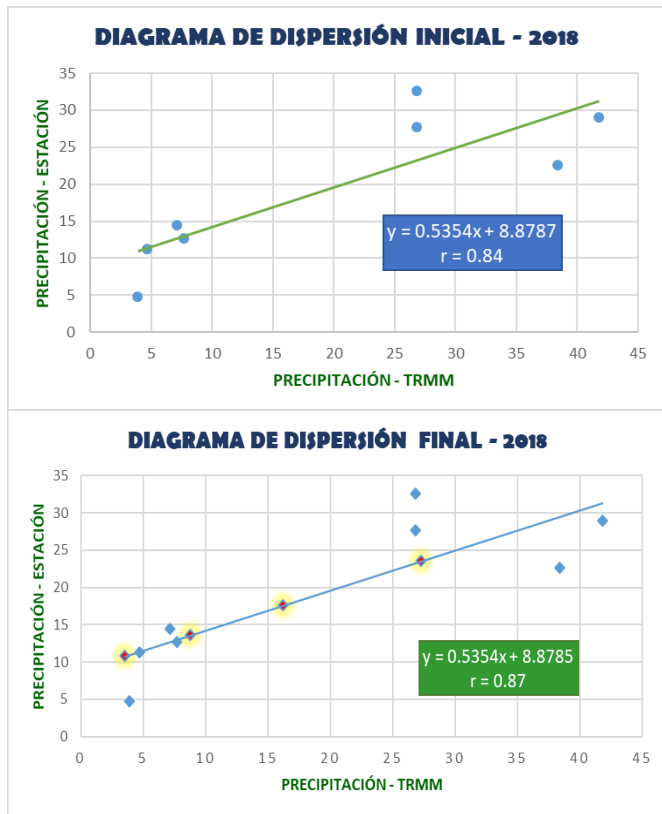
Fuente: Elaboración propia.

Figura A 3. Diagrama de Dispersión Inicial y Final - 2018

Tabla A 5. Rellenado de Datos de la E. Yanahuanca - 2018

AÑO: 2018		
Nº	TRMM x	ESTACIÓN y
1	26.8	27.7
2	41.8	29
3	38.4	22.6
4	26.8	32.6
5	7.7	12.7
6	4.7	11.3
7	3.9	4.8
8	27.3	<b>23.5</b>
9	3.5	<b>10.8</b>
10	16.2	<b>17.6</b>
11	7.1	14.5
12	8.8	<b>13.6</b>

Fuente: Elaboración propia.

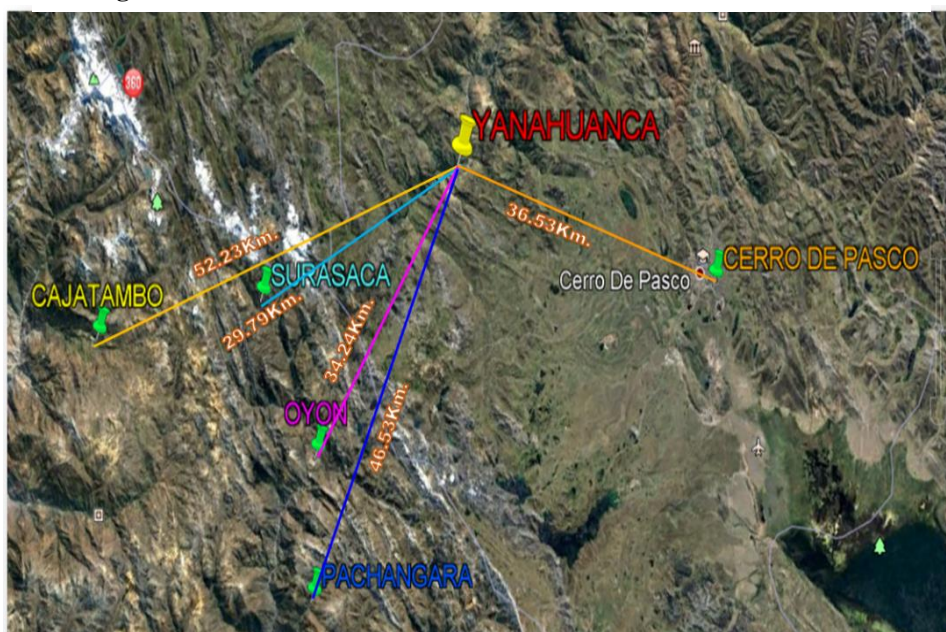


Fuente: Elaboración propia.

### A.2.2. Método U.S Weather Bureau

Los datos completados mediante el método U.S Weather Bureau fueron de los años de 1984-1986 y 1993-1995, ya que cuentan con uno o ningún dato mensual. Este método nos permite estimar datos faltantes en base a la información de estaciones circundantes a la estación base (Estación de Yanahuanca). Para la investigación se empleó cinco estaciones (ver figura A.4. y anexo D.9.):

**Figura A 4. Estaciones Pluviométricas Circundantes a Estación Base**



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A 6. Datos de Precipitación por la Estación Cerro de Pasco**

ESTACIÓN		CERRO DE PASCO		LATITUD:		10° 41' 37" S		REGIÓN:		PASCO		
PROPIETARIO:		SENAMHI		LONGITUD:		76° 15' 1" W		PROVINCIA:		PASCO		
PARÁMETRO:		PRECIPITACIÓN MÁX. EN 24 H (mm)		ALTITUD:		4260 msnm.		DISTRITO:		CHAUPIMARCA		
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEM.	OCTU.	NOVIEM.	DICIEM.
1984	30	30	22	20	12	24	8	12	14	14	21	16
1985	18	16	30	16.6	10	16	17	12	16.6	4	18	16
1986	22	18	20	14	14	12	5	38	44	22	24	24
1993	25.3	17.1	18.6	18.5	16	1	8.5	16.6	13	36	26.3	21.5
1994	28.6	19	21	24.4	13	12.3	15	15.1	12.3	18.5	20.4	16.5
1995	11.4	25.1	22.8	15.3	12.2	3.1	2.9	0.3	9.4	13	18.4	16.1

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la plataforma SNIRH de la Autoridad Nacional del Agua

**Tabla A 7. Datos de Precipitación por la Estación Oyon**

ESTACIÓN		OYON		LATITUD:		10° 40' 3.69" S		REGIÓN:		LIMA		
PROPIETARIO:		SENAMHI		LONGITUD:		76° 46' 7.33" W		PROVINCIA:		LIMA		
PARÁMETRO:		PRECIPITACIÓN MÁX. EN 24 H (mm)		ALTITUD:		3667 msnm.		DISTRITO:		OYON		
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEM.	OCTU.	NOVIEM.	DICIEM.
1993	17.3	10.9	14	13.7	0.8	0	0	0	5.4	8.3	11.6	15.1
1994	15.3	13.2	16	12	7.3	1.7	1.9	0.4	12	7.1	15.1	7.2
1995	18.5	8.2	19.8	15.6	3.4	5.1	1.2	4.4	3.8	8.3	11.7	22.1

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la plataforma SNIRH de la Autoridad Nacional del Agua

**Tabla A 8. Datos de Precipitación por la Estación Cajatambo**

ESTACIÓN		CAJATAMBO			LATITUD:		10° 28' 40.38" S		REGIÓN:		LIMA	
PROPIETARIO:		SENAMHI			LONGITUD:		76° 59' 22.97" W		PROVINCIA:		CAJATAMBO	
PARÁMETRO:		PRECIPITACIÓN MÁX. EN 24 H (mm)			ALTITUD:		3432 msnm.		DISTRITO:		CAJATAMBO	
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEM	OCTU.	NOVIEM	DICIEM
1986	1	0	10	12	0	0	0	0	0	0	4	13
1994	34	20.9	30	15.5	1.7	0	0	0.5	5	4	6	13.5
1995	28.9	15.5	19.2	9.8	1.3	0	0	0	1.8	3.4	8.8	20.3

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la plataforma SNIRH de la Autoridad Nacional del Agua

**Tabla A 9. Datos de Precipitación por la Estación Pachangara**

ESTACIÓN		PACHANGARA			LATITUD:		10° 47' 1" S		REGIÓN:		LIMA	
PROPIETARIO:		SENAMHI			LONGITUD:		76° 49' 1" W		PROVINCIA:		OYON	
PARÁMETRO:		PRECIPITACIÓN MÁX. EN 24 H (mm)			ALTITUD:		3600 msnm.		DISTRITO:		PACHANGARA	
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEM.	OCTU.	NOVIEM.	DICIEM.
1985	9	7.8	8	8	0	0	0	0	0	9.5	9.5	7
1986	8	11.6	9	9	0	0	0	0	0	3.5	5.9	9.8

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la plataforma SNIRH de la Autoridad Nacional del Agua

**Tabla A 10. Rellenado de Datos de la E. Yanahuanca - 1984**

DATOS PARA EL AÑO 1984				
MES	ESTACIONES			
	YANAHUANCA	C. DE PASCO	SURASACA	
ENERO	19.9	30	13.2	
FEBRERO	27.1	30	25.1	
MARZO	18.2	22	15.7	
ABRIL	13.1	20	8.5	
MAYO	10.7	12	9.9	
JUNIO	14.6	24	8.4	
JULIO	3.2	8	0	
AGOSTO	9.3	12	7.5	
SETIEMBRE	11.0	14	9	
OCTUBRE	11.1	14	9.2	
NOVIEMBRE	19.7	21	18.8	
DICIEMBRE	19.2	16	21.4	
D (Km)		36.53	29.79	$\Sigma W_i$
$W = 1/D^2$		0.000749	0.001126	0.00188

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 11. Rellenado de Datos de la E. Yanahuanca - 1985

DATOS PARA EL AÑO 1985					
MES	ESTACIONES				
	YANAHUANCA	C. DE PASCO	SURASACA	PACHANGARA	
ENERO	14.8	18	15.1	9	
FEBRERO	13.5	16	14.2	7.8	
MARZO	15.5	30	9	8	
ABRIL	11.6	16.6	9.7	8	
MAYO	7.6	10	9.1	0	
JUNIO	8.7	16	7.5	0	
JULIO	5.6	17	0.4	0	
AGOSTO	5.1	12	2.5	0	
SETIEMBRE	10.4	16.6	10.5	0	
OCTUBRE	5.7	4	5.3	9.5	
NOVIEMBRE	16.3	18	18	9.5	
DICIEMBRE	13.6	16	14.8	7	
D (Km)		36.53	29.79	46.53	$\Sigma W_i$
		0.000749	0.001126	0.000462	0.00234

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 12. Rellenado de Datos de la E. Yanahuanca - 1986

DATOS PARA EL AÑO 1986					
MES	ESTACIONES				
	YANAHUANCA	C. DE PASCO	CAJATAMBO	PACHANGARA	
ENERO	13.0	22	1	8	
FEBRERO	11.9	18	0	11.6	
MARZO	14.5	20	10	9	
ABRIL	12.1	14	12	9	
MAYO	6.6	14	0	0	
JUNIO	5.7	12	0	0	
JULIO	2.4	5	0	0	
AGOSTO	18.0	38	0	0	
SETIEMBRE	20.9	44	0	0	
OCTUBRE	11.5	22	0	3.5	
NOVIEMBRE	14.1	24	4	5.9	
DICIEMBRE	17.3	24	13	9.8	
D (Km)		36.53	52.23	46.53	$\Sigma W_i$
		0.000749	0.000367	0.000462	0.00158

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 13. Rellenado de Datos de la E. Yanahuanca - 1993

DATOS PARA EL AÑO 1993				
MES	ESTACIONES			
	YANAHUANCA	C. DE PASCO	OYON	
ENERO	18.8	25.3	17.3	
FEBRERO	13.8	17.1	10.9	
MARZO	16.2	18.6	14	
ABRIL	15.9	18.5	13.7	
MAYO	7.9	16	0.8	
JUNIO	0.5	1	0	
JULIO	4.0	8.5	0	
AGOSTO	7.8	16.6	0	
SETIEMBRE	9.0	13	5.4	
OCTUBRE	21.3	36	8.3	
NOVIEMBRE	18.5	26.3	11.6	
DICIEMBRE	18.1	21.5	15.1	
D (Km)		36.53	34.24	$\sum W_i$
		0.000749	0.000853	0.00160

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 14. Rellenado de Datos de la E. Yanahuanca - 1994

DATOS PARA EL AÑO 1994					
MES	ESTACIONES				
	YANAHUANCA	C. DE PASCO	OYON	CAJATAMBO	
ENERO	23.8	28.6	15.3	34	
FEBRERO	16.8	19	13.2	20.9	
MARZO	20.5	21	16	30	
ABRIL	17.4	24.4	12	15.5	
MAYO	8.4	13	7.3	1.7	
JUNIO	5.4	12.3	1.7	0	
JULIO	6.5	15	1.9	0	
AGOSTO	6.0	15.1	0.4	0.5	
SETIEMBRE	10.8	12.3	12	5	
OCTUBRE	10.9	18.5	7.1	4	
NOVIEMBRE	15.4	20.4	15.1	6	
DICIEMBRE	11.9	16.5	7.2	13.5	
D (Km)		36.53	34.24	52.23	$\sum W_i$
		0.000749	0.000853	0.000367	0.00197

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A 15. Rellenado de Datos de la E. Yanahuanca - 1995**

<b>DATOS PARA EL AÑO 1995</b>					
<b>MES</b>	<b>ESTACIONES</b>				
	<b>YANAHUANCA</b>	<b>C. DE PASCO</b>	<b>OYON</b>	<b>CAJATAMBO</b>	
<b>ENERO</b>	<b>17.7</b>	11.4	18.5	28.9	
<b>FEBRERO</b>	<b>16.0</b>	25.1	8.2	15.5	
<b>MARZO</b>	<b>20.8</b>	22.8	19.8	19.2	
<b>ABRIL</b>	<b>14.4</b>	15.3	15.6	9.8	
<b>MAYO</b>	<b>6.4</b>	12.2	3.4	1.3	
<b>JUNIO</b>	<b>3.4</b>	3.1	5.1	0	
<b>JULIO</b>	<b>1.6</b>	2.9	1.2	0	
<b>AGOSTO</b>	<b>2.0</b>	0.3	4.4	0	
<b>SETIEMBRE</b>	<b>5.6</b>	9.4	3.8	1.8	
<b>OCTUBRE</b>	<b>9.2</b>	13	8.3	3.4	
<b>NOVIEMBRE</b>	<b>13.7</b>	18.4	11.7	8.8	
<b>DICIEMBRE</b>	<b>19.5</b>	16.1	22.1	20.3	
<b>D (Km)</b>		<b>36.53</b>	<b>34.24</b>	<b>52.23</b>	<b><math>\Sigma W_i</math></b>
		<b>0.000749</b>	<b>0.000853</b>	<b>0.000367</b>	<b>0.00197</b>

Fuente: Elaboración propia.

### **A.2.3. Método racional deductivo**

El resto de datos faltantes de la estación meteorológicas, las cuales corresponden a los años de 1980, 1982, 1983, 1987, 1990, 1991, 1996, y 2015 fueron completados mediante el método racional deductivo, ya que no se cuentan con estaciones circundantes que cuenten con información de los años requeridos. Este método se aplica en registros anuales que tengan como datos faltantes como máximo once meses, en la investigación se empleó el método en años con diez datos faltantes. A continuación, se muestra la tabla A.16 con los datos rellenado mediante este método:





### A.3. Prueba de datos dudosos de la estación de Yanahuanca

Luego de completar los datos faltantes de la estación, se selecciona los valores máximos anuales en 24 horas, y de este registro se realiza la prueba de datos dudosos, como se muestra en la tabla A.17:

Tabla A 17. Prueba de Datos Dudosos

PRUEBA DE DATO DUDOSOS - MÉTODOD WATER RESOURCES COUNCIL			
PRECIPITACION MÁXIMA 24 HORAS			
Nº	Año	P24hr	Log(P24hr)
1	1980	37.4	1.573
2	1981	38.1	1.581
3	1982	19.6	1.292
4	1983	21.5	1.332
5	1984	27.1	1.432
6	1985	16.3	1.213
7	1986	20.9	1.320
8	1987	30.5	1.485
9	1988	25.8	1.412
10	1989	16.7	1.223
11	1990	31.1	1.493
12	1991	22.2	1.346
13	1992	20.4	1.310
14	1993	21.3	1.327
15	1994	23.8	1.377
16	1995	20.8	1.319
17	1996	21.0	1.322
18	1997	22.0	1.342
19	1998	37.7	1.576
20	1999	32.0	1.505
21	2000	19.2	1.283
22	2001	28.3	1.452
23	2002	18.2	1.260
24	2003	54.8	1.739
25	2004	23.4	1.369
26	2005	30.7	1.487
27	2006	22.5	1.352
28	2007	35.3	1.548
29	2008	23.3	1.367
30	2009	31.5	1.498
31	2010	31.3	1.496
32	2011	28.0	1.447
33	2012	33.0	1.519
34	2013	19.2	1.283
35	2014	20.7	1.316
36	2015	32.0	1.505
37	2016	28.9	1.460
38	2017	30.0	1.477
39	2018	32.6	1.513

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	39	39
Sumatoria	1049.06	55.15
Valor Máximo	54.8	1.739
Valor Mínimo	16.3	1.213
Media	26.8991	1.4142
Varianza	58.9481	0.0134
Desviación Estándar	7.6778	0.1158
Coefficiente Variación	0.2854	0.0819
Coefficiente de Sesgo	1.2924	0.4256
Coefficiente de Curtosis	6.1201	3.1874

DATOS DETERMINADOS  
POR HIDROESTA 2

<p>n= 39.00 Kn= 2.67 Kn: Valor recomendado, varia según el valor de n (significancia:10%)</p>
---

→ Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad Logaritmicas)

$$y_H = \bar{y} + k_n \cdot s \quad xH= 1.72$$

**Precipitación máxima aceptaba:**

$$PH = 10^{xH} \quad PH= 52.89 \text{ mm}$$
  

EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA
En el presente proyecto se está analizando lluvias extremas o máximas, por lo cual el dato dudoso del registro, <b>54.8 mm</b> , será considerado en el estudio.

→ Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad Logaritmicas)

$$y_L = \bar{y} - k_n \cdot s \quad xL= 1.11$$

**Precipitación mínima aceptaba:**

$$PL = 10^{xL} \quad PL= 12.74 \text{ mm}$$
  

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA
---

Fuente: Elaboración propia

#### A.4. Determinación de la ecuación de intensidad de la lluvia en la zona de estudio

Para determinar la ecuación de intensidad máxima de la lluvia en la zona de estudio, se procedió en primer lugar, a multiplicar la precipitación máxima en 24 hora con los cocientes recomendados por Campos en 1998 en su libro procesos del ciclo hidrológico. En la tabla A.18 se muestra los resultados para cada T.

**Tabla A 18. Precipitación Máxima Promedio en Diferentes Tiempos de Duración**

TIEMPO DE DURACIÓN	COCIENTE	PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS		
		36.64 mm	52.90 mm	68.54 mm
		P.M.P. (mm) PARA DIFERENTES TIEMPOS DE DURACIÓN SEGÚN PERIODO DE RETORNO		
		T = 5 años	T = 50 años	T = 500 años
24 hr	X24	36.6414	52.8953	68.5400
18 hr	X18 = 91%	33.3437	48.1347	62.3714
12 hr	X12 = 80%	29.3131	42.3162	54.8320
8 hr	X8 = 68%	24.9161	35.9688	46.6072
6 hr	X6 = 61%	22.3512	32.2661	41.8094
5 hr	X5 = 57%	20.8856	30.1503	39.0678
4 hr	X4 = 52%	19.0535	27.5056	35.6408
3 hr	X3 = 46%	16.8550	24.3318	31.5284
2 hr	X2 = 39%	14.2901	20.6292	26.7306
1 hr	X1 = 30%	10.9924	15.8686	20.5620

Fuente: Elaboración propia

Con los valores obtenidos en la Tabla A.18 se estimaron las intensidades, relacionándola con el tiempo de duración en horas. En la Tabla A.19 se muestra los resultados para cada periodo de retorno.

**Tabla A 19. Intensidad de Lluvia en Diferentes Tiempos de Duración**

TIEMPO DE DURACIÓN		INTENSIDADES DE LLUVIA (mm/hr) SEGÚN PERIODO DE RETORNO		
HORAS	MINUTOS	T = 5 años	T = 50 años	T = 500 años
24 hr	1440	1.5267	2.2040	2.8558
18 hr	1080	1.8524	2.6742	3.4651
12 hr	720	2.4428	3.5264	4.5693
8 hr	480	3.1145	4.4961	5.8259
6 hr	360	3.7252	5.3777	6.9682
5 hr	300	4.1771	6.0301	7.8136
4 hr	240	4.7634	6.8764	8.9102
3 hr	180	5.6183	8.1106	10.5095
2 hr	120	7.1451	10.3146	13.3653
1 hr	60	10.9924	15.8686	20.5620

Fuente: Elaboración propia

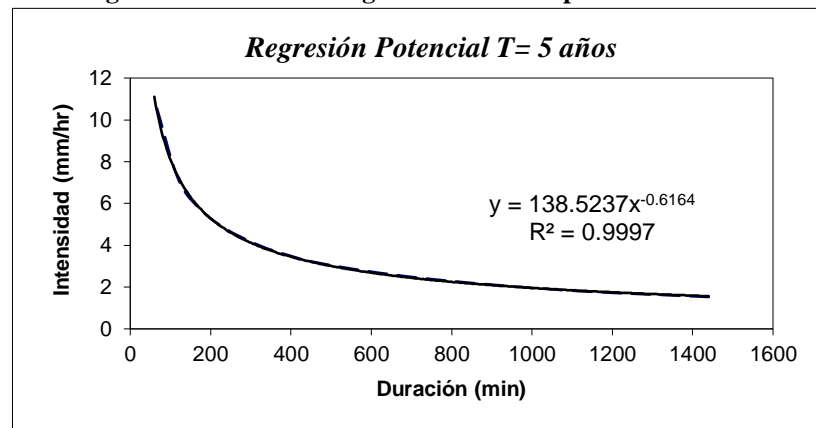
Con los valores de las Tablas 18 y 19 se aplica una regresión potencial, lo cual se muestra en las Tablas A.20, A.21, A.22, A.23 y A.24, y Figuras A.5, A.6, A.7 y A.8.

**Tabla A 20. Regresión Potencia para un Periodo de Retorno de 5 años**

Periodo de retorno para T = 5 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	1.5267	7.2724	0.4231	3.0771	52.8878
2	1080	1.8524	6.9847	0.6165	4.3060	48.7863
3	720	2.4428	6.5793	0.8931	5.8761	43.2865
4	480	3.1145	6.1738	1.1361	7.0139	38.1156
5	360	3.7252	5.8861	1.3151	7.7409	34.6462
6	300	4.1771	5.7038	1.4296	8.1542	32.5331
7	240	4.7634	5.4806	1.5610	8.5550	30.0374
8	180	5.6183	5.1930	1.7260	8.9632	26.9668
9	120	7.1451	4.7875	1.9664	9.4142	22.9201
10	60	10.9924	4.0943	2.3972	9.8150	16.7637
<b>10</b>	<b>4980</b>	<b>45.3580</b>	<b>58.1555</b>	<b>13.4642</b>	<b>72.9159</b>	<b>346.9435</b>
<b>Ln (d) =</b>	<b>4.9310</b>		<b>d =</b>	<b>138.5237</b>	<b>n =</b>	<b>-0.6164</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura A 5. Curva de Regresión Potencial para un T=5 años**



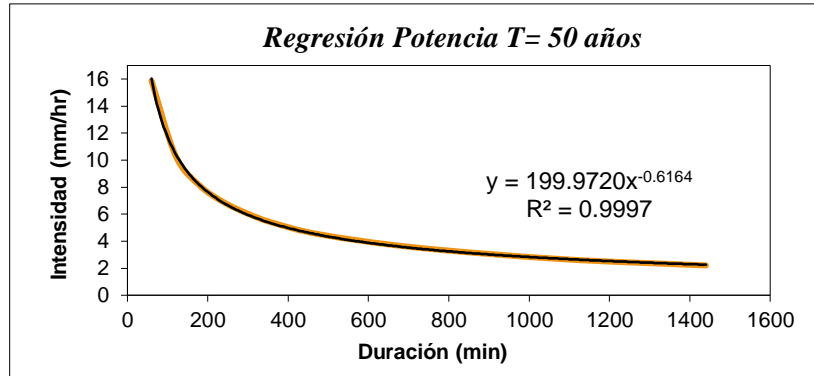
Fuente: Elaboración propia

**Tabla A 21. Regresión Potencia para un Periodo de Retorno de 50 años**

Periodo de retorno para T = 50 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	2.2040	7.2724	0.7903	5.7471	52.8878
2	1080	2.6742	6.9847	0.9836	6.8704	48.7863
3	720	3.5264	6.5793	1.2603	8.2916	43.2865
4	480	4.4961	6.1738	1.5032	9.2805	38.1156
5	360	5.3777	5.8861	1.6823	9.9019	34.6462
6	300	6.0301	5.7038	1.7968	10.2483	32.5331
7	240	6.8764	5.4806	1.9281	10.5672	30.0374
8	180	8.1106	5.1930	2.0932	10.8698	26.9668
9	120	10.3146	4.7875	2.3336	11.1719	22.9201
10	60	15.8686	4.0943	2.7643	11.3182	16.7637
<b>10</b>	<b>4980</b>	<b>65.4785</b>	<b>58.1555</b>	<b>17.1356</b>	<b>94.2668</b>	<b>346.9435</b>
<b>Ln (d) =</b>	<b>5.2982</b>		<b>d =</b>	<b>199.9720</b>	<b>n =</b>	<b>-0.6164</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura A 6. Curva de Regresión Potencial para un T=50 años**



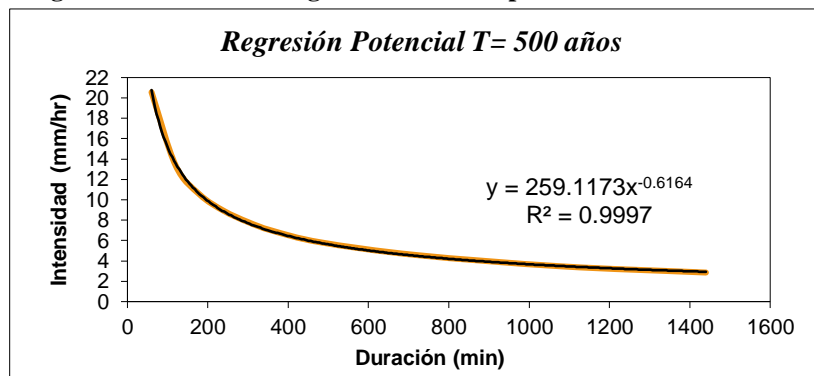
Fuente: Elaboración propia

**Tabla A 22. Regresión Potencia para un Periodo de Retorno de 500 años**

Periodo de retorno para T = 500 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	2.8558	7.2724	1.0494	7.6314	52.8878
2	1080	3.4651	6.9847	1.2427	8.6802	48.7863
3	720	4.5693	6.5793	1.5194	9.9963	43.2865
4	480	5.8259	6.1738	1.7623	10.8801	38.1156
5	360	6.9682	5.8861	1.9414	11.4271	34.6462
6	300	7.8136	5.7038	2.0559	11.7262	32.5331
7	240	8.9102	5.4806	2.1872	11.9872	30.0374
8	180	10.5095	5.1930	2.3523	12.2153	26.9668
9	120	13.3653	4.7875	2.5927	12.4123	22.9201
10	60	20.5620	4.0943	3.0234	12.3790	16.7637
<b>10</b>	<b>4980</b>	<b>84.8450</b>	<b>58.1555</b>	<b>19.7266</b>	<b>109.3351</b>	<b>346.9435</b>
<b>Ln (d) =</b>	<b>5.5573</b>		<b>d =</b>	<b>259.1173</b>	<b>n =</b>	<b>-0.6164</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura A 7. Curva de Regresión Potencial para un T=500 años**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla A 23. Resumen de Aplicación de Regresión Potencial**

Resumen de Aplicación de Regresión Potencial		
Periodo de Retorno (años)	Término cte. De regresión (d)	Coefficiente de regresión [n]
<b>5</b>	138.52366143048	-0.61638608809
<b>50</b>	199.97201602296	-0.61638608809
<b>500</b>	259.11733891628	-0.61638608809
<b>Promedio =</b>	<b>199.20433878991</b>	<b>-0.61638608809</b>

Fuente: Elaboración propia

En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación:

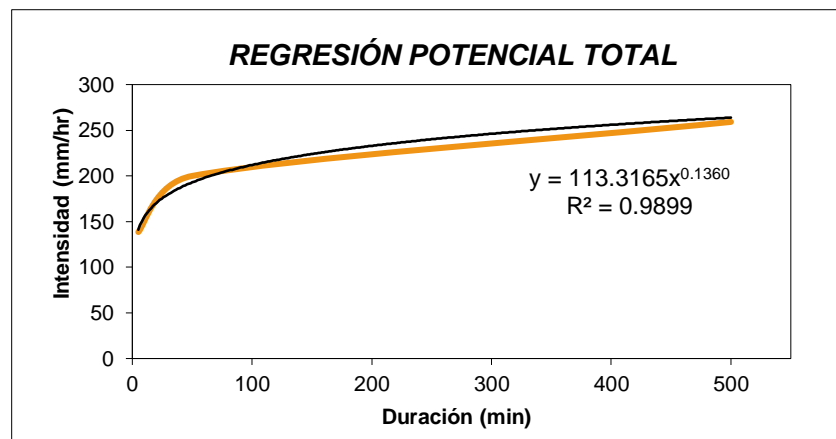
$$d = K \cdot T^m$$

**Tabla A 24. Regresión Potencial Total**

REGRESIÓN POTENCIAL							
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2	
1	5	138.5237	1.6094	4.9310	7.9362	2.5903	
2	50	199.9720	3.9120	5.2982	20.7266	15.3039	
3	500	259.1173	6.2146	5.5573	34.5363	38.6214	
3	555	597.6130	11.7361	15.7865	63.1991	56.5156	
<i>Ln (K) =</i>		4.7302	<i>K =</i>		113.3165	<i>m</i>	
					0.1360		

Fuente: Elaboración propia

**Figura A 8. Curva de Regresión Potencial Total**



Fuente: Elaboración propia

En conclusión, las constantes K y m son:

<b>Término constante de regresión (K)</b>	<b>113.3165</b>
<b>Coef. de regresión (m)</b>	<b>0.135986</b>

Finalmente se tiene la ecuación de intensidad válida para la cuenca:

$$I_{m\acute{a}x.} = \frac{113.3165 * T^{0.135986}}{t^{0.61639}}$$

Donde:

I = intensidad máxima de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

### A.5. Determinación de valores para hietogramas en diferentes periodos de retorno

Con la ecuación de la intensidad máxima determinada para la zona de estudio, se procedió a realizar los cálculos correspondientes para conseguir los valores necesarios que nos permitan obtener los hietogramas de diseño en diferentes periodos de retorno, estos datos son necesarios para la estimación del caudal pico en el software HEC-HMS, En las Tablas A18, A19, A20 Y A21 se muestra los resultados:

**Tabla A 25. Valores del Hietograma de Diseño para T=4.36 años (Evento de Referencia)**

VALORES DEL HIETOGRAMA PARA T = 4.36 AÑOS (EVENTO DE REFERENCIA)						
DURACIÓN (hr)	DURACIÓN (min)	INTENSIDAD (mm/hr)	PROFUNDIDAD ACUMULADA (mm)	PROFUNDIDAD INCREMENTAL (mm)	TIEMPO (hr)	PRECIPITACIÓN (mm)
1	60	11.098	11.098	11.098	0-1	0.625
2	120	7.239	14.478	3.380	1-2	0.662
3	180	5.638	16.914	2.437	2-3	0.705
4	240	4.722	18.888	1.974	3-4	0.756
5	300	4.115	20.576	1.688	4-5	0.819
6	360	3.678	22.067	1.491	5-6	0.898
7	420	3.344	23.411	1.344	6-7	1.000
8	480	3.080	24.641	1.230	7-8	1.139
9	540	2.864	25.780	1.139	8-9	1.344
10	600	2.684	26.844	1.063	9-10	1.688
11	660	2.531	27.843	1.000	10-11	2.437
12	720	2.399	28.788	0.945	11-12	11.098
13	780	2.284	29.686	0.898	12-13	3.380
14	840	2.182	30.542	0.856	13-14	1.974
15	900	2.091	31.361	0.819	14-15	1.491
16	960	2.009	32.147	0.786	15-16	1.230
17	1020	1.936	32.904	0.756	16-17	1.063
18	1080	1.869	33.633	0.729	17-18	0.945
19	1140	1.807	34.338	0.705	18-19	0.856
20	1200	1.751	35.020	0.682	19-20	0.786
21	1260	1.699	35.682	0.662	20-21	0.729
22	1320	1.651	36.324	0.642	21-22	0.682
23	1380	1.606	36.949	0.625	22-23	0.642
24	1440	1.565	37.557	0.608	23-24	0.608

Fuente: Elaboración propia

**Tabla A 26. Valores del Hietograma de Diseño para T=5 años**

VALORES DEL HIETOGRAMA PARA T = 5 AÑOS						
DURACIÓN (hr)	DURACIÓN (min)	INTENSIDAD (mm/hr)	PROFUNDIDAD ACUMULADA (mm)	PROFUNDIDAD INCREMENTAL (mm)	TIEMPO (hr)	PRECIPITACIÓN (mm)
1	60	11.306	11.306	11.306	0-1	0.636
2	120	7.375	14.750	3.444	1-2	0.674
3	180	5.744	17.232	2.482	2-3	0.718
4	240	4.811	19.243	2.011	3-4	0.771
5	300	4.193	20.963	1.720	4-5	0.835
6	360	3.747	22.482	1.519	5-6	0.915
7	420	3.407	23.851	1.370	6-7	1.018
8	480	3.138	25.105	1.254	7-8	1.160
9	540	2.918	26.265	1.160	8-9	1.370
10	600	2.735	27.348	1.083	9-10	1.720
11	660	2.579	28.367	1.018	10-11	2.482
12	720	2.444	29.330	0.963	11-12	11.306
13	780	2.326	30.244	0.915	12-13	3.444
14	840	2.223	31.116	0.872	13-14	2.011
15	900	2.130	31.951	0.835	14-15	1.519
16	960	2.047	32.752	0.801	15-16	1.254
17	1020	1.972	33.522	0.771	16-17	1.083
18	1080	1.904	34.265	0.743	17-18	0.963
19	1140	1.841	34.984	0.718	18-19	0.872
20	1200	1.784	35.679	0.695	19-20	0.801
21	1260	1.731	36.353	0.674	20-21	0.743
22	1320	1.682	37.007	0.655	21-22	0.695
23	1380	1.637	37.644	0.636	22-23	0.655
24	1440	1.594	38.263	0.620	23-24	0.620

Fuente: Elaboración propia

**Tabla A 27. Valores del Hietograma de Diseño para T=50 años**

VALORES DEL HIETOGRAMA PARA T = 50 AÑOS						
DURACIÓN (hr)	DURACIÓN (min)	INTENSIDAD (mm/hr)	PROFUNDIDAD ACUMULADA (mm)	PROFUNDIDAD INCREMENTAL (mm)	TIEMPO (hr)	PRECIPITACIÓN (mm)
1	60	15.463	15.463	15.463	0-1	0.870
2	120	10.087	20.174	4.710	1-2	0.922
3	180	7.856	23.569	3.395	2-3	0.982
4	240	6.580	26.318	2.750	3-4	1.054
5	300	5.734	28.671	2.352	4-5	1.141
6	360	5.125	30.748	2.077	5-6	1.251
7	420	4.660	32.621	1.873	6-7	1.393
8	480	4.292	34.335	1.715	7-8	1.587
9	540	3.991	35.922	1.587	8-9	1.873
10	600	3.740	37.404	1.482	9-10	2.352
11	660	3.527	38.797	1.393	10-11	3.395
12	720	3.343	40.114	1.317	11-12	15.463
13	780	3.182	41.364	1.251	12-13	4.710
14	840	3.040	42.557	1.193	13-14	2.750
15	900	2.913	43.699	1.141	14-15	2.077
16	960	2.800	44.794	1.095	15-16	1.715
17	1020	2.697	45.848	1.054	16-17	1.482
18	1080	2.604	46.864	1.016	17-18	1.317
19	1140	2.518	47.846	0.982	18-19	1.193
20	1200	2.440	48.797	0.951	19-20	1.095
21	1260	2.368	49.719	0.922	20-21	1.016
22	1320	2.301	50.614	0.895	21-22	0.951
23	1380	2.238	51.485	0.870	22-23	0.895
24	1440	2.181	52.332	0.847	23-24	0.847

Fuente: Elaboración propia



**Tabla A 28. Valores del Hietograma de Diseño para T=500 años**

VALORES DEL HIETOGRAMA PARA T = 500 AÑOS						
DURACIÓN (hr)	DURACIÓN (min)	INTENSIDAD (mm/hr)	PROFUNDIDAD ACUMULADA (mm)	PROFUNDIDAD INCREMENTAL (mm)	TIEMPO (hr)	PRECIPITACIÓN (mm)
1	60	21.149	21.149	21.149	0-1	1.191
2	120	13.796	27.591	6.442	1-2	1.261
3	180	10.745	32.234	4.643	2-3	1.343
4	240	8.999	35.995	3.761	3-4	1.441
5	300	7.842	39.212	3.217	4-5	1.561
6	360	7.009	42.053	2.841	5-6	1.711
7	420	6.374	44.615	2.562	6-7	1.905
8	480	5.870	46.960	2.345	7-8	2.170
9	540	5.459	49.130	2.170	8-9	2.562
10	600	5.116	51.157	2.026	9-10	3.217
11	660	4.824	53.062	1.905	10-11	4.643
12	720	4.572	54.863	1.801	11-12	21.149
13	780	4.352	56.573	1.711	12-13	6.442
14	840	4.157	58.205	1.631	13-14	3.761
15	900	3.984	59.766	1.561	14-15	2.841
16	960	3.829	61.264	1.498	15-16	2.345
17	1020	3.689	62.706	1.441	16-17	2.026
18	1080	3.561	64.096	1.390	17-18	1.801
19	1140	3.444	65.439	1.343	18-19	1.631
20	1200	3.337	66.739	1.300	19-20	1.498
21	1260	3.238	68.000	1.261	20-21	1.390
22	1320	3.147	69.225	1.224	21-22	1.300
23	1380	3.062	70.415	1.191	22-23	1.224
24	1440	2.982	71.574	1.159	23-24	1.159

Fuente: Elaboración propia

## A.6. Data original de los valores de precipitación

- La descarga de datos de precipitación del satélite TRMM, se logró desde la plataforma Giovanni, la cual es una interfaz web de la NASA, que brinda información de diversos satélites.
- Los datos de precipitación de la estación de Yanahuanca fueron proporcionados por el Director de Planeamiento, Coordinación y Control del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI, mediante correo electrónica el cual se muestra a continuación:

**De:** Luis Felipe Gamarra Chávarry (UACGD) <lgamarra@senamhi.gob.pe>

**Enviado:** miércoles, 17 de julio de 2021 10:45

**Para:** learsi\_helen@hotmail.com <learsi\_helen@hotmail.com>; mairethraraz@gmail.com <mairethraraz@gmail.com>; Manuel Jesús Valverde Bocanegra (UACGD) <mvalverde@senamhi.gob.pe>

**Cc:** Milagros Del Pilar Mar nez Tabraj (UACGD) <sg5@senamhi.gob.pe>

**Asunto:** TESISTA\_MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA

TESISTA\_MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA:

Reciba el cordial saludo del SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGIA DEL PERU - SENAMHI, a fin de remitirle los datos disponibles de la estación YANAHUANCA, correspondiente a los datos diarios y mensuales de precipitación; a la espera de su confirmación en cuanto a la recepción del presente y hacerle recordar que una vez concluida y aprobada su tesis hacer llegar un ejemplar para nuestra biblioteca especializada, saludos.

Exp. 5239

--



**Luis Felipe Gamarra Chavarry**  
DIRECTOR DE PLANEAMIENTO, COORDINACION Y  
CONTROL  
GERENCIA GENERAL  
SENAMHI - PERÚ

D: Jr. Cahuide 785, Jesús María - Lima  
T: 01 6141414 Anexo -  
C: -  
E: [lgamarra@senamhi.gob.pe](mailto:lgamarra@senamhi.gob.pe)  
W: [www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)

10/02/2016,4.03536797,	20/04/2017,1.29728055,	30/06/2018,2.44717669,
11/02/2016,0.788520098,	21/04/2017,0,	01/07/2018,0.550940096,3.91457415
12/02/2016,8.25626945,	22/04/2017,0,	02/07/2018,0.927899003,
13/02/2016,0.695752978,	23/04/2017,1.32548237,	03/07/2018,1.13087702,
14/02/2016,4.03536797,	24/04/2017,4.03285074,	04/07/2018,2.72570348,
15/02/2016,0,	25/04/2017,1.69210517,	05/07/2018,0.637930632,
16/02/2016,0,	26/04/2017,5.30192947,	06/07/2018,0,
17/02/2016,0,	27/04/2017,0,	07/07/2018,0.492946386,
18/02/2016,0,	28/04/2017,0,	08/07/2018,3.91457415,
19/02/2016,0,	29/04/2017,0,	09/07/2018,0,
20/02/2016,10.3435287,	30/04/2017,0,	10/07/2018,0,
21/02/2016,0.927670717,	01/05/2017,0,28.0	11/07/2018,0.637930632,
22/02/2016,3.15408039,	02/05/2017,0,	12/07/2018,0,
23/02/2016,0,	03/05/2017,0,	13/07/2018,0,
24/02/2016,5.65879154,	04/05/2017,0,	14/07/2018,0,
25/02/2016,6.72561264,	05/05/2017,0,	15/07/2018,0.840908468,
26/02/2016,11.8278027,	06/05/2017,0,	16/07/2018,0,
27/02/2016,7.74605083,	07/05/2017,0,	17/07/2018,0,
28/02/2016,8.95202255,	08/05/2017,2.78999996,	18/07/2018,0,
29/02/2016,23.3134518,	09/05/2017,0,	19/07/2018,0,
01/03/2016,2.31852078,36.5854721	10/05/2017,1.16999996,	20/07/2018,1.39184868,
02/03/2016,0,	11/05/2017,27.9899998,	21/07/2018,2.43573523,
03/03/2016,0,	12/05/2017,0,	22/07/2018,0,
04/03/2016,0,	13/05/2017,0,	23/07/2018,0,
05/03/2016,0.392969638,	14/05/2017,0.98999995,	24/07/2018,0,
06/03/2016,2.23992705,	15/05/2017,3.14999986,	25/07/2018,0.376958996,
07/03/2016,36.5854721,	16/05/2017,7.38000011,	26/07/2018,0.869905353,
08/03/2016,0.392969638,	17/05/2017,4.7699995,	27/07/2018,0.231974751,
09/03/2016,7.11275053,	18/05/2017,0.809999943,	28/07/2018,0.753917992,
10/03/2016,10.2172108,	19/05/2017,0,	29/07/2018,0.463949502,
11/03/2016,26.7219372,	20/05/2017,3.9599998,	30/07/2018,1.07288325,
12/03/2016,8.09517479,	21/05/2017,1.79999995,	31/07/2018,0.695924282,
13/03/2016,0,	22/05/2017,0,	01/08/2018,10.0195284,27.3146477
14/03/2016,1.17890894,	23/05/2017,0,	02/08/2018,0.457322836,
15/03/2016,0,	24/05/2017,0,	03/08/2018,27.3146477,
16/03/2016,0,	25/05/2017,0,	04/08/2018,0.166299224,
17/03/2016,0.510860562,	26/05/2017,3.9599998,	05/08/2018,0,
18/03/2016,1.10031497,	27/05/2017,0,	06/08/2018,0.997795224,
19/03/2016,0,	28/05/2017,0,	07/08/2018,0.41574803,
20/03/2016,0,	29/05/2017,0,	08/08/2018,5.77889776,
21/03/2016,0,	30/05/2017,0.899999976,	09/08/2018,0.498897612,
22/03/2016,0,	31/05/2017,0.882677197,	10/08/2018,0.166299224,
23/03/2016,0,	01/06/2017,2.92677164,16.12047	11/08/2018,0,
24/03/2016,0.392969638,	02/06/2017,0.557480276,	12/08/2018,0.291023642,
25/03/2016,5.93384171,	03/06/2017,0,	13/08/2018,0.498897612,
26/03/2016,6.32681084,	04/06/2017,0,	14/08/2018,0,
27/03/2016,0,	05/06/2017,0,	15/08/2018,0,
28/03/2016,6.99485922,	06/06/2017,0,	16/08/2018,0.207874015,
29/03/2016,4.08688402,	07/06/2017,0,	17/08/2018,1.87086618,
30/03/2016,0.628751457,	08/06/2017,1.16141737,	18/08/2018,4.40692902,
31/03/2016,0.471563578,	09/06/2017,16.120472,	19/08/2018,0,
01/04/2016,0,10.7781162	10/06/2017,0.696850419,	20/08/2018,0,
02/04/2016,0,	11/06/2017,1.71889758,	21/08/2018,0,
03/04/2016,0,	12/06/2017,0.650393724,	22/08/2018,0,

04/04/2016,0.64516902,	13/06/2017,0,	23/08/2018,1.0809449,
05/04/2016,0,	14/06/2017,1.06850386,	24/08/2018,0.332598448,
06/04/2016,0,	15/06/2017,0,	25/08/2018,0.166299224,
07/04/2016,0,	16/06/2017,0,	26/08/2018,0.166299224,
08/04/2016,0,	17/06/2017,0.511023641,	27/08/2018,1.0809449,
09/04/2016,10.7781162,	18/06/2017,0,	28/08/2018,0.166299224,
10/04/2016,0.986729026,	19/06/2017,3.15905499,	29/08/2018,0,
11/04/2016,1.49906898,	20/06/2017,0,	30/08/2018,1.03937006,
12/04/2016,0,	21/06/2017,0,	31/08/2018,0,
13/04/2016,0,	22/06/2017,0.232283458,	01/09/2018,0.149396032,3.47345734
14/04/2016,0,	23/06/2017,0.975590467,	02/09/2018,0.746980071,
15/04/2016,0,	24/06/2017,0.975590467,	03/09/2018,1.92347395,
16/04/2016,0,	25/06/2017,0.836220384,	04/09/2018,0.205419526,
17/04/2016,0.550291181,	26/06/2017,1.11496055,	05/09/2018,0,
18/04/2016,0,	27/06/2017,0,	06/09/2018,0.168070525,
19/04/2016,0,	28/06/2017,1.3937006,	07/09/2018,0,
20/04/2016,0,	29/06/2017,0,	08/09/2018,0.186745018,
21/04/2016,0,	30/06/2017,0,	09/09/2018,0.784329176,
22/04/2016,0,	01/07/2017,2.14319897,2.986424	10/09/2018,0,
23/04/2016,3.77613592,	02/07/2017,0.878360271,	11/09/2018,0,
24/04/2016,0,	03/07/2017,0.597284973,	12/09/2018,0.317466527,
25/04/2016,0,	04/07/2017,1.37024188,	13/09/2018,0.205419526,
26/04/2016,0,	05/07/2017,0.316209674,	14/09/2018,0.149396032,
27/04/2016,3.22584486,	06/07/2017,1.15943551,	15/09/2018,2.03552079,
28/04/2016,0,	07/07/2017,1.15943551,	16/09/2018,0.298792064,
29/04/2016,0.929802299,	08/07/2017,0,	17/09/2018,3.47345734,
30/04/2016,0,	09/07/2017,0,	18/09/2018,1.12047005,
01/05/2016,0,1.23822629	10/07/2017,0.456747293,	19/09/2018,0.298792064,
02/05/2016,0,	11/07/2017,1.86212361,	20/09/2018,0.149396032,
03/05/2016,0,	12/07/2017,1.19456983,	21/09/2018,0,
04/05/2016,0.244157314,	13/07/2017,0.878360271,	22/09/2018,0.149396032,
05/05/2016,0,	14/07/2017,0.386478513,	23/09/2018,0,
06/05/2016,0,	15/07/2017,0.245940864,	24/09/2018,2.70780277,
07/05/2016,0,	16/07/2017,0.281075269,	25/09/2018,0.242768526,
08/05/2016,0.313916504,	17/07/2017,0,	26/09/2018,1.90479934,
09/05/2016,0,	18/07/2017,2.98642492,	27/09/2018,0.280117512,
10/05/2016,0.296476722,	19/07/2017,0.351344079,	28/09/2018,0,
11/05/2016,0,	20/07/2017,1.44051075,	29/09/2018,0.261443019,
12/05/2016,0,	21/07/2017,2.84588718,	30/09/2018,0.149396032,
13/05/2016,0,	22/07/2017,2.38913965,	01/10/2018,1.42021942,16.2
14/05/2016,0,	23/07/2017,1.93239248,	02/10/2018,0.32546699,
15/05/2016,0,	24/07/2017,1.05403233,	03/10/2018,0.739697635,
16/05/2016,0,	25/07/2017,0,	04/10/2018,0,
17/05/2016,1.23822629,	26/07/2017,0.702688158,	05/10/2018,0.059175812,
18/05/2016,0.069759227,	27/07/2017,0.737822592,	06/10/2018,0,
19/05/2016,0,	28/07/2017,0.175672039,	07/10/2018,0,
20/05/2016,0.069759227,	29/07/2017,0.562150538,	08/10/2018,0,
21/05/2016,0,	30/07/2017,0,	09/10/2018,1.86403799,
22/05/2016,0.627833009,	31/07/2017,0.702688158,	10/10/2018,16.1549988,
23/05/2016,0.156958252,	01/08/2017,0.457900584,3.26254	11/10/2018,3.37302113,
24/05/2016,0,	02/08/2017,0.515138149,	12/10/2018,0.739697695,
25/05/2016,0.348796129,	03/08/2017,0,	13/10/2018,4.79324102,
26/05/2016,0,	04/08/2017,2.0605526,	14/10/2018,1.50898325,
27/05/2016,0,	05/08/2017,0.457900584,	15/10/2018,7.54491663,

28/05/2016,0,	06/08/2017,0.973038793,	16/10/2018,0,
29/05/2016,0.139518455,	07/08/2017,0.572375774,	17/10/2018,4.67488909,
30/05/2016,0,	08/08/2017,1.6598897,	18/10/2018,1.12434042,
31/05/2016,0,	09/08/2017,0,	19/10/2018,0.32546699,
01/06/2016,0.198421106,2.57947445	10/08/2017,0,	20/10/2018,1.5681591,
02/06/2016,0,	11/08/2017,0,	21/10/2018,15.1785965,
03/06/2016,0,	12/08/2017,2.17502785,	22/10/2018,0,
04/06/2016,0.639356911,	13/08/2017,1.48817706,	23/10/2018,1.89362597,
05/06/2016,0,	14/08/2017,2.74740386,	24/10/2018,7.95914698,
06/06/2016,0.264561474,	15/08/2017,0.286187887,	25/10/2018,1.98238957,
07/06/2016,0,	16/08/2017,0.457900584,	26/10/2018,0.621345997,
08/06/2016,0.462982595,	17/08/2017,0.457900584,	27/10/2018,0,
09/06/2016,2.57947445,	18/08/2017,3.26254177,	28/10/2018,6.24304819,
10/06/2016,0.507076144,	19/08/2017,0.744088531,	29/10/2018,0.147939533,
11/06/2016,0,	20/08/2017,1.71712732,	30/10/2018,0.147939533,
12/06/2016,0,	21/08/2017,2.11779046,	31/10/2018,5.71046591,
13/06/2016,0.374795437,	22/08/2017,3.03359175,	01/11/2018,0.7.1
14/06/2016,0.793684423,	23/08/2017,0.62961334,	02/11/2018,1.22774601,
15/06/2016,0.992105603,	24/08/2017,0.858563662,	03/11/2018,0,
16/06/2016,0.551169753,	25/08/2017,0,	04/11/2018,4.62765837,
17/06/2016,0,	26/08/2017,0,	05/11/2018,0.18888399,
18/06/2016,0.264561474,	27/08/2017,0,	06/11/2018,5.60355854,
19/06/2016,0,	28/08/2017,2.63292837,	07/11/2018,0,
20/06/2016,0.573216558,	29/08/2017,1.6598897,	08/11/2018,0.62961334,
21/06/2016,0,	30/08/2017,0.228950292,	09/11/2018,0,
22/06/2016,0.639356911,	31/08/2017,0,	10/11/2018,0,
23/06/2016,0.948011935,	01/09/2017,1.13031983,9.042558	11/11/2018,3.17954731,
24/06/2016,0.837777972,	02/09/2017,0,	12/11/2018,0,
25/06/2016,0.639356911,	03/09/2017,0.205512688,	13/11/2018,2.92770219,
26/06/2016,0,	04/09/2017,1.02756345,	14/11/2018,0.66109401,
27/06/2016,0,	05/09/2017,0.359647244,	15/11/2018,5.54059744,
28/06/2016,0.286608279,	06/09/2017,0,	16/11/2018,1.92032099,
29/06/2016,0,	07/09/2017,1.79823589,	17/11/2018,1.95180154,
30/06/2016,0.603589296,	08/09/2017,0,	18/11/2018,1.22774601,
01/07/2016,0,2.96399736	09/09/2017,0.102756344,	19/11/2018,1.95180154,
02/07/2016,0,	10/09/2017,5.39470816,	20/11/2018,1.5740335,
03/07/2016,0.426815629,	11/09/2017,0,	21/11/2018,1.92032099,
04/07/2016,0,	12/09/2017,0,	22/11/2018,1.16478479,
05/07/2016,1.01961505,	13/09/2017,1.23307621,	23/11/2018,2.20364666,
06/07/2016,2.96399736,	14/09/2017,8.01499462,	24/11/2018,1.00738144,
07/07/2016,1.6124146,	15/09/2017,0,	25/11/2018,7.05167007,
08/07/2016,1.80211043,	16/09/2017,0,	26/11/2018,4.06100607,
09/07/2016,0,	17/09/2017,0.924807072,	27/11/2018,0,
10/07/2016,0.521663547,	18/09/2017,1.48996711,	28/11/2018,0,
11/07/2016,0.284543753,	19/09/2017,0,	29/11/2018,0.12592268,
12/07/2016,0.331967711,	20/09/2017,0.77067256,	30/11/2018,1.8480835,
13/07/2016,0.260831773,	21/09/2017,1.18169796,	01/12/2018,0.8.8
14/07/2016,0.829919219,	22/09/2017,0,	02/12/2018,0.838593841,
15/07/2016,0.474239528,	23/09/2017,0,	03/12/2018,0.5590626,
16/07/2016,0,	24/09/2017,9.04255867,	04/12/2018,0.341649354,
17/07/2016,0.497951567,	25/09/2017,2.41477418,	05/12/2018,1.67718768,
18/07/2016,0.331967711,	26/09/2017,0,	06/12/2018,1.39765644,
19/07/2016,0.592799425,	27/09/2017,0.411025375,	07/12/2018,0,
20/07/2016,0.474239528,	28/09/2017,0.256890863,	08/12/2018,0,

21/07/2016,0,	29/09/2017,0,	09/12/2018,0,
22/07/2016,0.37939167,	30/09/2017,0.623662055,	10/12/2018,0,
23/07/2016,0,	01/10/2017,1.66309881,18.81380	11/12/2018,0,
24/07/2016,0,	02/10/2017,0,	12/12/2018,2.39154553,
25/07/2016,0,	03/10/2017,15.747468,	13/12/2018,0,
26/07/2016,0,	04/10/2017,0.519718349,	14/12/2018,1.52189255,
27/07/2016,0.521663547,	05/10/2017,1.24732411,	15/12/2018,6.8640461,
28/07/2016,0.260831773,	06/10/2017,0.519718349,	16/12/2018,0,
29/07/2016,0.189695835,	07/10/2017,0,	17/12/2018,3.5096705,
30/07/2016,0,	08/10/2017,0,	18/12/2018,0,
31/07/2016,0.267667532,	09/10/2017,4.15774679,	19/12/2018,2.42260456,
01/08/2016,0,4.8	10/10/2017,0.72760582,	20/12/2018,0,
02/08/2016,1.15989268,	11/10/2017,8.83521271,	21/12/2018,6.9882822,
03/08/2016,0.148704186,	12/10/2017,0.571690202,	22/12/2018,4.13085127,
04/08/2016,0,	13/10/2017,0,	23/12/2018,7.70263958,
05/08/2016,0.118963346,	14/10/2017,0,	24/12/2018,2.57789946,
06/08/2016,0,	15/10/2017,1.76704264,	25/12/2018,1.42871547,
07/08/2016,0.208185866,	16/10/2017,2.0788734,	26/12/2018,5.31109476,
08/08/2016,0.178445011,	17/10/2017,1.0394367,	27/12/2018,1.14918423,
09/08/2016,0.832743466,	18/10/2017,0,	28/12/2018,1.58401072,
10/08/2016,0,	19/10/2017,1.03943682,	29/12/2018,8.75864697,
11/08/2016,1.15989256,	20/10/2017,5.19718409,	30/12/2018,0,
12/08/2016,4.84775639,	21/10/2017,12.3692989,	31/12/2018,1.24236119,
13/08/2016,2.73615694,	22/10/2017,9.97859287,	01/01/2019,0,
14/08/2016,1.57626438,	23/10/2017,18.8138065,	02/01/2019,0.175417602,
15/08/2016,0.386630863,	24/10/2017,0.987465024,	03/01/2019,0,
16/08/2016,0,	25/10/2017,0,	04/01/2019,0,
17/08/2016,0.267667532,	26/10/2017,9.92662144,	05/01/2019,0,
18/08/2016,0.743520975,	27/10/2017,8.67929745,	06/01/2019,2.56747556,
19/08/2016,0.981447637,	28/10/2017,4.15774679,	07/01/2019,0.637882113,
20/08/2016,0.803002596,	29/10/2017,11.121973,	08/01/2019,4.24191618,
21/08/2016,0,	30/10/2017,5.04126835,	09/01/2019,0,
22/08/2016,0,	31/10/2017,0,	10/01/2019,1.1003468,
23/08/2016,0.089222506,	01/11/2017,2.41109896,6.630522	11/01/2019,4.4173336,
24/08/2016,0,	02/11/2017,0.29022488,	12/01/2019,3.63592815,
25/08/2016,0.505594254,	03/11/2017,2.83527398,	13/01/2019,3.57213974,
26/08/2016,0,	04/11/2017,0.781374693,	14/01/2019,0.765458584,
27/08/2016,0,	05/11/2017,1.49577427,	15/01/2019,2.10501099,
28/08/2016,0.803002596,	06/11/2017,0,	16/01/2019,0.366782218,
29/08/2016,0.505594254,	07/11/2017,0.535799742,	17/01/2019,0,
30/08/2016,1.69522786,	08/11/2017,0.468824804,	18/01/2019,0,
31/08/2016,0.446112573,	09/11/2017,0,	19/01/2019,0,
01/09/2016,1.05857515,6.64255905	10/11/2017,0,	20/01/2019,0,
02/09/2016,0,	11/11/2017,0.759049654,	21/01/2019,0.446517527,
03/09/2016,0,	12/11/2017,0,	22/01/2019,9.39281464,
04/09/2016,0.105857514,	13/11/2017,4.33104801,	23/01/2019,0.350835204,
05/09/2016,0.846860111,	14/11/2017,3.5719986,	24/01/2019,2.29637575,
06/09/2016,2.77875972,	15/11/2017,1.58507431,	25/01/2019,3.82729268,
07/09/2016,0,	16/11/2017,4.68824768,	26/01/2019,1.02061152,
08/09/2016,0,	17/11/2017,4.84452248,	27/01/2019,7.39943361,
09/09/2016,0,	18/11/2017,1.83064938,	28/01/2019,3.90702796,
10/09/2016,0,	19/11/2017,1.33949935,	29/01/2019,1.99338174,
11/09/2016,0,	20/11/2017,1.47344947,	30/01/2019,5.70904493,
12/09/2016,0,	21/11/2017,2.16552401,	31/01/2019,7.72596359,

### DATOS DE PRECIPITACIÓN DEL SATÉLITE TRMM

Title: "Time Series, Area-Averaged of Precipitation Rate daily 0.25 deg. [TRMM TRMM\_3B42\_Daily v7] ()",  
 User Start Date: ,1998-01-01T00:00:00Z,  
 User End Date: ,2019-07-31T23:59:59Z,  
 User Bounding Box: "-76.5193,-10.5176,-76.4848,-10.4754",  
 Data Bounding Box: "-76.625,-10.375,-76.625,-10.375",

URL to Reproduce Results: "https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/#service=ArAvTs&starttime=1998-01-01T00:00:00Z&endtime=2019-07-31T23:59:59Z&bbox=-76.5193,-10.5176,-76.4848,-10.4754&data=TRMM\_3B42\_Daily\_7\_precipitation&portal=GIOVANNI&format=json",

Fill Value (mean\_TRMM\_3B42\_Daily\_7\_precipitation): , -9999.9,

```

"
time, mean_TRMM_3B42_Daily_7_precipitation,
01/01/2016,0.34891206,20.3919716 11/03/2017,2.33245277, 21/05/2018,4.40999985,
02/01/2016,1.70579231, 12/03/2017,1.46611333, 22/05/2018,0.899999976,
03/01/2016,0.581520081, 13/03/2017,1.39947176, 23/05/2018,0,
04/01/2016,0, 14/03/2017,66.9080811, 24/05/2018,0,
05/01/2016,0.4652161, 15/03/2017,9.86294365, 25/05/2018,2.96999979,
06/01/2016,2.98513651, 16/03/2017,12.0621147, 26/05/2018,0.809999943,
07/01/2016,0, 17/03/2017,19.7258873, 27/05/2018,4.7699995,
08/01/2016,2.48115253, 18/03/2017,0, 28/05/2018,0.809999943,
09/01/2016,0, 19/03/2017,0, 29/05/2018,2.51999998,
10/01/2016,0, 20/03/2017,0, 30/05/2018,1.9799999,
11/01/2016,0.969200253, 21/03/2017,0, 31/05/2018,0,
12/01/2016,3.06267262, 22/03/2017,5.59788704, 01/06/2018,1.47850251,4.69042206
13/01/2016,0.426448077, 23/03/2017,0.666415095, 02/06/2018,0,
14/01/2016,1.35688031, 24/03/2017,19.9924545, 03/06/2018,4.69042206,
15/01/2016,5.66012955, 25/03/2017,8.59675407, 04/06/2018,1.47850251,
16/01/2016,0.852896154, 26/03/2017,5.99773598, 05/06/2018,0,
17/01/2016,8.95541, 27/03/2017,16.6603775, 06/06/2018,1.12162256,
18/01/2016,3.91556883, 28/03/2017,1.73267937, 07/06/2018,0,
19/01/2016,9.11048222, 29/03/2017,5.33132076, 08/06/2018,0,
20/01/2016,10.0021458, 30/03/2017,4.53162289, 09/06/2018,1.0196569,
21/01/2016,0, 31/03/2017,1.19954717, 10/06/2018,0,
22/01/2016,0, 01/04/2017,0,10.7166672 11/06/2018,0,
23/01/2016,0, 02/04/2017,1.46649122, 12/06/2018,0,
24/01/2016,0, 03/04/2017,1.12807012, 13/06/2018,0,
25/01/2016,1.55072045, 04/04/2017,10.7166672, 14/06/2018,0,
26/01/2016,9.42062569, 05/04/2017,1.49469292, 15/06/2018,1.47850251,
27/01/2016,3.9931047, 06/04/2017,1.32548237, 16/06/2018,0,
28/01/2016,20.3919716, 07/04/2017,2.11513162, 17/06/2018,0,
29/01/2016,0.697824121, 08/04/2017,0.423026294, 18/06/2018,0,
30/01/2016,1.51195228, 09/04/2017,1.32548237, 19/06/2018,0,
31/01/2016,0, 10/04/2017,0.282017529, 20/06/2018,0,
01/02/2016,18.5997982,23.3134518 11/04/2017,2.0869298, 21/06/2018,0.611794114,
02/02/2016,0, 12/04/2017,0, 22/06/2018,2.19226241,
03/02/2016,5.05580521, 13/04/2017,0, 23/06/2018,0,
04/02/2016,8.81287193, 14/04/2017,1.97412264, 24/06/2018,0,
05/02/2016,5.7515583, 15/04/2017,0.846052587, 25/06/2018,2.95700502,
06/02/2016,0, 16/04/2017,0, 26/06/2018,0.815725446,
07/02/2016,0, 17/04/2017,0, 27/06/2018,0,
08/02/2016,0, 18/04/2017,0, 28/06/2018,1.37653673,
09/02/2016,0, 19/04/2017,1.21267533, 29/06/2018,0,

```

13/09/2016,0.238179401,  
 14/09/2016,0.688073814,  
 15/09/2016,6.64255905,  
 16/09/2016,0.105857514,  
 17/09/2016,0,  
 18/09/2016,0,  
 19/09/2016,0.238179415,  
 20/09/2016,1.21736145,  
 21/09/2016,0.079393141,  
 22/09/2016,0,  
 23/09/2016,0,  
 24/09/2016,0,  
 25/09/2016,1.19089699,  
 26/09/2016,2.67290258,  
 27/09/2016,0.026464379,  
 28/09/2016,1.74664903,  
 29/09/2016,0.18525067,  
 30/09/2016,0,  
 01/10/2016,0.343005121,5.30514622  
 02/10/2016,1.41775453,  
 03/10/2016,0.365872145,  
 04/10/2016,0,  
 05/10/2016,3.49865246,  
 06/10/2016,3.54438639,  
 07/10/2016,0.823212326,  
 08/10/2016,2.62970614,  
 09/10/2016,0.411606163,  
 10/10/2016,0.114335045,  
 11/10/2016,0,  
 12/10/2016,0.868946433,  
 13/10/2016,2.21810007,  
 14/10/2016,1.66929173,  
 15/10/2016,0.343005121,  
 16/10/2016,1.66929173,  
 17/10/2016,5.30514622,  
 18/10/2016,1.28055263,  
 19/10/2016,0,  
 20/10/2016,0.548808217,  
 21/10/2016,4.527668,  
 22/10/2016,0,  
 23/10/2016,1.39488769,  
 24/10/2016,3.75018954,  
 25/10/2016,0,  
 26/10/2016,0,  
 27/10/2016,5.1222105,  
 28/10/2016,0.434473217,  
 29/10/2016,0,  
 30/10/2016,0.182936072,  
 31/10/2016,0.361223966,  
 01/11/2016,0,13.4254913  
 02/11/2016,0.541835964,  
 03/11/2016,0,  
 04/11/2016,6.0806036,  
 05/11/2016,1.14387596,  
 22/11/2017,3.92919827,  
 23/11/2017,6.45192242,  
 24/11/2017,1.7859993,  
 25/11/2017,0,  
 26/11/2017,0,  
 27/11/2017,0.334874839,  
 28/11/2017,6.63052225,  
 29/11/2017,0,  
 30/11/2017,5.13474751,  
 01/12/2017,6.62793303,29.41390  
 02/12/2017,11.5694695,  
 03/12/2017,0.23531124,  
 04/12/2017,8.00058174,  
 05/12/2017,0.23531124,  
 06/12/2017,5.33372116,  
 07/12/2017,0,  
 08/12/2017,1.72561574,  
 09/12/2017,6.19652939,  
 10/12/2017,5.37294006,  
 11/12/2017,23.3742485,  
 12/12/2017,0,  
 13/12/2017,0,  
 14/12/2017,0,  
 15/12/2017,1.92170858,  
 16/12/2017,0,  
 17/12/2017,0.70593369,  
 18/12/2017,0.86280787,  
 19/12/2017,15.3736687,  
 20/12/2017,6.5494957,  
 21/12/2017,8.74573421,  
 22/12/2017,2.94139051,  
 23/12/2017,8.74573421,  
 24/12/2017,1.49030447,  
 25/12/2017,0,  
 26/12/2017,0.23531124,  
 27/12/2017,3.76497984,  
 28/12/2017,0.588278055,  
 29/12/2017,29.413908,  
 30/12/2017,1.17655611,  
 31/12/2017,5.80636978,  
 01/01/2018,1.21238852,26.83787  
 02/01/2018,3.08608007,  
 03/01/2018,4.35357666,  
 04/01/2018,8.1560688,  
 05/01/2018,6.44770288,  
 06/01/2018,3.14118814,  
 07/01/2018,5.29042244,  
 08/01/2018,26.8378754,  
 09/01/2018,0,  
 10/01/2018,0,  
 11/01/2018,0,  
 12/01/2018,2.42477703,  
 13/01/2018,20.5003891,  
 14/01/2018,2.86564565,  
 01/02/2019,3.98065138,  
 02/02/2019,1.71279025,  
 03/02/2019,0.824676752,  
 04/02/2019,0,  
 05/02/2019,0,  
 06/02/2019,0.713662624,  
 07/02/2019,4.99563789,  
 08/02/2019,0.158591673,  
 09/02/2019,0,  
 10/02/2019,2.80707312,  
 11/02/2019,5.51899052,  
 12/02/2019,0.142732516,  
 13/02/2019,2.41059375,  
 14/02/2019,1.776227,  
 15/02/2019,3.53659487,  
 16/02/2019,0,  
 17/02/2019,0.348901689,  
 18/02/2019,0,  
 19/02/2019,9.13488197,  
 20/02/2019,2.156847,  
 21/02/2019,0.856395125,  
 22/02/2019,0,  
 23/02/2019,1.37974775,  
 24/02/2019,1.93481863,  
 25/02/2019,9.16659927,  
 26/02/2019,4.93220139,  
 27/02/2019,1.411466,  
 28/02/2019,0,  
 01/03/2019,2.21537352,  
 02/03/2019,0.575421691,  
 03/03/2019,0,  
 04/03/2019,10.7316151,  
 05/03/2019,3.48130083,  
 06/03/2019,29.461586,  
 07/03/2019,1.00698805,  
 08/03/2019,2.38800001,  
 09/03/2019,4.31566286,  
 10/03/2019,1.46732533,  
 11/03/2019,4.37320471,  
 12/03/2019,1.29469883,  
 13/03/2019,9.26428986,  
 14/03/2019,0.632963896,  
 15/03/2019,2.9346509,  
 16/03/2019,0,  
 17/03/2019,0,  
 18/03/2019,0.23016867,  
 19/03/2019,1.81257844,  
 20/03/2019,0,  
 21/03/2019,0.604192734,  
 22/03/2019,2.41677094,  
 23/03/2019,2.99219275,  
 24/03/2019,6.70366287,  
 25/03/2019,0.258939773,  
 26/03/2019,4.51706028,



06/11/2016,0.722447932,  
07/11/2016,1.38469195,  
08/11/2016,13.4254913,  
09/11/2016,1.92652798,  
10/11/2016,0.9030599,  
11/11/2016,0,  
12/11/2016,1.08367193,  
13/11/2016,0,  
14/11/2016,1.08367193,  
15/11/2016,0,  
16/11/2016,9.33161926,  
17/11/2016,0,  
18/11/2016,2.22754788,  
19/11/2016,0.84285605,  
20/11/2016,0.602039933,  
21/11/2016,0,  
22/11/2016,2.468364,  
23/11/2016,1.92652798,  
24/11/2016,3.07040358,  
25/11/2016,0,  
26/11/2016,1.08367193,  
27/11/2016,2.28775167,  
28/11/2016,0,  
29/11/2016,2.40815973,  
30/11/2016,3.31121993,  
01/12/2016,5.52505732,11.343111  
02/12/2016,1.29755139,  
03/12/2016,4.39493227,  
04/12/2016,9.04100227,  
05/12/2016,10.3385553,  
06/12/2016,3.64151525,  
07/12/2016,5.85990953,  
08/12/2016,1.92539871,  
09/12/2016,0,  
10/12/2016,2.51138973,  
11/12/2016,1.84168589,  
12/12/2016,3.5578022,  
13/12/2016,2.80438519,  
14/12/2016,0,  
15/12/2016,11.0501146,  
16/12/2016,0,  
17/12/2016,0,  
18/12/2016,0,  
19/12/2016,7.70159531,  
20/12/2016,3.30666304,  
21/12/2016,3.80894136,  
22/12/2016,0.795273423,  
23/12/2016,0,  
24/12/2016,0,  
25/12/2016,6.906322,  
26/12/2016,4.64607143,  
27/12/2016,0,  
28/12/2016,7.3248868,  
29/12/2016,11.343111,  
15/01/2018,0,  
16/01/2018,0,  
17/01/2018,2.86564565,  
18/01/2018,0,  
19/01/2018,8.1560688,  
20/01/2018,1.32260561,  
21/01/2018,0,  
22/01/2018,16.2570267,  
23/01/2018,3.41673136,  
24/01/2018,17.0285492,  
25/01/2018,0,  
26/01/2018,7.82541656,  
27/01/2018,8.65204525,  
28/01/2018,9.69910812,  
29/01/2018,0,  
30/01/2018,4.0780344,  
31/01/2018,3.41673136,  
01/02/2018,3.33881569,41.84359  
02/02/2018,3.55562162,  
03/02/2018,24.9327126,  
04/02/2018,22.4177628,  
05/02/2018,1.86453331,  
06/02/2018,2.99192548,  
07/02/2018,2.38486814,  
08/02/2018,10.1898918,  
09/02/2018,6.54754734,  
10/02/2018,0.607057393,  
11/02/2018,0,  
12/02/2018,0,  
13/02/2018,2.51495194,  
14/02/2018,1.25747597,  
15/02/2018,3.0352869,  
16/02/2018,0.52033484,  
17/02/2018,0.650418639,  
18/02/2018,12.7915649,  
19/02/2018,20.1629753,  
20/02/2018,0.693779886,  
21/02/2018,3.25209332,  
22/02/2018,11.7075357,  
23/02/2018,41.8435974,  
24/02/2018,0,  
25/02/2018,1.51764357,  
26/02/2018,0,  
27/02/2018,2.21142316,  
28/02/2018,0,  
01/03/2018,15.5548038,38.42498  
02/03/2018,1.84809542,  
03/03/2018,3.2341671,  
04/03/2018,0.770039797,  
05/03/2018,3.61918736,  
06/03/2018,9.93351364,  
07/03/2018,8.23942566,  
08/03/2018,2.00210333,  
09/03/2018,0,  
27/03/2019,0.661734939,  
28/03/2019,5.03493977,  
29/03/2019,0,  
30/03/2019,0,  
31/03/2019,0,  
01/04/2019,1.65207052,  
02/04/2019,2.51182127,  
03/04/2019,0.303441495,  
04/04/2019,0.370872974,  
05/04/2019,0,  
06/04/2019,1.71950197,  
07/04/2019,0.421446502,  
08/04/2019,0,  
09/04/2019,1.0789032,  
10/04/2019,0.708030224,  
11/04/2019,0,  
12/04/2019,0,  
13/04/2019,2.36010075,  
14/04/2019,0.438304424,  
15/04/2019,0.775461674,  
16/04/2019,0,  
17/04/2019,0.20229435,  
18/04/2019,0,  
19/04/2019,0,  
20/04/2019,0,  
21/04/2019,3.35471463,  
22/04/2019,0.623740911,  
23/04/2019,0,  
24/04/2019,0.893466711,  
25/04/2019,0,  
26/04/2019,0,  
27/04/2019,0.252867907,  
28/04/2019,0,  
29/04/2019,1.2137661,  
30/04/2019,5.09286356,  
01/05/2019,5.6213336,  
02/05/2019,0.686769307,  
03/05/2019,2.08574367,  
04/05/2019,0,  
05/05/2019,0,  
06/05/2019,0.839384615,  
07/05/2019,0,  
08/05/2019,0,  
09/05/2019,0,  
10/05/2019,2.59446168,  
11/05/2019,0.356102586,  
12/05/2019,0.712205172,  
13/05/2019,0.279794902,  
14/05/2019,3.56102586,  
15/05/2019,0.279794902,  
16/05/2019,0.585025668,  
17/05/2019,0.381538451,  
18/05/2019,0,  
19/05/2019,1.44984615,

30/12/2016,0,  
31/12/2016,0.786963582,  
01/01/2017,17.1962471,31.0855236  
02/01/2017,2.14953089,  
03/01/2017,5.29115295,  
04/01/2017,2.23220491,  
05/01/2017,0,  
06/01/2017,0,  
07/01/2017,2.7282505,  
08/01/2017,5.12580395,  
09/01/2017,0,  
10/01/2017,4.3817358,  
11/01/2017,3.47231913,  
12/01/2017,0,  
13/01/2017,7.10998631,  
14/01/2017,10.0035858,  
15/01/2017,8.4327755,  
16/01/2017,11.6570711,  
17/01/2017,10.0035858,  
18/01/2017,0,  
19/01/2017,10.4169579,  
20/01/2017,31.0855236,  
21/01/2017,0,  
22/01/2017,0,  
23/01/2017,7.35800934,  
24/01/2017,6.86196423,  
25/01/2017,18.7670574,  
26/01/2017,0,  
27/01/2017,3.14162207,  
28/01/2017,0,  
29/01/2017,0,  
30/01/2017,0,  
31/01/2017,3.38964486,  
01/02/2017,0,17.2  
02/02/2017,5.58302259,  
03/02/2017,0.477495342,  
04/02/2017,1.94671178,  
05/02/2017,0,  
06/02/2017,0,  
07/02/2017,0,  
08/02/2017,0,  
09/02/2017,0,  
10/02/2017,4.48111057,  
11/02/2017,13.5167913,  
12/02/2017,17.1531029,  
13/02/2017,8.08069134,  
14/02/2017,7.89703846,  
15/02/2017,0,  
16/02/2017,0.918260336,  
17/02/2017,0.183652058,  
18/02/2017,2.4609375,  
19/02/2017,6.75839567,  
20/02/2017,0.734608233,  
21/02/2017,11.019124,  
10/03/2018,2.00210333,  
11/03/2018,0,  
12/03/2018,0,  
13/03/2018,8.16242218,  
14/03/2018,17.78792,  
15/03/2018,3.9272027,  
16/03/2018,24.9492912,  
17/03/2018,6.62234259,  
18/03/2018,38.4249878,  
19/03/2018,0,  
20/03/2018,0,  
21/03/2018,0,  
22/03/2018,17.941927,  
23/03/2018,18.7119675,  
24/03/2018,2.84914732,  
25/03/2018,27.4904194,  
26/03/2018,5.15926647,  
27/03/2018,2.15611148,  
28/03/2018,0,  
29/03/2018,3.85019922,  
30/03/2018,0,  
31/03/2018,0,  
01/04/2018,3.44793534,26.76254  
02/04/2018,1.10826492,  
03/04/2018,0,  
04/04/2018,26.7625465,  
05/04/2018,4.43305969,  
06/04/2018,4.59724712,  
07/04/2018,0,  
08/04/2018,0,  
09/04/2018,4.26887226,  
10/04/2018,0,  
11/04/2018,1.35454595,  
12/04/2018,0.410468459,  
13/04/2018,2.62699842,  
14/04/2018,2.01129556,  
15/04/2018,0,  
16/04/2018,0,  
17/04/2018,0,  
18/04/2018,0.533609033,  
19/04/2018,0.533609033,  
20/04/2018,0,  
21/04/2018,0,  
22/04/2018,5.66446543,  
23/04/2018,0,  
24/04/2018,2.17548275,  
25/04/2018,0,  
26/04/2018,0.697796464,  
27/04/2018,0,  
28/04/2018,0,  
29/04/2018,0,  
30/04/2018,1.23140538,  
01/05/2018,0,7.73999977  
02/05/2018,0,  
20/05/2019,0.254358977,  
21/05/2019,1.19548726,  
22/05/2019,1.5261538,  
23/05/2019,0.534153879,  
24/05/2019,0,  
25/05/2019,2.16205144,  
26/05/2019,3.20492315,  
27/05/2019,2.26379514,  
28/05/2019,0,  
29/05/2019,0.534153879,  
30/05/2019,0.356102586,  
31/05/2019,0,  
01/06/2019,0.136091754,  
02/06/2019,0,  
03/06/2019,0,  
04/06/2019,0,  
05/06/2019,0.136091754,  
06/06/2019,0.349950194,  
07/06/2019,0.486041963,  
08/06/2019,0,  
09/06/2019,0,  
10/06/2019,0.583250344,  
11/06/2019,1.32203412,  
12/06/2019,0,  
13/06/2019,0.466600299,  
14/06/2019,0,  
15/06/2019,0.194416761,  
16/06/2019,1.22482574,  
17/06/2019,0.602692068,  
18/06/2019,0,  
19/06/2019,1.22482574,  
20/06/2019,1.06929231,  
21/06/2019,0.505483627,  
22/06/2019,0,  
23/06/2019,0.21385847,  
24/06/2019,0.602692068,  
25/06/2019,0.855433881,  
26/06/2019,0,  
27/06/2019,0,  
28/06/2019,6.49352074,  
29/06/2019,0.447158635,  
30/06/2019,0.6175192,  
01/07/2019,0.463139415,  
02/07/2019,0.494015396,  
03/07/2019,0,  
04/07/2019,0,  
05/07/2019,0.277883649,  
06/07/2019,4.01387501,  
07/07/2019,0,  
08/07/2019,0,  
09/07/2019,0.895402908,  
10/07/2019,0,  
11/07/2019,0.741023064,  
12/07/2019,0.833650947,

22/02/2017,4.11380625,  
23/02/2017,7.67665577,  
24/02/2017,2.93843317,  
25/02/2017,13.7004433,  
26/02/2017,13.920826,  
27/02/2017,1.35902536,  
28/02/2017,12.0108452,  
01/03/2017,0,66.9080811  
02/03/2017,4.33169842,  
03/03/2017,1.86596239,  
04/03/2017,0,  
05/03/2017,0,  
06/03/2017,10.3294344,  
07/03/2017,4.13177395,  
08/03/2017,9.3298111,  
09/03/2017,5.33132076,  
10/03/2017,16.9269447,

03/05/2018,0,  
04/05/2018,0.899999976,  
05/05/2018,5.39999962,  
06/05/2018,0,  
07/05/2018,0,  
08/05/2018,0,  
09/05/2018,0.719999969,  
10/05/2018,0,  
11/05/2018,7.73999977,  
12/05/2018,0.98999995,  
13/05/2018,3.05999994,  
14/05/2018,2.25,  
15/05/2018,1.3499999,  
16/05/2018,0,  
17/05/2018,2.69999981,  
18/05/2018,5.13000011,  
19/05/2018,0,  
20/05/2018,0,

13/07/2019,0.247007698,  
14/07/2019,1.57467413,  
15/07/2019,1.91430974,  
16/07/2019,0.463139415,  
17/07/2019,1.79080582,  
18/07/2019,0,  
19/07/2019,1.42029428,  
20/07/2019,1.2041626,  
21/07/2019,0,  
22/07/2019,0.185255766,  
23/07/2019,0,  
24/07/2019,0.833650947,  
25/07/2019,0,  
26/07/2019,0.247007698,  
27/07/2019,1.51292217,  
28/07/2019,0,  
29/07/2019,0,  
30/07/2019,0.92627883,

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL

INAHUANCA/000475/DZ11

LONG: 76° 30' 46.26"  
DPTO: PASCO

PT101 PRECIPITACION TOTAL DIARIA (mm)

Variable	Mes	Dia	1980	1981	1982	1983	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
PT101	1	1	0	0		4.9		0	0	0	0	4			0	11.7	0	8.7	7.8	0	0	0	1.2	1	2.9	0	1.2	0	0	12	0	4.9		11.4	0		
PT101	1	2	0	4.7	6	10.1		5	0	0	0	0	0			1.2	0	0	0	0	0	0.4	0	4.5	0	7.8	5.9	17.8	10	0	2.1	0		8.7	0		
PT101	1	3	0	2.4	11.9	0		0	4	0	0	7	6.6			0	0	2.8	0	0	0	0.5	3.9	0	2.4	2.8	3.2	5.2	0	0	3.3	10.2		0	0		
PT101	1	4	0	1.8	5.8	0		9.5	0	0	0	4.4	2		S/D	12	0	0	1.2	0	0.3	4.9	3.5	2.7	1.3	0	0	21.2	0	0	8.2	23.3		0	10.6		
PT101	1	5	0	0	4.6	11.9		10	0	0	0	0	7.3			0	0	14	10	0	0.9	0	1.4	9.6	0	4	0	0	1.3	4.8	7.2	9.1		12.6	13.4		
PT101	1	6	0	4.7	3.7	0		7.3	0	0	0	0	2			0	8.9	6.6	12	0	0	0	1.6	0	16.8	0.2	3	0	8.2	10	0	2.7	8.7	14.3		0	4.8
PT101	1	7	0	0	2.4	11.5		2.7	0	0	0	0	0			0	0.6	1.2	8	13	0	6.2	0	0	5.6	2.4	0	0	0	0	0	14.8	0		9.9	16.3	
PT101	1	8	0	15.6	0	2.5		12.5	0	0	0.8	0	0			0	1.6	0	0	0	0.7	1.4	0	0	2.4	0	0	7.4	9.8	0	0	13.1	0		11.5	4.4	
PT101	1	9	0	2.5	0	19.9		0	0	0	0	0	0		S/D	15.8	2.3	0	0	4	12.4	3.5	0	1.2	9.2	4.2	0	9.5	0	0	4.5	11.1	4		9.8	11.4	
PT101	1	10	0	0	0	10.3		6.3	0	0	0	0	0			22	1.4	8	0	1.9	9	1.6	0	5.5	5.7	1.7	6	1	0	9.8	0	2.7	3.8	0		4.4	0
PT101	1	11	0	7	2.4	6.7		14.5	0	0	0	0	0			0	1	5	0	15.7	0	2.4	0	0	0.7	3	0	10	0	12.2	0	4.7	14	0		0	17.1
PT101	1	12	0	3.4	0	2		11	0	0	0	0	0			0	0	10	13	0	0	6.3	0	1	2.2	16.4	3	0	4.8	0	4	0	4.4	8.1		14.1	6.1
PT101	1	13	4.6	7.6	0	0		9	0	0	0	0	4.8			0	3	6.6	18	0.1	10.1	0.7	0	2.1	8.8	0	5.8	14	0	7.2	0	4.3	3.2	3		0	10.1
PT101	1	14	3.4	2	0	4.8		0	0	0	0	0	10			4.7	6.2	1.6	6.8	13.8	6	0	0	15.4	1.7	17.8	5	9.9	8.5	10	5.1	0	4.2	0		8.3	0
PT101	1	15	0	0	0	0		15	0	0	0	0	18.8			13.6	1	0.2	1	0	0	2.9	0	0	2.6	8	4.8	0.7	0	13	0	10.2	3.1	0		22.9	12.1
PT101	1	16	0	0	0	0		12	0	0	0	0	6.7			0	2	0	4	0.9	0	5.8	0	0	10.6	1.4	6	20	0	0	0	9.9	8.4	14		13.2	0
PT101	1	17	0	0	18.4	4.7		14	0	0	3.4	0	8.9			0.9	0.9	3	12	5.4	0	1.5	0	0	7.6	3.7	3	20	3.5	12.8	0	8.7	13.1	0		6.9	27.7
PT101	1	18	4.8	0	6.7	3.8		25.8	0	0	7.4	0	16.4			0	0	2.8	9	7.8	0	0	0	0	1.3	0	10	4.8	1.8	5.4	0	0	16.1	0		0	2.9
PT101	1	19	7.3	0	12.5	0		12.5	0	0	8	0.8	2			22	0	0	3.4	9.9	0	0	0	0	4.5	0	5.2	4	6.8	10	0	12	0		23.3	10.8	
PT101	1	20	4.4	4.8	2	0		2	0	0	8.3	7.5	4.9			0	0.3	0	0	0	4.7	0	0	0	1.7	7.5	0	2.2	13.2	0	10.2	2.3	0		10.9	0	
PT101	1	21	0	4	0	4.7		0	5	0	4.7	0	8.7			0	10.9	5.6	4	0	6.4	0.6	0	0	0	8.4	0	10.2	17.8	9.8	17.8	0	9.3		8.9	18.1	
PT101	1	22	8.3	3.7	10.3	8.5		7	0	0	2	7.2	7.3			0	10.8	0	0	0	0.8	0	0	5.6	3.5	12	1.4	0	6	3.7	0	4	11.2		11.3	3.6	
PT101	1	23	0	0	2.7	12.7		5.9	0	0	0	0	2			0	0.8	8.3	6	12	3.1	0	0	0	5.3	0.8	10	0	3.2	0	0	11	11.9	23.6		6.5	0
PT101	1	24	0	0	4.5	11.5		22	0	0	3.6	0	10			0	0	4	12	4	0	4.2	0	10.9	0	3.5	0	3	21	16.2	0	12	6.7	9.9		19.9	2.1
PT101	1	25	10.4	0	2.3	10		0	0	0	8.3	15.5	3			0	5.7	1	0	2	0	17.3	4.4	0	8.4	4.9	0.9	0	5.8	10	8	7.9	0		0	0	0
PT101	1	26	11.6	0	11.5	0		14.3	0	0	4	0	0			0	19.4	14	2.8	2.4	0	2.5	6.9	0	0	0	0	0	7.1	0	0	0	0		8.8	0	
PT101	1	27	0	0	4.5	4.6		0	0	0	6.3	0	0			0	0	8	0	7.8	0	7.4	4.1	3.4	14.2	1.4	7.6	6.8	0	12.3	13.7	11.7	10.3	0		9.1	0
PT101	1	28	0	0	4.9	2		7	0	0	0	0	16.5			0	12.6	10.2	0	0	0	12.1	2.6	0.4	0	0	1.2	0	5	10.5	0	4	2.6	0		0	0
PT101	1	29	0	0	6.2	0		13	0	0	2.9	0	11.6			0	9.8	4	0	0	0	1.4	0	0	4	0	7.2	14.9	3	9.9	6.2	16.4	0	9.6		0	0
PT101	1	30	0	11.5	3	0		2.9	0	0	0	0	8.5			0	3.8	0	12	0	16.4	0	0.9	3.6	0	0	4.2	1.8	7.2	3	0	4.9	23.3		0	0	
PT101	1	31	0	0	12.3	2		3	0	0	0	0	2			0	2.2	0	0	0	0	11.6	0	0	2	0	0	17	0	4.8	0	5	10.1	12.8		0	0
PT101	2	1				12.4		0				0				0.2	8.7	4.2	1	0	1.3	8.4	8.2	2.8	6.5	4.9	0	9.6	0	0	0	0	4.9		0	2.9	
PT101	2	2	4	4.8	8.6	0		4	3.7			0				12	0	10	0	8.3	0	8.4	1.2	0.6	3.4	4.5	0	0	13.4	0	8.7	19.4		0	3.8		
PT101	2	3	0	11.8	7.2	0		0	2			0				0	19.4	0	0.9	0	0.6	0	1.6	0	0.9	0	1.2	12	3.2	4	8.9	7	7.7	3.9		0	2.7
PT101	2	4	3.4	3.4	0	0		0	0			0				8.7	18	13.3	3	11	4	0	7.6	0	5.5	0	8.4	8	0	0	0	0	3.8		0	10.6	
PT101	2	5	9	2	0	4.5		7.3	4			0				6	0	5	0	0	4	8.8	0	0	1.4	0	0	5	5.4	0	17.2	5.8	9.8	0		0	17.6
PT101	2	6	4.7	0	0	11.9		2	0			0				4.8	0	1	2.1	0	12.8	S/D	0	13.4	6.1	4.5	9.8	16	6.2	1.3	0	0	4.3	10.3		6.3	0
PT101	2	7	6.2	0	9.3	0		0	0			0				0	0	4.2	0	8	11.4	4.6	0	8.2	0	0	4.8	15.6	0	0	12	0	0	7.9		0	0
PT101	2	8	2	10.6	7	12.5		4.7	0			0				0	29	22.2	4	0	0	0.7	2.9	12.6	0	0	10	8.6	0	8.5	9.8	3	5.8	10.9		0	29
PT101	2	9	0	21.4	18	0		0	0			0				4	8	6	0	3	0	23.2	0	15.7	0	10.2	0	0	0	14.7	8.1	0	7.3		4.9	0	0
PT101	2	10	4.9	12	0	4		11	0			0				0	1.7	0	0	0	1.8	3.2	16	9.3	7.2	0	0	3.6	1.4	12.1	5	0	3.2	12.9		0	0
PT101	2	11	10.8	0	7.3	0		7.3	0			0				10	6	10	0	0	0	12.8	2.6	0.7	8.7	3.5	23.3	0.4	0	11	15	4.3	0	10.9		8.9	0
PT101	2	12	0	18.6	4.5	7.3		17	0			0				3	0	1.4	3	0	0	0	9.1	12.4	12.7	1.9	3	10	7	0	0	8.5	17.9		4.5	0	
PT101	2	13	0	0	9.7	8.8		18	0			0				10	0	4.2	5	0	4.8	2.7	0	11.6	0	7.1	0	3.8	0	0	0	8.6	0		11.5	15.1	
PT101	2	14	4	18.4	2.3	5.7		0	6			0				0	0	2.3	1	0	0	0	0.6	4.6	0	0.8	1.9	2.1	20	0	0	17.4	10.1	14.7		10.9	12.4
PT101	2	15	7.9	4.2	0	6.7		0	3.4			0			S/D	0	15	13.8	5.3	0	2.3	3.6	0	0	0	0	1	15.5	0	9.8	0	6.2		4.8	25		
PT101	2	16	0	5.3	0	0		7.5	0			5.4				0	0																				



UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL

INAHUANCA/000475/DZ11

LONG: 76° 30' 46.26"
DPTO: PASCO

PT101 PRECIPITACION TOTAL DIARIA (mm)

Table with 28 columns and 100 rows containing precipitation data for PT101. Columns include date, time, and various precipitation measurements in mm. Some cells contain 'S/D' or numerical values.

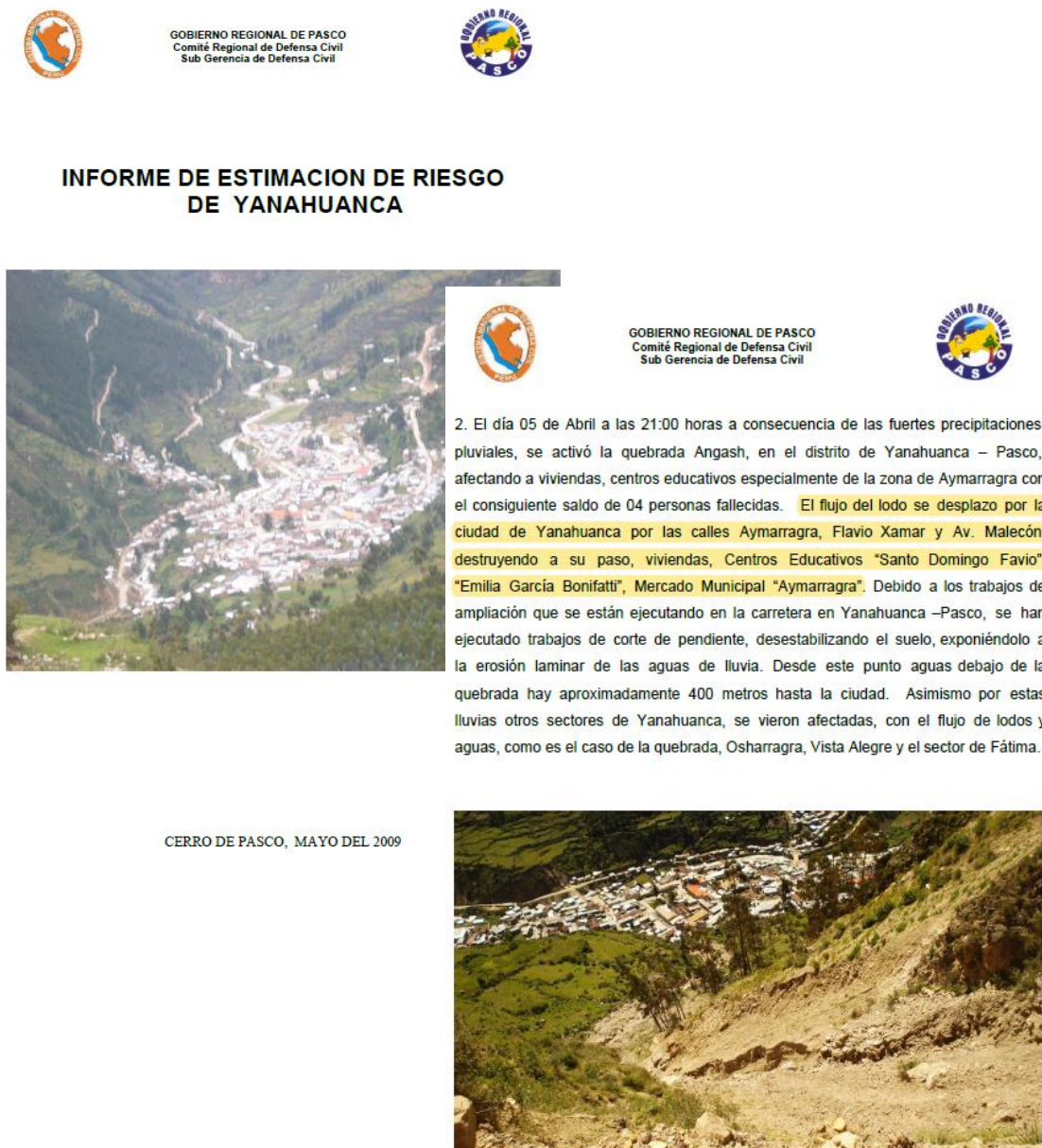




## A.7. Estimación del área de sedimentos producto del huayco ocurrido el 05 de abril del 2009

Mediante los reportes realizados con relación a las calles y edificaciones afectadas producto del huayco ocurrido el 05 de abril del 2009, se estimó el área de depósito de sedimentos, información que se extrajo de la página n.º 31 del informe del comité regional de defensa civil del gobierno regional de Pasco y un video recopilado del hecho (<https://vimeo.com/4246930>).

Figura A 9. Informe de Estimación de Riesgo de Yanahuanca – Comité Regional de Defensa Civil



Fuente: Tomada de Comité Regional de Defensa Civil, 2009



Mediante el plano catastral de la ciudad de Yanahuanca, se identificó las vías y edificaciones que fueron perjudicadas a causa del huayco suscitado el 05 de abril del 2009, en las cuales se observó además mediante el panel fotográfico disponible, material o sedimentos depositados.

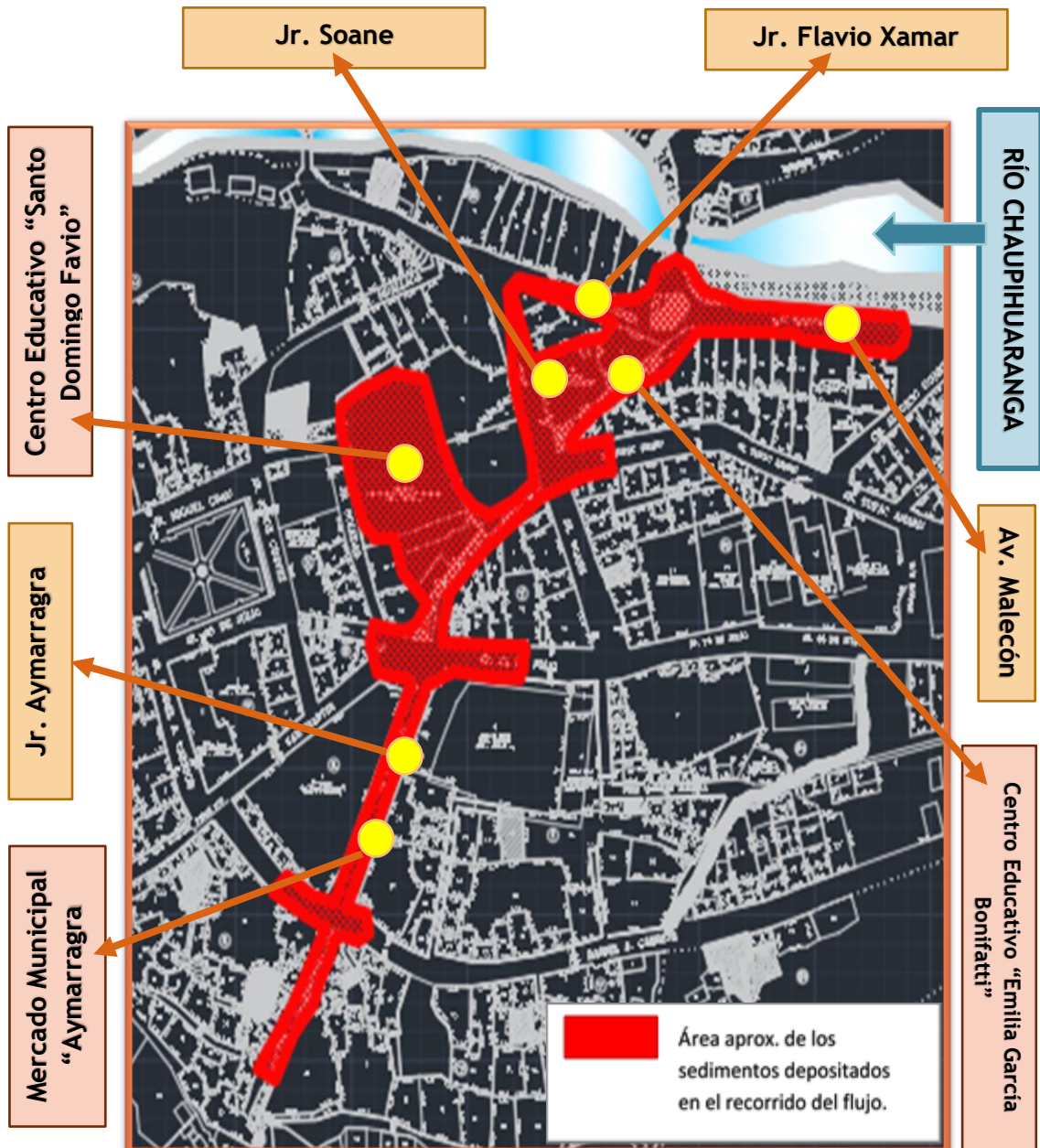
Figura A 10. Identificación de Vías y Edificaciones Afectadas por Huayco



Fuente: Elaboración propia con plano catastral de la ciudad de Yanahuanca.

Delimitación del área de sedimentos depositados en la ciudad de Yanahuanca, el cual se estima alcanzó 9,430.84 m<sup>2</sup>.

Figura A 11. Estimación del Área de Sedimentos Depositados Producto del Huayco



Fuente: Elaboración propia con plano catastral de la ciudad de Yanahuanca.

PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

ESTUDIO DE SUELOS  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-1 : M-1

COORDENADAS : N: 8839507

E: 334024

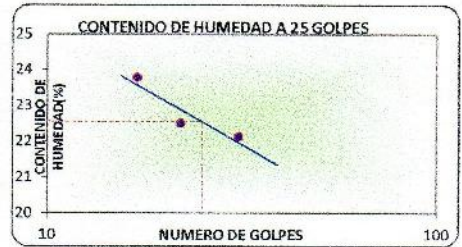
COTA: 3319

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA

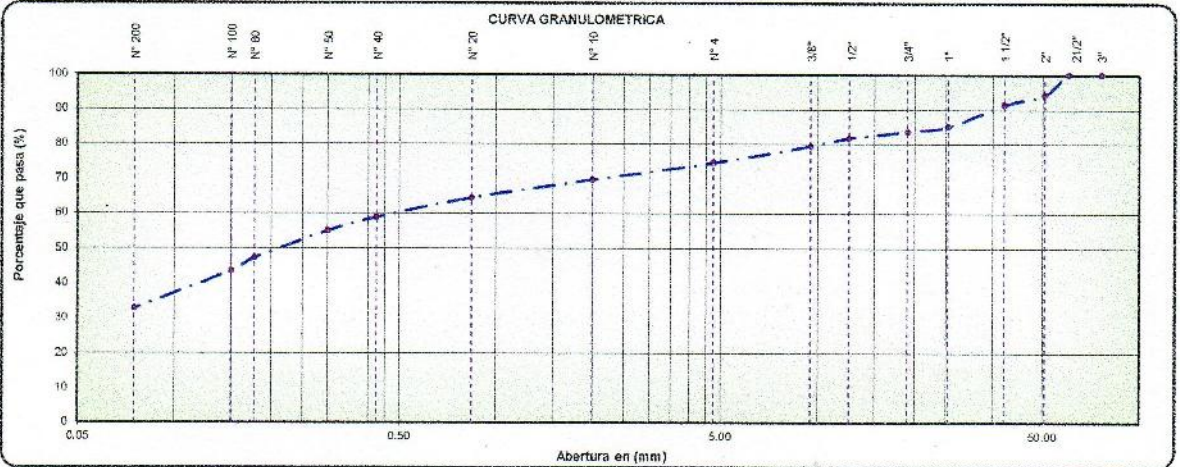
FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	<b>Pesos de Muestra</b> Peso Total : 10000 gr. Peso de Grava : 2543 gr. Peso de Arena : 7457 gr. Fracc. < N° 4 : 2542.79 gr.
2 1/2"	60.350	100.00	
2"	50.800	84.27	
1 1/2"	38.100	91.44	
1"	25.400	85.11	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b> Limite Líquido : 23 % Limite Plástico : 20 % Indice Plástico : 3 %
3/4"	19.000	83.62	
1/2"	12.500	81.99	
3/8"	9.500	79.43	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b> A.A.S.H.T.O : A - 2 S.U.C.S. : SC
N° 4	4.750	74.57	
N° 10	2.000	69.72	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b> Humedad Natural (%) : 3.80 % Materia orgánica (%) : 0.0
N° 20	0.840	64.48	
N° 40	0.425	58.87	
N° 50	0.300	55.02	
N° 80	0.177	47.27	
N° 100	0.150	43.55	
N° 200	0.075	32.85	<b>ARENA ARCILLOSA CON GRAVA</b>
< N° 200	Fondo	0.00	



**OBSERVACIONES**  
El contenido de humedad para los 25 golpes del del diagrama semilogarítmico es el LL = 23



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Jorge Campos Angulo*  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL**

NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.127

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>ESTRUCTURA</b> : MATERIAL PROPIO	<b>SOLICITANTE:</b> MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA
<b>CALICATA</b> : CALICATA	<b>FECHA:</b> 27/08/2019
<b>UBICACIÓN</b> : Yanahuanca	<b>REALIZADO POR:</b> Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.
<b>MUESTRA</b> : C-1 : M-1	

ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA gr.	T-01	T-02	T-03
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	643.00	643.00	643.00
PESO TARA + SUELO SECO gr.	622.00	622.00	622.00
PESO DE LA TARA gr.	70.00	70.00	70.00
PESO DEL AGUA gr/cm3	21.00	21.00	21.00
PESO SUELO SECO gr.	552.00	552.00	552.00
HUMEDAD %	3.80	3.80	3.80
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %	3.80		

**Observaciones:**

El resultado de humedad natural de la muestra (C-01 : M-01) 3.80 %



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLO**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquiapa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128

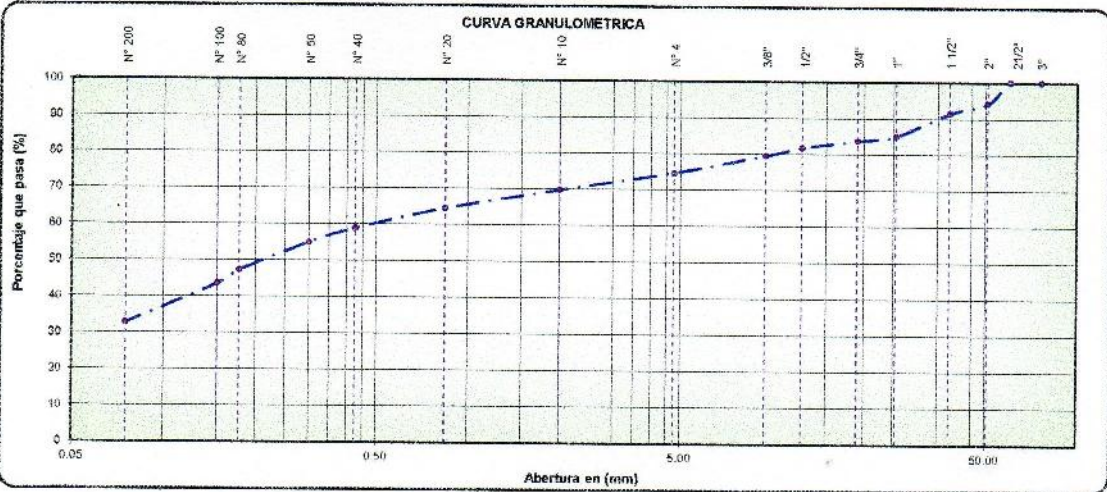
GEOTECNIA VIAL Y ESTABILIDAD DE TALUDES

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO  
CALICATA : CALICATA  
UBICACIÓN : Yanahuanca  
MUESTRA : C-1 : M-1

FECHA: 27/09/2019  
REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.  
PESO INICIAL SECO: 10000 gr.

MÉTODO : A

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓ N° "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		Pesos de Muestra
2 1/2"	60.350	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.800	573.21	5.73	5.73	94.27	100	Peso Total : 10000 gr.
1 1/2"	38.100	282.53	2.83	8.56	91.44		Peso de Grava : 2643 gr.
1"	25.400	632.98	6.33	14.89	85.11	-	Peso de Arena : 7457 gr.
3/4"	19.000	148.42	1.48	16.38	83.62		Fracc. < N° 4 : 2542.79 gr.
1/2"	12.500	192.88	1.93	18.31	81.69		CONSISTENCIA
3/8"	9.500	225.48	2.25	20.57	79.43	30 - 65	Límite Líquido : 23 %
N° 4	4.750	486.28	4.86	25.43	74.57	25 - 55	Límite Plástico : 20 %
N° 10	2.000	484.89	4.85	30.28	69.72	15 - 40	Índice Plástico : 3 %
N° 20	0.840	524.23	5.24	35.52	64.48		CLASIFICACIÓN DEL SUELO
N° 40	0.425	561.00	5.61	41.13	58.87	8 - 20	A.A.S.N.T.O : A - 2 - 4
N° 50	0.300	384.83	3.85	44.98	55.02		S.U.C.S. : SC
N° 80	0.177	774.80	7.75	52.73	47.27		Humedad Natural (%) : 3.80
N° 100	0.150	372.01	3.72	56.45	43.55		Materia orgánica (%) : 0.0
N° 200	0.075	1070.69	10.71	67.15	32.85	2 - 8	
< N° 200	Fondo	3284.77	32.85	100.00	0.00		
		10000	100				



Observaciones: La muestra fueron identificadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Jorge Campos Angulo*  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuana, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.129

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA	MATERIAL PROPIO	SOLICITANTE:	MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA
CALICATA	CALICATA	FECHA:	27/08/2019
UBICACIÓN	Yanahuana	HECHO POR:	Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.
MUESTRA	C-1 : M-1		

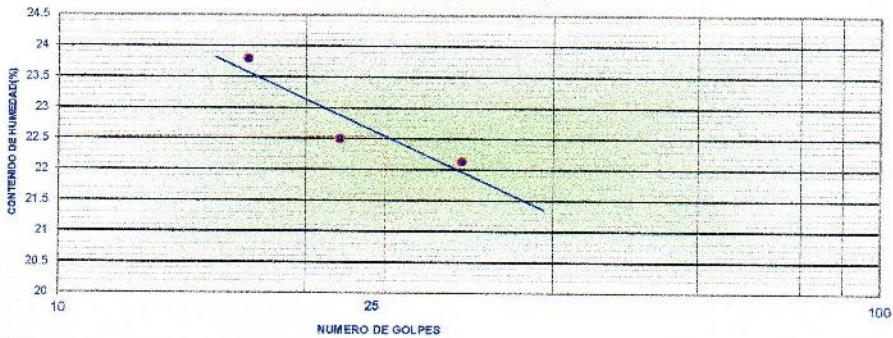
**LÍMITE LIQUIDO (NTP 339.129)**

N° TARA		T-07	T-30	T-15	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	43.80	38.80	47.30	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	38.20	34.10	40.90	
PESO DE AGUA	(gr.)	5.40	4.50	6.40	
PESO DE LA TARA	(gr.)	13.80	14.10	14.00	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	24.40	20.00	26.90	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.13	22.50	23.75	
NUMERO DE GOLPES		31	22	17	

**LÍMITE PLÁSTICO (NTP 339.129)**

N° TARA		T-103	T-102	T-210	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	16.30	16.50	15.80	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	15.90	16.10	15.50	
PESO DE LA TARA	(gr.)	13.90	14.00	13.80	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.40	0.40	0.40	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	2.00	2.10	1.90	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	20.00	19.05	21.05	20

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**



**CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA**

LÍMITE LIQUIDO (%)	23
LÍMITE PLÁSTICO (%)	20
ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD (%)	3

**OBSERVACIONES**

El contenido de humedad para los 25 golpes de

del diagrama semi-logarítmico es el LL = 27 23



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
*Jorge Campos Arguilo*  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

CLASIFICACION DE SUELOS  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.134

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-1 : M-1

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA

FECHA: 27/08/2019

HECHO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S

% Que Pasa la Malla N° 200	32.85		
% Que Pasa la Malla N° 4	74.57		
Límite Líquido	LL = 23.00 %	D60 = -60.593	Cu = 18.993
Límite Plástico	LP = 20.00 %	D30 = -20.529	Cc = 2.180
Índice de Plasticidad	IP = 3.00 %	D10 = -3.190	Suelo Bien Graduado

Tipo de Suelo Según su Granulometría : Suelo Grueso  
Arena

Tipo de Simbología : Simbología Normal

Tipo de Suelo : SM , SC

Suelo : SC

inorgánico

Características del Suelo : SC

ARENA ARCILLOSA CON GRAVA

CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO

% Que Pasa la Malla N° 200	32.85	Determinación del Índice de Grupo IG	
% Que Pasa la Malla N° 40	58.87	a = 0.00	IG = 0.00
% Que Pasa la Malla N° 10	69.72	b = 17.85	
Límite Líquido	LL = 23.00 %	c = 0.00	
Límite Plástico	LP = 20.00 %	d = 0.00	
Índice de Plasticidad	IP = 3.00 %		

Tipo de Suelo : Material Granular

Clasificación de Suelos : A - 2

Suelo : A - 2 - 4

Tipo de Material : Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas

Terreno de Fundación : Excelente a Bueno

Observaciones: Según el solicitante No se encontraron napa freática



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Jorge Campos Angulo*  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquiya, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

ESTUDIO DE SUELOS

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

GALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-1 : M-2

COORDENADAS : N: 8839507

E: 334024

COTA: 3319

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA

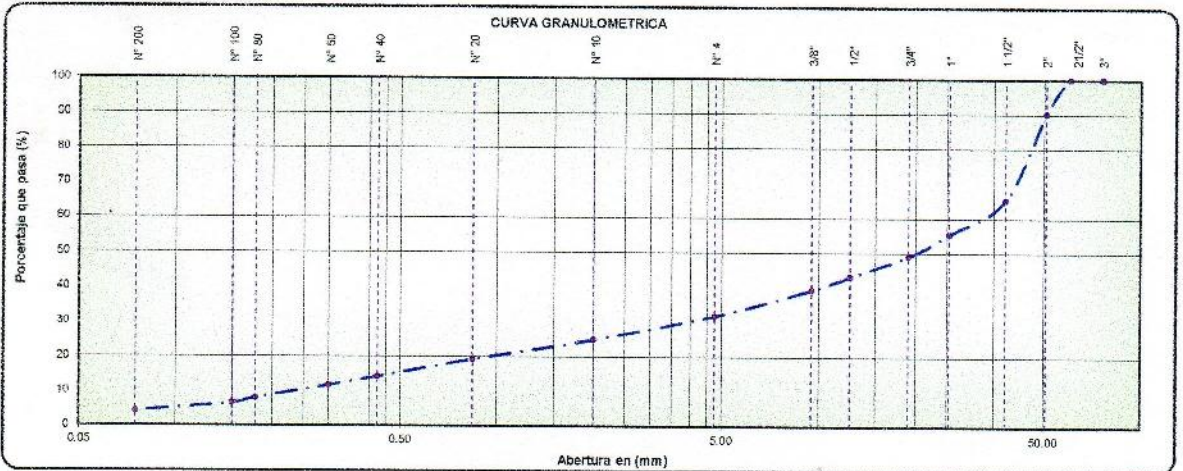
FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
5"	76.200	100.00	
2 1/2"	60.350	100.00	<b>Pesos de Muestra</b>
2"	50.800	90.15	Peso Total : 10000 gr.
1 1/2"	38.100	65.35	Peso de Grava : 6617 gr.
1"	25.400	55.44	Peso de Arena : 3183 gr.
3/4"	19.000	49.08	Fracc. < N° 4 : 6817.13 gr.
1/2"	12.500	43.22	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
3/8"	9.500	39.98	Límite Líquido : NL %
N° 4	4.750	31.83	Límite Plástico : NP %
N° 10	2.000	24.97	Índice Plástico : NP %
N° 20	0.840	19.25	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 40	0.425	14.29	A.A.S.H.T.O : A - 1
N° 50	0.300	11.72	S.U.C.S. : GP
N° 80	0.177	8.04	Humedad Natural (%) : 3.28 %
N° 100	0.150	6.54	Materia orgánica (%) : 0.0
N° 200	0.075	4.23	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b>
< N° 200	Fondo	0.00	GRAVA MAL GRADUADA CON ARENA



**OBSERVACIONES**  
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = NL



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352



**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.127

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO  
CALICATA : CALICATA  
UBICACIÓN : Yanahuanca  
MUESTRA : C-1 : M-2

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ  
JANAMPA

FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA gr.	T-01	T-02	T-03
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	851.00	851.00	851.00
PESO TARA + SUELO SECO gr.	826.00	826.00	826.00
PESO DE LA TARA gr.	64.00	64.00	64.00
PESO DEL AGUA gr/cm <sup>3</sup>	25.00	25.00	25.00
PESO SUELO SECO gr.	762.00	762.00	762.00
HUMEDAD %	3.28	3.28	3.28
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %	3.28		

**Observaciones:**

El resultado de humedad natural de la muestra (C-01 : M-02) 3.28 %



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128

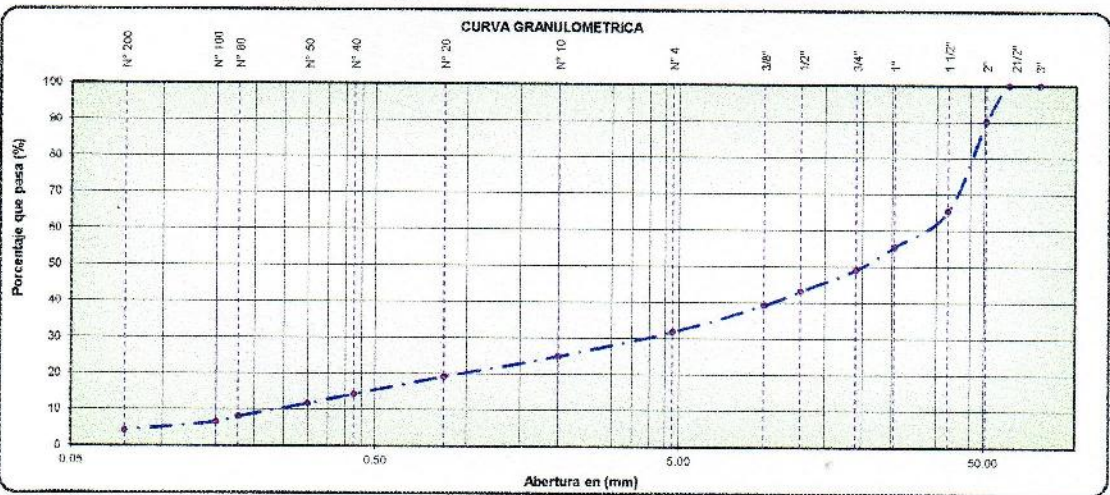
GEOTECNIA VIAL Y ESTABILIDAD DE TALUDES

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO  
CALICATA : CALICATA  
UBICACIÓN : Yanahuanca  
MUESTRA : C-1 : M-2

FECHA: 27/08/2019  
REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.  
PESO INICIAL SECO: 10000 gr.

MÉTODO : A

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓ N "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		<b> Pesos de Muestra </b>
2 1/2"	60.350	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Total : 10000 gr.
2"	50.800	985.40	9.85	9.85	90.15	100	Peso de Grava : 6817 gr.
1 1/2"	38.100	2479.83	24.80	34.65	65.35		Peso de Arena : 3183 gr.
1"	25.400	991.16	9.91	44.56	55.44	-	Fracc. < N° 4 : 6817.13 gr.
3/4"	19.000	635.80	6.36	50.92	49.08		<b> CONSISTENCIA </b>
1/2"	12.500	585.06	5.86	56.78	43.22		Límite Líquido : NL %
3/8"	9.500	386.09	3.86	60.64	39.36	30 - 65	Límite Plástico : NP %
N° 4	4.750	752.98	7.53	68.17	31.83	25 - 55	Índice Plástico : NP %
N° 10	2.000	985.61	6.86	75.03	24.97	15 - 40	<b> CLASIFICACIÓN DEL SUELO </b>
N° 20	0.840	571.78	5.72	80.75	19.25		A.A.S.H.T.O : A - 1
N° 40	0.425	496.91	4.97	85.71	14.29	8 - 20	S.U.C.S. : GW, GP
N° 30	0.300	256.99	2.57	88.28	11.72		Humedad Natural (%) : 3.28
N° 80	0.177	367.76	3.68	91.96	8.04		Materia orgánica (%) : 0.0
N° 100	0.150	150.17	1.50	93.46	6.54		
N° 200	0.075	230.72	2.31	95.77	4.23	2 - 8	
< N° 200	Fondo	422.92	4.23	100.00	0.00		
		10000	100				



Observaciones: La muestra fueron identificadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**  
**"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"**

**GEOTECNIA**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**  
 NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.129

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA	MATERIAL PROPIO	SOLICITANTE:	MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA
CALICATA	CALICATA	FECHA:	27/08/2019
UBICACIÓN	Yanahuanca	HECHO POR:	Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.
MUESTRA	C-1 : M-2		

**LÍMITE LIQUIDO (NTP 339.129)**

N° TARA				
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)			
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)			
PESO DE AGUA	(gr.)			
PESO DE LA TARA	(gr.)		<b>N.L</b>	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)			
NUMERO DE GOLPES				

**LÍMITE PLÁSTICO (NTP 339.129)**

N° TARA				<b>PROMEDIO</b>
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)			
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)			
PESO DE LA TARA	(gr.)			
PESO DEL AGUA	(gr.)			
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)		<b>N.P</b>	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)			<b>NP</b>



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LIQUIDO (%)	NL
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD (%)	NP

OBSERVACIONES
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 27 NL



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
 Jorge Campos Argueta  
 Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
 Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

CLASIFICACION DE SUELOS  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.134

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-1 : M-2

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA

FECHA: 27/08/2019

HECHO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S

% Que Pasa la Malla N° 200	4.23				
% Que Pasa la Malla N° 4	31.83				
Límite Líquido	LL =	NL	%	D <sub>60</sub> = 31.118	Cu = 463.903
Límite Plástico	LP =	NP	%	D <sub>30</sub> = 4.017	Cc = 7.729
Índice de Plasticidad	IP =		%	D <sub>10</sub> = 0.067	Suelo Mal Graduado
Tipo de Suelo Según su Granulometría : Suelo Grueso Grava					
Tipo de Simbología : Simbología Normal					
Tipo de Suelo : GW , GP					
Suelo : GW , GP inorganico					
Características del Suelo : GW , GP GRAVA MAL GRADUADA CON ARENA					

CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO

% Que Pasa la Malla N° 200	4.23	Determinación del Índice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 40	14.29	a =	IG =		
% Que Pasa la Malla N° 10	24.97	b =			
Límite Líquido	LL =	NL	%	c =	
Límite Plástico	LP =	NP	%	d =	
Índice de Plasticidad :	IP =		%		
Tipo de Suelo : Material Granular					
Clasificación de Suelos : A - 1					
Suelo :					
Tipo de Material : Fragmentos de Piedra Grava y Arena					
Terreno de Fundación :					

Observaciones: Según el solicitante No se encontraron napa freatica



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

**"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"**

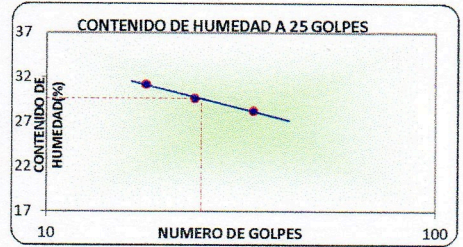
**GEOTECNIA**

**ESTUDIO DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

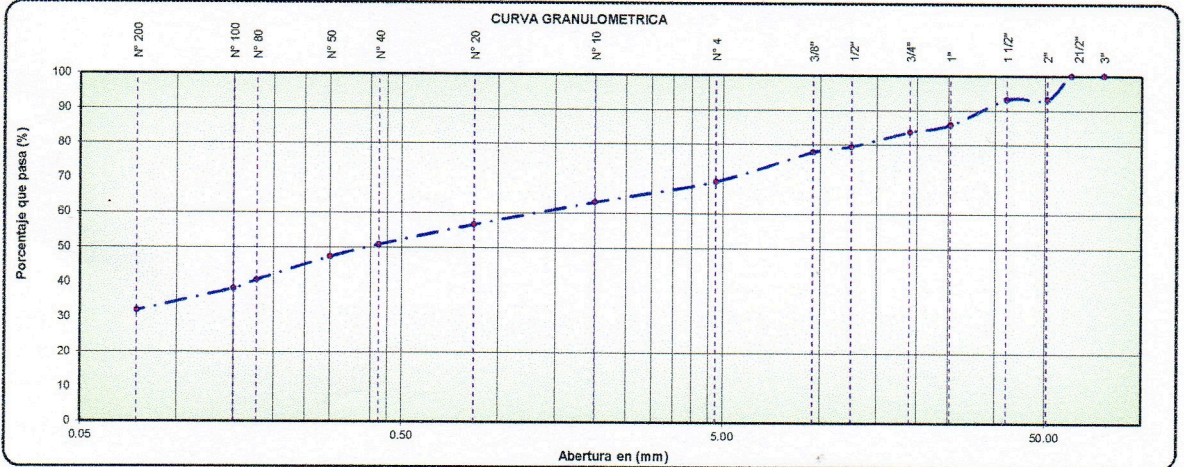
**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO	COORDENADAS : N: 8839487	SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA
CALICATA : CALICATA	E: 334071	FECHA: 27/08/2019
UBICACIÓN : Yanahuanca	COTA: 3339	REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.
MUESTRA : C-2 : M-1		

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	<b>Pesos de Muestra</b>
2 1/2"	60.350	100.00	Peso Total : 10000 gr.
2"	50.800	93.20	Peso de Grava : 3071 gr.
1 1/2"	38.100	93.20	Peso de Arena : 6929 gr.
1"	25.400	85.87	Fracc. < N° 4
3/4"	19.000	83.68	3070.53 gr.
1/2"	12.500	79.45	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
3/8"	9.500	77.83	Límite Líquido : 30 %
N° 4	4.750	69.29	Límite Plástico : 25 %
			Índice Plástico : 5 %
			<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 10	2.000	63.18	A.A.S.H.T.O : A - 2
N° 20	0.840	56.69	S.U.C.S. : SM
N° 40	0.425	50.89	Humedad Natural (%) : 6.12 %
N° 50	0.300	47.37	Materia orgánica (%) : 0.0
N° 80	0.177	40.75	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b>
N° 100	0.150	38.29	ARENA LIMOSA CON GRAVA
N° 200	0.075	31.97	
< N° 200	Fondo	0.00	



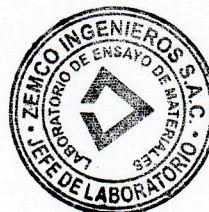
**OBSERVACIONES**  
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 30



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Jorge Campos Argueta**  
 Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.127

**DATOS DE LA MUESTRA**


<b>ESTRUCTURA</b> : MATERIAL PROPIO	<b>SOLICITANTE:</b> MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA
<b>CALICATA</b> : CALICATA	<b>FECHA:</b> 27/08/2019
<b>UBICACIÓN</b> : Yanahuanca	<b>REALIZADO POR:</b> Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.
<b>MUESTRA</b> : C-2 : M-1	

ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA gr.	T-01	T-02	T-03
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	419.00	419.00	419.00
PESO TARA + SUELO SECO gr.	399.00	399.00	399.00
PESO DE LA TARA gr.	72.00	72.00	72.00
PESO DEL AGUA gr/cm <sup>3</sup>	20.00	20.00	20.00
PESO SUELO SECO gr.	327.00	327.00	327.00
HUMEDAD %	6.12	6.12	6.12
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %	6.12		

**Observaciones:**

El resultado de humedad natural de la muestra (C-02 : M-01) 6.12 %



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Jorge Campos Angulo**  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134532

PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128

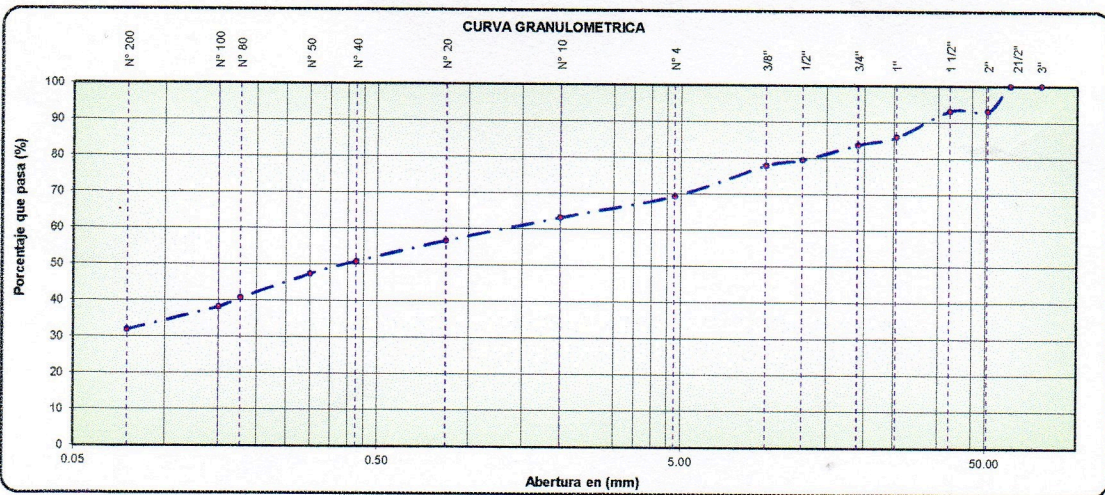
GEOTECNIA VIAL Y ESTABILIDAD DE TALUDES

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO  
CALICATA : CALICATA  
UBICACIÓN : Yanahuanca  
MUESTRA : C-2 - M-1

FECHA: 27/08/2019  
REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
PESO INICIAL SECO: 10000 gr.

MÉTODO : A

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓ N "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		<b>Pesos de Muestra</b>
2 1/2"	60.350	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Total : 10000 gr.
2"	50.800	680.10	6.80	6.80	93.20	100	Peso de Grava : 3071 gr.
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	6.80	93.20		Peso de Arena : 6929 gr.
1"	25.400	733.00	7.33	14.13	85.87	-	Fracc. < N° 4 : 3070.53 gr.
3/4"	19.000	219.14	2.19	16.32	83.68		<b>CONSISTENCIA</b>
1/2"	12.500	423.17	4.23	20.55	79.45		Límite Líquido : 30 %
3/8"	9.500	161.21	1.61	22.17	77.83	30 - 65	Límite Plástico : 25 %
N° 4	4.750	853.90	8.54	30.71	69.29	25 - 55	Índice Plástico : 5 %
N° 10	2.000	611.35	6.11	36.82	63.18	15 - 40	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 20	0.840	648.80	6.49	43.31	56.69		A.A.S.H.T.O : A - 2 - 4
N° 40	0.425	580.58	5.81	49.11	50.89	8 - 20	S.U.C.S. : SM
N° 50	0.300	351.82	3.52	52.63	47.37		Humedad Natural (%) : 6.12
N° 80	0.177	662.18	6.62	59.25	40.75		Materia organica (%) : 0.0
N° 100	0.150	246.14	2.46	61.71	38.29		
N° 200	0.075	631.41	6.31	68.03	31.97	2 - 8	
< N° 200	Fondo	3197.19	31.97	100.00	0.00		
		10000	100				



Observaciones: La muestra fueron identificadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Jorge Campos Angulo*  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuana, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.129

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA	MATERIAL PROPIO	SOLICITANTE:	MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA
CALICATA	CALICATA	FECHA:	27/08/2019
UBICACIÓN	Yanahuana	HECHO POR:	Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.
MUESTRA	C-2 : M-1		

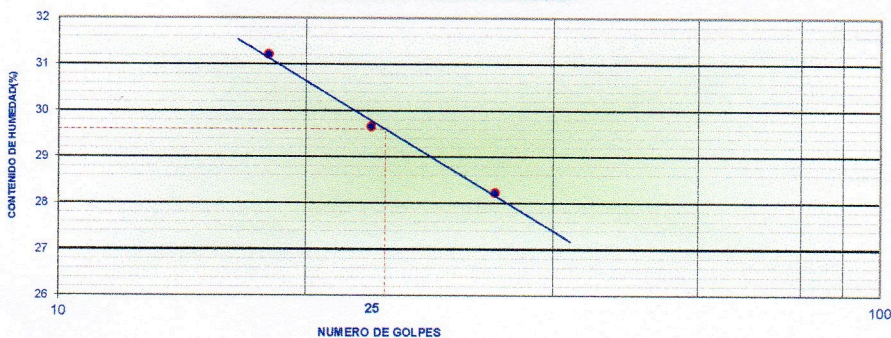
**LIMITE LIQUIDO (NTP 339.129)**

Nº TARA		T-205	T-204	T-17	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	29.90	32.80	34.50	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	26.40	28.50	29.60	
PESO DE AGUA	(gr.)	3.50	4.30	4.90	
PESO DE LA TARA	(gr.)	14.00	14.00	13.90	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	12.40	14.50	15.70	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	<b>28.23</b>	<b>29.66</b>	<b>31.21</b>	
NUMERO DE GOLPES		34	24	18	

**LIMITE PLÁSTICO (NTP 339.129)**

Nº TARA		T-33	T-14	T-03	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	14.70	15.30	16.20	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	14.50	15.10	15.70	
PESO DE LA TARA	(gr.)	13.70	14.30	13.80	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.20	0.20	0.50	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	0.80	0.80	1.90	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	<b>25.00</b>	<b>25.00</b>	<b>26.32</b>	<b>25</b>

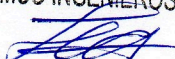
**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO (%)	30
LIMITE PLASTICO (%)	25
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	5

OBSERVACIONES
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 27 30



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.  
**Marco Antonio ESPINOZA RUSHI**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352



**PROYECTO TESIS:**

**"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"**

**GEOTECNIA**

**CLASIFICACION DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.134

**DATOS DE LA MUESTRA**

**ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO**

**CALICATA : CALICATA**

**UBICACIÓN : Yanahuanca**

**MUESTRA : C-2 : M-1**

**SOLICITANTE : MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA**

**FECHA : 27/08/2019**

**HECHO POR : Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.**

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S**

% Que Pasa la Malla N° 200	31.97		
% Que Pasa la Malla N° 4	69.29		
Límite Líquido	LL = 30.00 %	D60 = -17.369	Cu = 6.954
Límite Plástico	LP = 25.00 %	D30 = -12.926	Cc = 3.851
Índice de Plasticidad	IP = 5.00 %	D10 = -2.498	Suelo Mal Graduado

Tipo de Suelo Según su Granulometría : Suelo Grueso

Arena

Tipo de Simbología : Simbología Normal

Tipo de Suelo : SM , SC

Suelo : **SM**

inorganico

Características del Suelo : **SM**

**ARENA LIMOSA CON GRAVA**

**CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO**

% Que Pasa la Malla N° 200	31.97	Determinación del Índice de Grupo IG	
% Que Pasa la Malla N° 40	50.89	a = 0.00	IG = 0.00
% Que Pasa la Malla N° 10	63.18	b = 16.97	
Límite Líquido	LL = 30.00 %	c = 0.00	
Límite Plástico	LP = 25.00 %	d = 0.00	
Índice de Plasticidad :	IP = 5.00 %		

Tipo de Suelo : Material Granular

Clasificación de Suelos : A - 2


Suelo : **A - 2 - 4**

Tipo de Material : Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas

Terreno de Fundación : Excelente a Bueno

Observaciones: Según el solicitante No se encontraron napa freatica



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Jorge Campos Angulo**  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**ESTUDIO DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-2 : M-2

COORDENADAS : N: 8839487

E: 334071

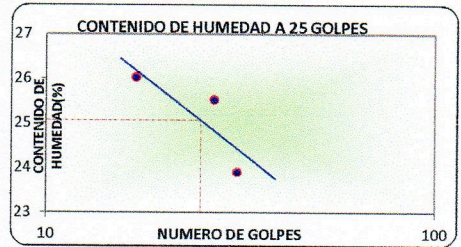
COTA: 3339

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA

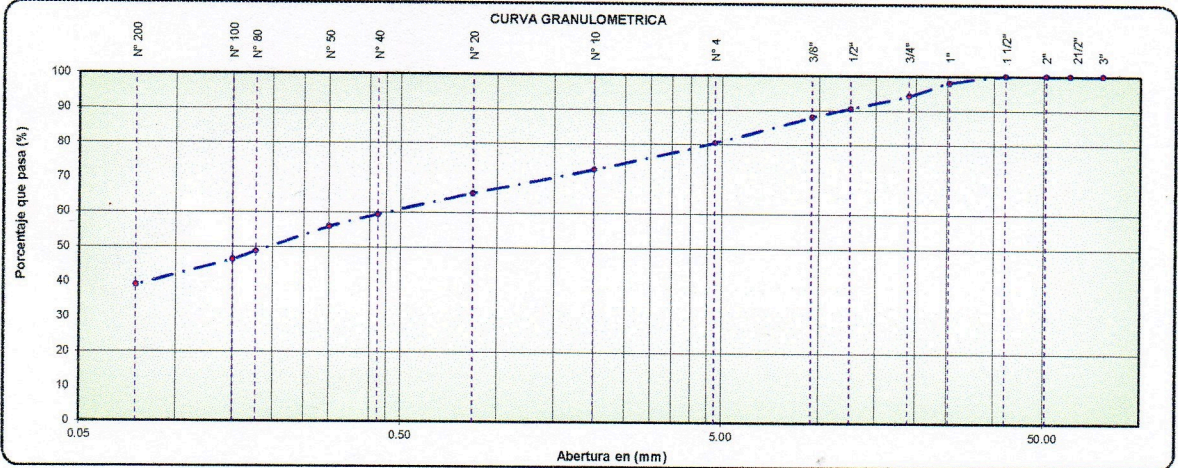
FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

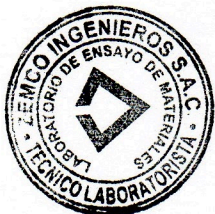
TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	
<b>Pesos de Muestra</b>			
21/2"	60.350	100.00	Peso Total : 10000 gr.
2"	50.800	100.00	Peso de Grava : 1949 gr.
1 1/2"	38.100	100.00	Peso de Arena : 8051 gr.
1"	25.400	98.06	Fracc. < N° 4 : 1948.82 gr.
3/4"	19.000	94.31	
1/2"	12.500	90.58	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
3/8"	9.500	88.05	Límite Líquido : 25 %
N° 4	4.750	80.51	Límite Plástico : 23 %
N° 10	2.000	72.59	Índice Plástico : 2 %
<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>			
N° 20	0.840	65.62	A.A.S.H.T.O : A - 4
N° 40	0.425	59.45	S.U.C.S. : SM
N° 50	0.300	55.90	Humedad Natural (%) : 7.20 %
N° 80	0.177	48.79	Materia orgánica (%) : 0.0
N° 100	0.150	46.43	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b>
N° 200	0.075	39.09	
< N° 200	Fondo	0.00	ARENA LIMOSA CON GRAVA



**OBSERVACIONES**  
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 25



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.127

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>ESTRUCTURA</b> : MATERIAL PROPIO	<b>SOLICITANTE:</b> MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA
<b>CALICATA</b> : CALICATA	<b>FECHA:</b> 27/08/2019
<b>UBICACIÓN</b> : Yanahuanca	<b>REALIZADO POR:</b> Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.
<b>MUESTRA</b> : C-2 : M-2	

ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA gr.	T-01	T-02	T-03
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	459.00	459.00	459.00
PESO TARA + SUELO SECO gr.	433.00	433.00	433.00
PESO DE LA TARA gr.	72.00	72.00	72.00
PESO DEL AGUA gr/cm <sup>3</sup>	26.00	26.00	26.00
PESO SUELO SECO gr.	361.00	361.00	361.00
HUMEDAD %	7.20	7.20	7.20
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %	7.20		

**Observaciones:**

El resultado de humedad natural de la muestra (C-02 : M-02) 7.20 %



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Jorge Campos Arguilo**  
 Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128

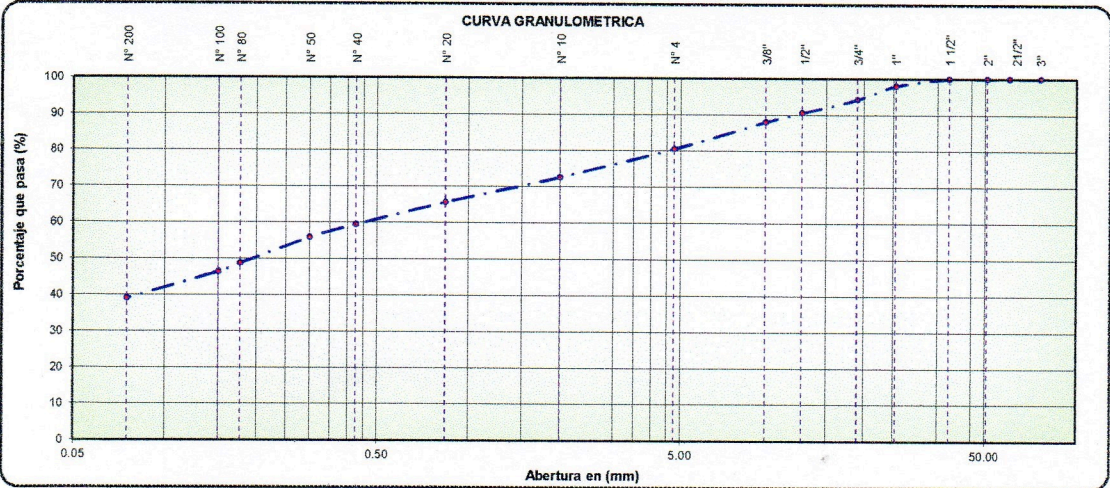
GEOTECNIA VIAL Y ESTABILIDAD DE TALUDES

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO  
CALICATA : CALICATA  
UBICACIÓN : Yanahuanca  
MUESTRA : C-2 : M-2

MÉTODO : A

FECHA: 27/08/2019  
REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.  
PESO INICIAL SECO: 10000 gr.

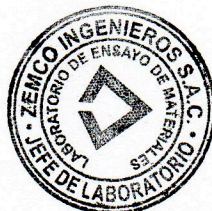
TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓ N "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		<b> Pesos de Muestra </b>
2 1/2"	60.350	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Total : 10000 gr.
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	100	Peso de Grava : 1949 gr.
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso de Arena : 8051 gr.
1"	25.400	194.47	1.94	1.94	98.06	-	Fracc. < N° 4 : 1948.82 gr.
3/4"	19.000	374.62	3.75	5.69	94.31		<b> CONSISTENCIA </b>
1/2"	12.500	372.57	3.73	9.42	90.58		Límite Líquido : 25 %
3/8"	9.500	253.84	2.54	11.95	88.05	30 - 65	Límite Plástico : 23 %
N° 4	4.750	753.33	7.53	19.49	80.51	25 - 55	Índice Plástico : 2 %
N° 10	2.000	791.75	7.92	27.41	72.59	15 - 40	<b> CLASIFICACIÓN DEL SUELO </b>
N° 20	0.840	697.10	6.97	34.38	65.62		<b> A.A.S.H.T.O </b>
N° 40	0.425	616.92	6.17	40.55	59.45	8 - 20	S.U.C.S. : SM
N° 50	0.300	355.23	3.55	44.10	55.90		Humedad Natural (%) : 7.20
N° 80	0.177	711.58	7.12	51.21	48.79		Materia orgánica (%) : 0.0
N° 100	0.150	236.08	2.36	53.57	46.43		
N° 200	0.075	733.85	7.34	60.91	39.09	2 - 8	
< N° 200	Fondo	3908.66	39.09	100.00	0.00		
		10000	100				



Observaciones: La muestra fueron identificadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Jorge Campos Angulo*  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machyacu del distrito de Yanahuana, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.129

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA	MATERIAL PROPIO	SOLICITANTE:	MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA
CALICATA	CALICATA	FECHA:	27/08/2019
UBICACIÓN	Yanahuana	HECHO POR:	Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.
MUESTRA	C-2 : M-2		

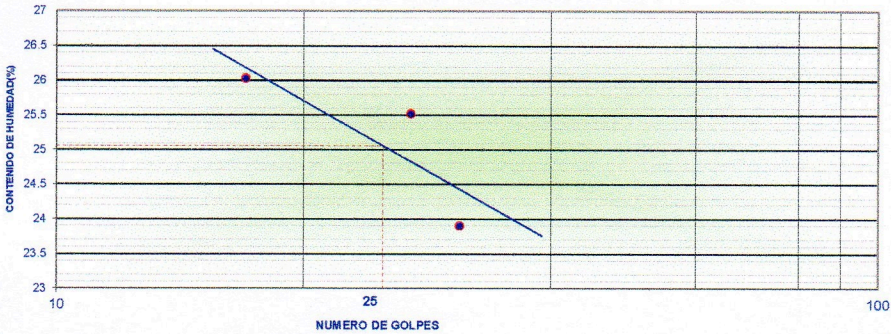
**LÍMITE LIQUIDO (NTP 339.129)**

N° TARA		T-31	T-202	A2-E	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	39.30	38.00	32.60	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	34.40	33.10	28.80	
PESO DE AGUA	(gr.)	4.90	4.90	3.80	
PESO DE LA TARA	(gr.)	13.90	13.90	14.20	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	20.50	19.20	14.60	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	23.90	25.52	26.03	
NUMERO DE GOLPES		31	27	17	

**LÍMITE PLÁSTICO (NTP 339.129)**

N° TARA		T-14	T-17	T-211	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	15.70	15.70	15.30	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	15.40	15.40	15.00	
PESO DE LA TARA	(gr.)	14.10	14.10	13.70	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.30	0.30	0.30	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	1.30	1.30	1.30	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	23.08	23.08	23.08	23

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**

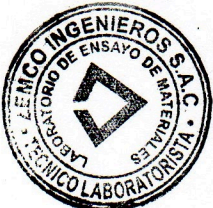


**CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA**

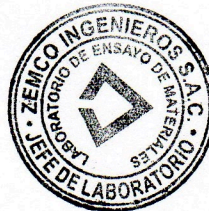
LÍMITE LIQUIDO (%)	25
LÍMITE PLÁSTICO (%)	23
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	2

**OBSERVACIONES**

El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 27 25
--



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

CLASIFICACION DE SUELOS  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.134

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-2 : M-2

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA

FECHA: 27/08/2019

HECHO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S

% Que Pasa la Malla N° 200	39.09		
% Que Pasa la Malla N° 4	80.51		
Límite Líquido	LL = 25.00 %	D60 = -40.857	Cu = 14.080
Límite Plástico	LP = 23.00 %	D30 = -12.794	Cc = 1.381
Índice de Plasticidad	IP = 2.00 %	D10 = -2.902	Suelo Bien Graduado

Tipo de Suelo Según su Granulometría : Suelo Grueso  
Arena

Tipo de Simbología : Simbología Normal

Tipo de Suelo : SM , SC

Suelo : **SM**

inorgánico

Características del Suelo : **SM**

ARENA LIMOSA CON GRAVA

CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO

% Que Pasa la Malla N° 200	39.09	Determinación del Índice de Grupo IG	
% Que Pasa la Malla N° 40	59.45		
% Que Pasa la Malla N° 10	72.59	a = 4.09	IG = 1.00
Límite Líquido	LL = 25.00 %	b = 24.09	
Límite Plástico	LP = 23.00 %	c = 0.00	
Índice de Plasticidad :	IP = 2.00 %	d = 0.00	

Tipo de Suelo : Material Limo Arcilloso

Clasificación de Suelos : A - 4

Suelo :

Tipo de Material : Suelo Limoso

Terreno de Fundación : Regular a Malo

Observaciones: Según el solicitante No se encontraron napa freatica



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**ESTUDIO DE SUELOS**

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-3 : M-1

COORDENADAS : N: 8839464

E: 334180

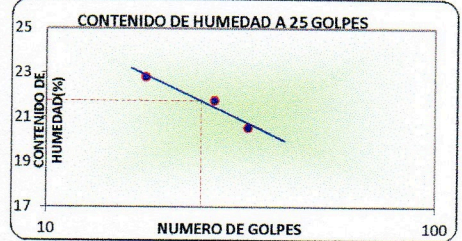
COTA: 3341

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA

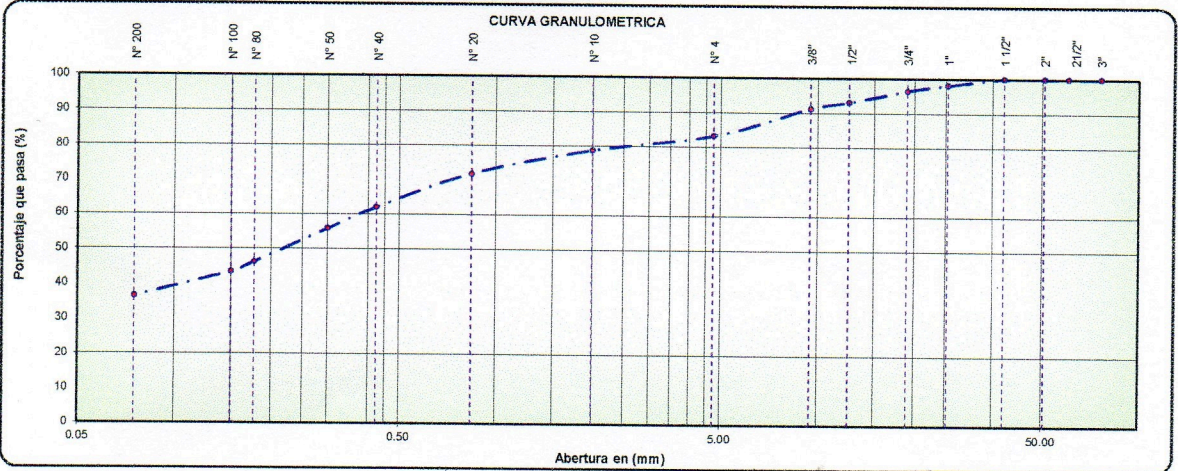
FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	<b>Pesos de Muestra</b> Peso Total : 10000 gr. Peso de Grava : 1686 gr. Peso de Arena : 8314 gr. Frac. < N° 4 : 1685.53 gr.
2 1/2"	60.350	100.00	
2"	50.800	100.00	
1 1/2"	38.100	100.00	
1"	25.400	98.14	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b> Limite Líquido : 22 % Limite Plástico : 17 % Indice Plástico : 5 %
3/4"	19.000	96.47	
1/2"	12.500	93.09	
3/8"	9.500	91.26	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b> A.A.S.H.T.O : A - 4 S.U.C.S. : SC
N° 4	4.750	83.14	
N° 10	2.000	78.75	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b> Humedad Natural (%) : 4.93 % Materia orgánica (%) : 0.0
N° 20	0.840	71.81	
N° 40	0.425	61.99	<b>ARENA ARCILLOSA CON GRAVA</b>
N° 50	0.300	55.88	
N° 80	0.177	48.25	
N° 100	0.150	43.45	
N° 200	0.075	36.45	
< N° 200	Fondo	0.00	



**OBSERVACIONES**  
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 22



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLO  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL**

NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.127

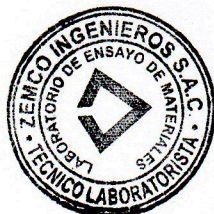
**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>ESTRUCTURA</b> : MATERIAL PROPIO	<b>SOLICITANTE:</b> MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA
<b>CALICATA</b> : CALICATA	<b>FECHA:</b> 27/08/2019
<b>UBICACIÓN</b> : Yanahuanca	<b>REALIZADO POR:</b> Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.
<b>MUESTRA</b> : C-3 : M-1	

ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA gr.	T-01	T-02	T-03
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	716.00	716.00	716.00
PESO TARA + SUELO SECO gr.	686.00	686.00	686.00
PESO DE LA TARA gr.	77.00	77.00	77.00
PESO DEL AGUA gr/cm <sup>3</sup>	30.00	30.00	30.00
PESO SUELO SECO gr.	609.00	609.00	609.00
HUMEDAD %	4.93	4.93	4.93
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %	<b>4.93</b>		

**Observaciones:**

El resultado de humedad natural de la muestra (C-03 : M-01) 4.93 %



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorialista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134392



PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128

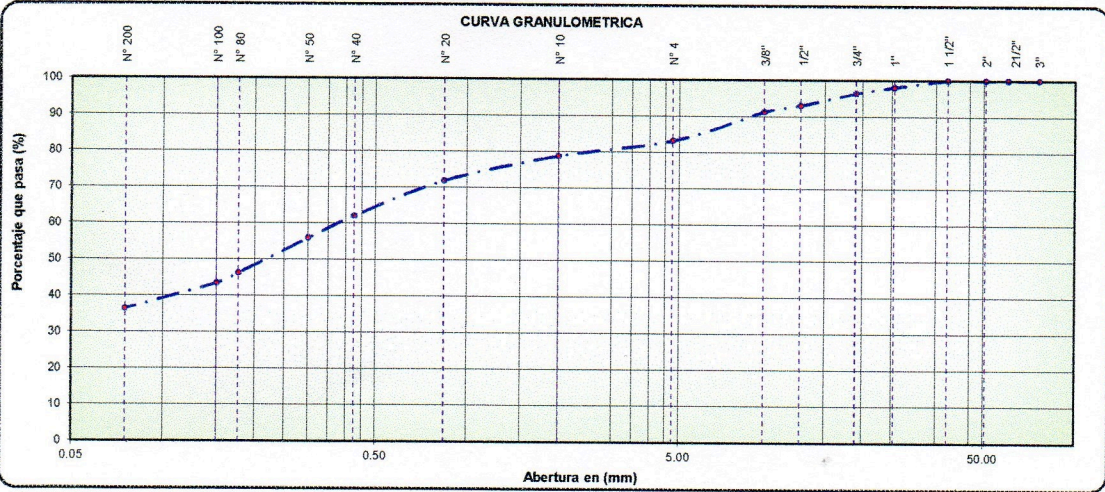
GEOTECNIA VIAL Y ESTABILIDAD DE TALUDES

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO  
CALICATA : CALICATA  
UBICACIÓN : Yanahuanca  
MUESTRA : C-3 : M-1

FECHA: 27/08/2019  
REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.  
PESO INICIAL SECO: 10000 gr.

MÉTODO : A

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓ N "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		<b>Pesos de Muestra</b>
2 1/2"	60.350	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Total : 10000 gr.
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	100	Peso de Grava : 1686 gr.
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso de Arena : 8314 gr.
1"	25.400	186.31	1.86	1.86	98.14	-	Fracc. < N° 4 : 1685.53 gr.
3/4"	19.000	167.16	1.67	3.53	96.47		<b>CONSISTENCIA</b>
1/2"	12.500	337.80	3.38	6.91	93.09		Límite Líquido : 22 %
3/8"	9.500	182.83	1.83	8.74	91.26	30 - 65	Límite Plástico : 17 %
N° 4	4.750	811.42	8.11	16.86	83.14	25 - 55	Índice Plástico : 5 %
N° 10	2.000	439.34	4.39	21.25	78.75	15 - 40	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 20	0.840	694.15	6.94	28.19	71.81		A.A.S.H.T.O
N° 40	0.425	981.92	9.82	38.01	61.99	8 - 20	S.U.C.S. : SC
N° 50	0.300	610.68	6.11	44.12	55.88		Humedad Natural (%) 4.93
N° 80	0.177	963.25	9.63	53.75	46.25		Materia orgánica (%) 0.0
N° 100	0.150	280.08	2.80	56.55	43.45		
N° 200	0.075	699.65	7.00	63.55	36.45	2 - 8	
< N° 200	Fondo	3645.41	36.45	100.00	0.00		
		10000	100				



Observaciones: La muestra fueron identificadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Jorge Campos Arguilo**  
 Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.129

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA	MATERIAL PROPIO	SOLICITANTE:	MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA
CALICATA	CALICATA	FECHA:	27/08/2019
UBICACIÓN	Yanahuanca	HECHO POR:	Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.
MUESTRA	C-3 : M-1		

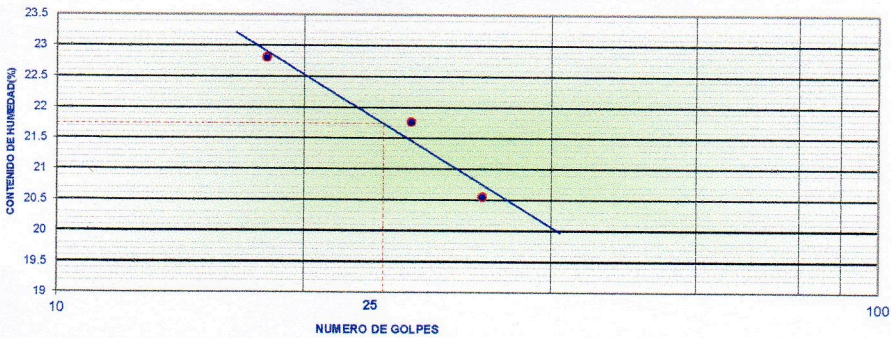
**LÍMITE LIQUIDO (NTP 339.129)**

N° TARA		T-34	T-01	T-02	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	31.50	34.70	35.00	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	28.50	31.00	31.10	
PESO DE AGUA	(gr.)	3.00	3.70	3.90	
PESO DE LA TARA	(gr.)	13.90	14.00	14.00	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	14.60	17.00	17.10	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	20.55	21.76	22.81	
NUMERO DE GOLPES		33	27	18	

**LÍMITE PLÁSTICO (NTP 339.129)**

N° TARA		T-09	T-04	T-05	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	15.30	14.90	15.10	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	15.10	14.80	14.90	
PESO DE LA TARA	(gr.)	13.90	14.20	13.70	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.20	0.10	0.20	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	1.20	0.60	1.20	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	16.67	16.67	16.67	17

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**



**CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA**

LÍMITE LIQUIDO (%)	22
LÍMITE PLÁSTICO (%)	17
ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD (%)	5

**OBSERVACIONES**

El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 22
---



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**CLASIFICACION DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.134

**DATOS DE LA MUESTRA**

**ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO**

**CALICATA : CALICATA**

**UBICACIÓN : Yanahuanca**

**MUESTRA : C-3 : M-1**

**SOLICITANTE : MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA**

**FECHA: 27/08/2019**

**HECHO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.**

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S**

% Que Pasa la Malla N° 200	36.45		D60 = -51.166	Cu = 28.870
% Que Pasa la Malla N° 4	83.14			
Límite Líquido LL =	22.00 %			
Límite Plástico LP =	17.00 %			
Índice de Plasticidad IP =	5.00 %	D30 = -28.515	Cc = 8.967	
		D10 = -1.772	Suelo Mal Graduado	

Tipo de Suelo Según su Granulometría : Suelo Grueso

Arena

Tipo de Simbología : Simbología Normal

Tipo de Suelo : SM , SC

Suelo : **SC**

inorganico

Características del Suelo : **SC**

**ARENA ARCILLOSA CON GRAVA**

**CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO**

% Que Pasa la Malla N° 200	36.45	Determinación del Índice de Grupo IG	
% Que Pasa la Malla N° 40	61.99		
% Que Pasa la Malla N° 10	78.75	a = 1.45	IG = 1.00
Límite Líquido LL =	22.00 %	b = 21.45	
Límite Plástico LP =	17.00 %	c = 0.00	
Índice de Plasticidad : IP =	5.00 %	d = 0.00	

Tipo de Suelo : Material Limo Arcilloso

Clasificación de Suelos : A - 4


Suelo :

Tipo de Material : Suelo Limoso

Terreno de Fundación : Regular a Malo

Observaciones: Según el solicitante No se encontraron napa freatica



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Jorge Campos Angulo**  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

**"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"**

**GEOTECNIA**

**ESTUDIO DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-4 : M-1

COORDENADAS : N: 8839424

E: 334357

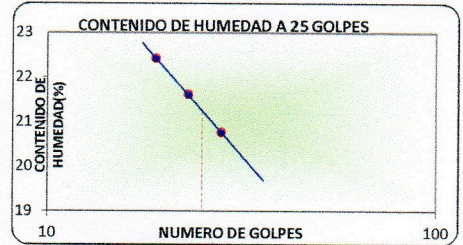
COTA: 3364

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA

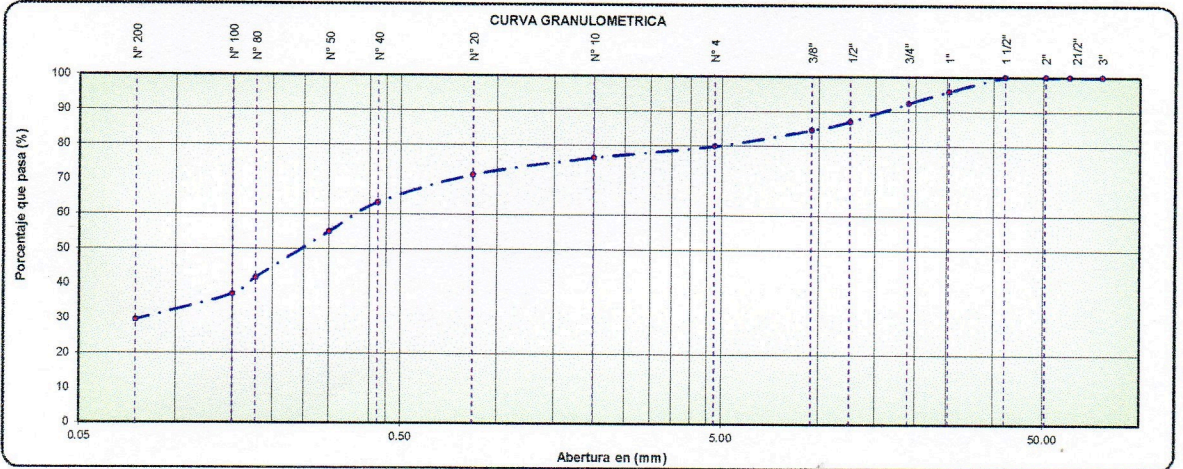
FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	
2 1/2"	60.350	100.00	<b>Pesos de Muestra</b>
2"	50.800	100.00	Peso Total : 10000 gr.
1 1/2"	38.100	100.00	Peso de Grava : 2011 gr.
1"	25.400	95.86	Peso de Arena : 7989 gr.
3/4"	19.000	92.46	Fracc. < N° 4 : 2011.00 gr.
1/2"	12.500	87.16	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
3/8"	9.500	84.64	Límite Líquido : 21 %
N° 4	4.750	79.89	Límite Plástico : 18 %
N° 10	2.000	76.41	Índice Plástico : 3 %
N° 20	0.840	71.40	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 40	0.425	63.32	A.A.S.H.T.O : A - 2
N° 50	0.300	54.98	S.U.C.S. : SC
N° 80	0.177	41.73	Humedad Natural (%) : 3.95 %
N° 100	0.150	37.02	Materia orgánica (%) : 0.0
N° 200	0.075	29.84	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b>
< N° 200	Fondo	0.00	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA



**OBSERVACIONES**  
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 21



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
JEFE DE LABORATORIO  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIF N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.127

**DATOS DE LA MUESTRA**

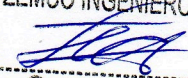
<b>ESTRUCTURA</b> : MATERIAL PROPIO	<b>SOLICITANTE:</b> MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA
<b>CALICATA</b> : CALICATA	
<b>UBICACIÓN</b> : Yanahuanca	<b>FECHA:</b> 27/08/2019
<b>MUESTRA</b> : C-4 : M-1	<b>REALIZADO POR:</b> Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA gr.	T-01	T-02	T-03
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	251.00	251.00	251.00
PESO TARA + SUELO SECO gr.	244.00	244.00	244.00
PESO DE LA TARA gr.	67.00	67.00	67.00
PESO DEL AGUA gr/cm3	7.00	7.00	7.00
PESO SUELO SECO gr.	177.00	177.00	177.00
HUMEDAD %	3.95	3.95	3.95
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %	3.95		

**Observaciones:**

El resultado de humedad natural de la muestra (C-04 : M-01) 3.95 %



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128

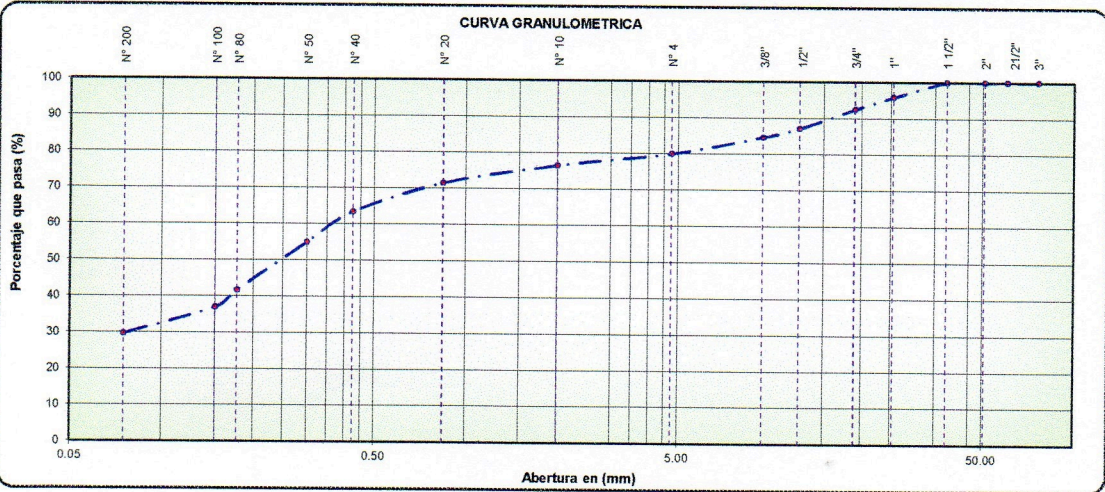
GEOTECNIA VIAL Y ESTABILIDAD DE TALUDES

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO  
CALICATA : CALICATA  
UBICACIÓN : Yanahuanca  
MUESTRA : C-4 : M-1

FECHA: 27/08/2019  
REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.  
PESO INICIAL SECO: 10000 gr.

MÉTODO : A

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓ N "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		<b>Pesos de Muestra</b>
2 1/2"	60.350	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Total : 10000 gr.
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	100	Peso de Grava : 2011 gr.
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso de Arena : 7989 gr.
1"	25.400	414.38	4.14	4.14	95.86	-	Fracc. < N° 4 : 2011.00 gr.
3/4"	19.000	339.75	3.40	7.54	92.46		<b>CONSISTENCIA</b>
1/2"	12.500	530.24	5.30	12.84	87.16		Límite Líquido : 21 %
3/8"	9.500	251.37	2.51	15.36	84.64	30 - 65	Límite Plástico : 18 %
N° 4	4.750	475.26	4.75	20.11	79.89	25 - 55	Índice Plástico : 3 %
N° 10	2.000	347.87	3.48	23.59	76.41	15 - 40	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 20	0.840	501.30	5.01	28.60	71.40		A.A.S.H.T.O : A - 2 - 4
N° 40	0.425	808.16	8.08	36.68	63.32	8 - 20	S.U.C.S. : SC
N° 50	0.300	833.29	8.33	45.02	54.98		Humedad Natural (%) : 3.95
N° 80	0.177	1325.33	13.25	58.27	41.73		Materia orgánica (%) : 0.0
N° 100	0.150	470.87	4.71	62.98	37.02		
N° 200	0.075	738.06	7.38	70.36	29.64	2 - 8	
< N° 200	Fondo	2964.13	29.64	100.00	0.00		
		10000	100				



Observaciones: La muestra fueron identificadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
Jorge Campos Arguilo  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**  
"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

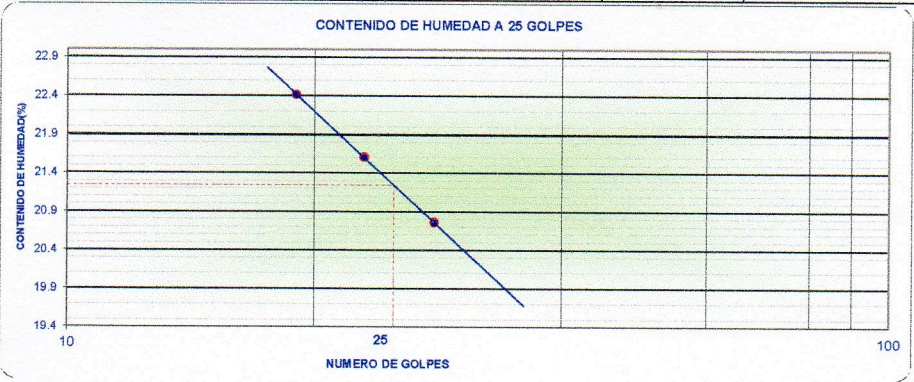
**LÍMITES DE CONSISTENCIA**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.129

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA	MATERIAL PROPIO	SOLICITANTE:	MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA
CALICATA	CALICATA	FECHA:	27/08/2019
UBICACIÓN	Yanahuanca	HECHO POR:	Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.
MUESTRA	C-4 : M-1		

LIMITE LIQUIDO (NTP 339.129)				
N° TARA		T-02	T-12	T-18
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	33.10	38.20	35.10
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	29.80	33.90	31.20
PESO DE AGUA	(gr.)	3.30	4.30	3.90
PESO DE LA TARA	(gr.)	13.90	14.00	13.80
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	15.90	19.90	17.40
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	20.75	21.61	22.41
NUMERO DE GOLPES		28	23	19

LIMITE PLÁSTICO (NTP 339.129)					
N° TARA		T-17	T-37	T-18	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	15.30	15.60	15.30	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	15.10	15.30	15.10	
PESO DE LA TARA	(gr.)	13.90	13.70	14.00	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.20	0.30	0.20	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	1.20	1.60	1.10	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	16.67	18.75	18.18	18



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO (%)	21
LIMITE PLASTICO (%)	18
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	3

OBSERVACIONES
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semi-logaritmico es el LL = 27 21



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

CLASIFICACION DE SUELOS  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.134

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-4 : M-1

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA

FECHA: 27/08/2019

HECHO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S

% Que Pasa la Malla N° 200	29.64			
% Que Pasa la Malla N° 4	79.89			
Límite Líquido	LL = 21.00 %	D60 = -20.790	Cu = 8.989	
Límite Plástico	LP = 18.00 %	D30 = -34.690	Cc = 25.027	
Índice de Plasticidad	IP = 3.00 %	D10 = -2.313	Suelo Mal Graduado	
Tipo de Suelo Según su Granulometría : Suelo Grueso				
Arena				
Tipo de Simbología : Simbología Normal				
Tipo de Suelo : SM , SC				
Suelo : <b>SC</b> inorgánico				
Características del Suelo : <b>SC</b> ARENA ARCILLOSA CON GRAVA				

CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO

% Que Pasa la Malla N° 200	29.64	Determinación del Índice de Grupo IG		
% Que Pasa la Malla N° 40	63.32			
% Que Pasa la Malla N° 10	76.41	a = 0.00	IG = 0.00	
Límite Líquido	LL = 21.00 %	b = 14.64		
Límite Plástico	LP = 18.00 %	c = 0.00		
Índice de Plasticidad :	IP = 3.00 %	d = 0.00		
Tipo de Suelo : Material Granular				
Clasificación de Suelos : A - 2				
Suelo : <b>A - 2 - 4</b>				
Tipo de Material : Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas				
Terreno de Fundación : Excelente a Bueno				

Observaciones: Según el solicitante No se encontraron napa freatica



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Jorge Campos Angulo*  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352



**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**ESTUDIO DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-4 : M-2

COORDENADAS : N: 8839424

E: 334357

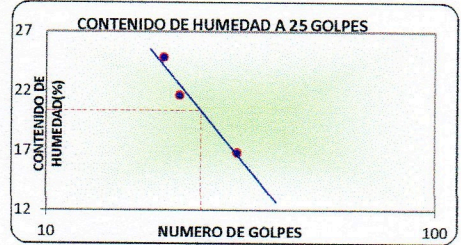
COTA: 3364

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA

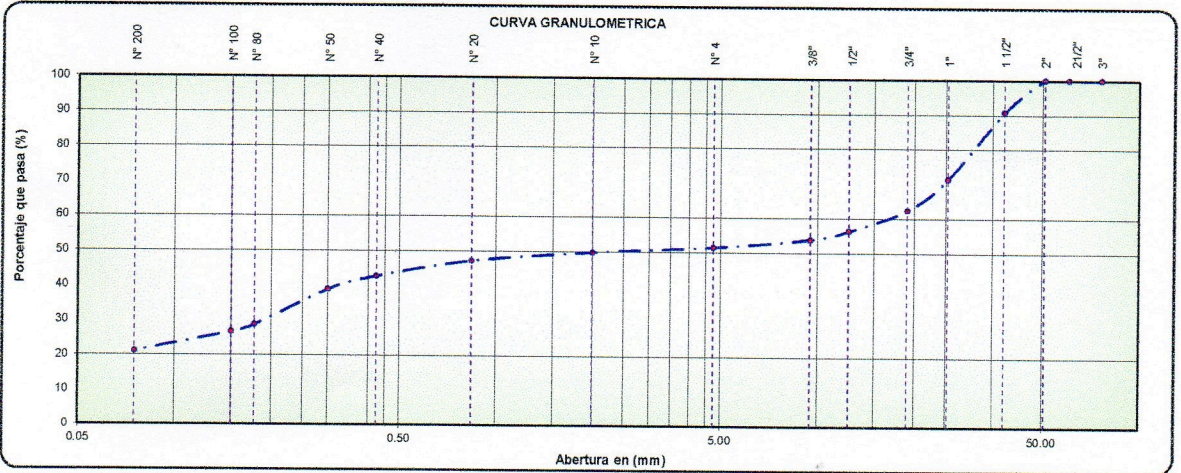
FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	
<b>Pesos de Muestra</b>			
21/2"	60.350	100.00	Peso Total : 10000 gr.
2"	50.800	100.00	Peso de Grava : 4850 gr.
1 1/2"	38.100	90.80	Peso de Arena : 5150 gr.
1"	25.400	71.40	Fracc. < N° 4 : 4850.16 gr.
3/4"	19.000	62.41	
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>			
1/2"	12.500	56.36	Límite Líquido : 20 %
3/8"	9.500	53.88	Límite Plástico : 18 %
N° 4	4.750	51.50	Índice Plástico : 2 %
<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>			
N° 20	0.840	47.25	A.A.S.H.T.O : A - 1
N° 40	0.425	42.75	S.U.C.S. : GC
N° 50	0.300	38.91	Humedad Natural (%) : 3.60 %
N° 80	0.177	28.74	Materia orgánica (%) : 0.0
N° 100	0.150	26.67	
N° 200	0.075	21.09	
< N° 200	Fondo	0.00	<b>GRAVA ARCILLOSA CON ARENA</b>



OBSERVACIONES
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 20



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Jorge Campos Angulo*  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL**

NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.127

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-4 : M-2

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ  
JANAMPA

FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA gr.	T-01	T-02	T-03
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	589.00	589.00	589.00
PESO TARA + SUELO SECO gr.	571.00	571.00	571.00
PESO DE LA TARA gr.	71.00	71.00	71.00
PESO DEL AGUA gr/cm <sup>3</sup>	18.00	18.00	18.00
PESO SUELO SECO gr.	500.00	500.00	500.00
HUMEDAD %	3.60	3.60	3.60
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %	3.60		

**Observaciones:**

El resultado de humedad natural de la muestra (C-04 : M-02) 3.60 %



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Jorge Campos Angulo*  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128

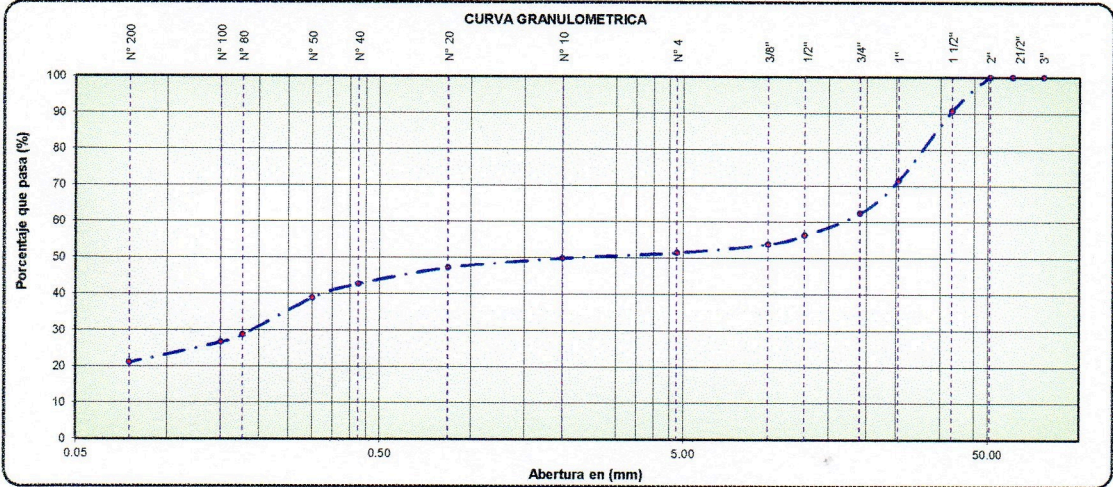
**GEOTECNIA VIAL Y ESTABILIDAD DE TALUDES**

**ESTRUCTURA** : MATERIAL PROPIO  
**CALICATA** : CALICATA  
**UBICACIÓN** : Yanahuanca  
**MUESTRA** : C-4 : M-2

**MÉTODO** : A

**FECHA:** 27/08/2019  
**REALIZADO POR:** Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.  
**PESO INICIAL SECO:** 10000 gr.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓ N "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
<b>Pesos de Muestra</b>							
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		<b>Peso Total</b> : 10000 gr.
2 1/2"	60.350	0.00	0.00	0.00	100.00		<b>Peso de Grava</b> : 4850 gr.
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	100	<b>Peso de Arena</b> : 5150 gr.
1 1/2"	38.100	920.08	9.20	9.20	90.80		<b>Fracc. &lt; N° 4</b> : 4850.16 gr.
1"	25.400	1940.06	19.40	28.60	71.40	-	
3/4"	19.000	899.05	8.99	37.59	62.41		<b>CONSISTENCIA</b>
1/2"	12.500	604.63	6.05	43.64	56.36		<b>Límite Líquido</b> : 20 %
3/8"	9.500	248.42	2.48	46.12	53.88	30 - 65	<b>Límite Plástico</b> : 18 %
N° 4	4.750	237.91	2.38	48.50	51.50	25 - 55	<b>Índice Plástico</b> : 2 %
N° 10	2.000	161.15	1.61	50.11	49.89	15 - 40	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 20	0.840	263.46	2.63	52.75	47.25		<b>A.A.S.H.T.O</b> : A - 1 - b
N° 40	0.425	450.18	4.50	57.25	42.75	8 - 20	<b>S.U.C.S.</b> : GC
N° 50	0.300	383.68	3.84	61.09	38.91		<b>Humedad Natural (%)</b> : 3.60
N° 80	0.177	1017.18	10.17	71.26	28.74		<b>Materia orgánica (%)</b> : 0.0
N° 100	0.150	207.19	2.07	73.33	26.67		
N° 200	0.075	557.62	5.58	78.91	21.09	2 - 8	
< N° 200	Fondo	2109.39	21.09	100.00	0.00		
		10000	100				



**Observaciones:** La muestra fueron identificadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.

Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.

Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.129

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA	MATERIAL PROPIO	SOLICITANTE:	MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA
CALICATA	CALICATA	FECHA:	27/08/2019
UBICACIÓN	Yanahuanca	HECHO POR:	Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.
MUESTRA	C-4 : M-2		

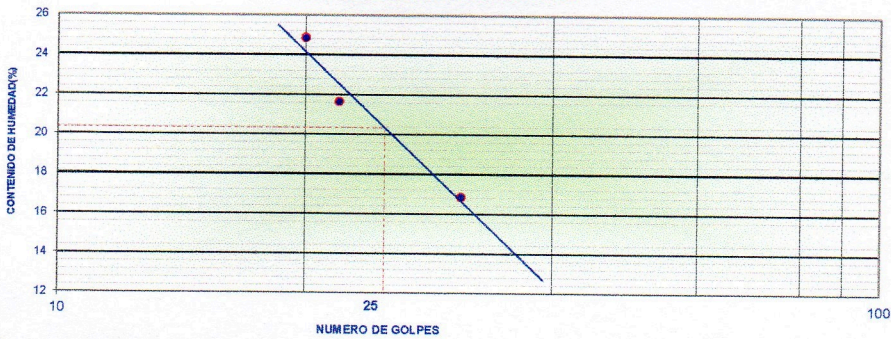
**LIMITE LIQUIDO (NTP 339.129)**

Nº TARA		01-A	T-16	T-71	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	35.70	32.80	34.80	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	32.50	29.40	30.60	
PESO DE AGUA	(gr.)	3.20	3.40	4.20	
PESO DE LA TARA	(gr.)	13.50	13.70	13.70	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	19.00	15.70	16.90	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	16.84	21.66	24.85	
NUMERO DE GOLPES		31	22	20	

**LIMITE PLÁSTICO (NTP 339.129)**

Nº TARA		02 - I	02 - E	T-10	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	15.40	14.90	15.20	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	15.20	14.70	15.00	
PESO DE LA TARA	(gr.)	14.10	13.60	13.90	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.20	0.20	0.20	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	1.10	1.10	1.10	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	18.18	18.18	18.18	18

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**



**CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA**

LIMITE LIQUIDO (%)	20
LIMITE PLASTICO (%)	18
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	2

**OBSERVACIONES**

El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogaritmico es el LL = 27 20
--



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
Marco Antonio Espinoza Bustillos  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**CLASIFICACION DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.134

**DATOS DE LA MUESTRA**

**ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO**

**CALICATA : CALICATA**

**UBICACIÓN : Yanahuanca**

**MUESTRA : C-4 : M-2**

**SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA**

**FECHA: 27/08/2019**

**HECHO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.**

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S**

% Que Pasa la Malla N° 200	21.09		
% Que Pasa la Malla N° 4	51.50		
Límite Líquido	LL = 20.00 %	D60 = 16.411	Cu = -6.326
Límite Plástico	LP = 18.00 %	D30 = -31.938	Cc = -23.960
Índice de Plasticidad	IP = 2.00 %	D10 = -2.594	Suelo Mal Graduado
Tipo de Suelo Según su Granulometría : Suelo Grueso			
Grava			
Tipo de Simbología : Simbología Normal			
Tipo de Suelo : GM , GC			
Suelo : GC inorganico			
Características del Suelo :		GC	GRAVA ARCILLOSA CON ARENA

**CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO**

% Que Pasa la Malla N° 200	21.09	Determinación del Índice de Grupo IG	
% Que Pasa la Malla N° 40	42.75		
% Que Pasa la Malla N° 10	49.89	a = 0.00	IG = 0.00
Límite Líquido	LL = 20.00 %	b = 6.09	
Límite Plástico	LP = 18.00 %	c = 0.00	
Índice de Plasticidad :	IP = 2.00 %	d = 0.00	
Tipo de Suelo : Material Granular			
Clasificación de Suelos : A - 1			
Suelo : A - 1 - b			
Tipo de Material : Fragmentos de Piedra Grava y Arena			
Terreno de Fundación : Excelente a Bueno			

Observaciones: Según el solicitante No se encontraron napa freatica



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**ESTUDIO DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

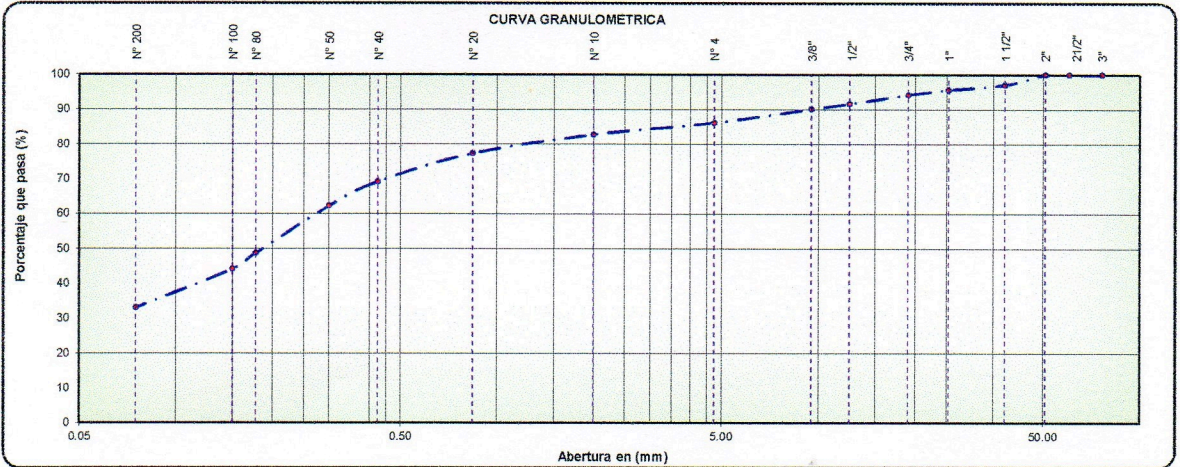
**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO	COORDENADAS : N: 8839435	SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA
CALICATA : CALICATA	E: 334521	FECHA: 27/08/2019
UBICACIÓN : Yanahuanca	COTA: 3374	REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.
MUESTRA : C-5: M-1		

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	<b>Pesos de Muestra</b>
2 1/2"	60.350	100.00	Peso Total : 10000 gr.
2"	50.800	100.00	Peso de Grava : 1376 gr.
1 1/2"	38.100	97.14	Peso de Arena : 8624 gr.
1"	25.400	95.67	Fracc. < N° 4 : 1376.03 gr.
3/4"	19.000	94.22	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
1/2"	12.500	91.69	Límite Líquido : 23 %
3/8"	9.500	90.15	Límite Plástico : 19 %
N° 4	4.750	86.24	Índice Plástico : 4 %
N° 10	2.000	82.77	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 20	0.840	77.38	A.A.S.H.T.O : A - 2
N° 40	0.425	69.21	S.U.C.S. : SC
N° 50	0.300	62.25	Humedad Natural (%) : 6.92 %
N° 80	0.177	48.73	Materia orgánica (%) : 0.0
N° 100	0.150	44.12	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b>
N° 200	0.075	33.12	ARENA ARCILLOSA
< N° 200	Fondo	0.00	

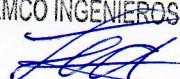


OBSERVACIONES
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 23



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.127

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-5 : M-1

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ  
JANAMPA

FECHA: 27/08/2019


REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA gr.	T-01	T-02	T-03
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	238.00	238.00	238.00
PESO TARA + SUELO SECO gr.	227.00	227.00	227.00
PESO DE LA TARA gr.	68.00	68.00	68.00
PESO DEL AGUA gr/cm <sup>3</sup>	11.00	11.00	11.00
PESO SUELO SECO gr.	159.00	159.00	159.00
HUMEDAD %	6.92	6.92	6.92
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %	6.92		

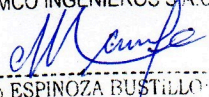
**Observaciones:**

El resultado de humedad natural de la muestra (C-05 : M-01) 6.92 %



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLO**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

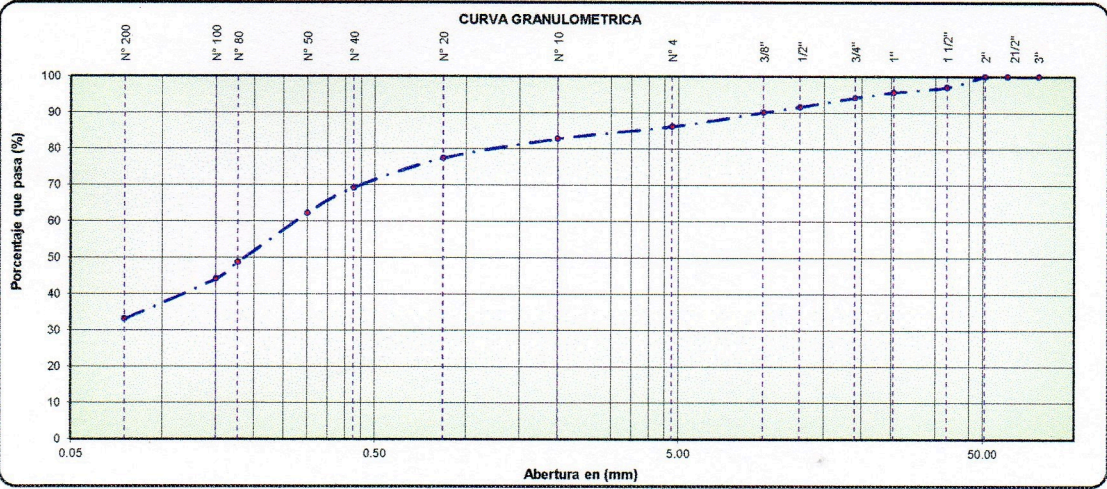
**GEOTECNIA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128

**GEOTECNIA VIAL Y ESTABILIDAD DE TALUDES**

**ESTRUCTURA** : MATERIAL PROPIO  
**CALICATA** : CALICATA  
**UBICACIÓN** : Yanahuanca  
**MUESTRA** : C-5 : M-1  
**MÉTODO** : A  
**FECHA**: 27/08/2019  
**REALIZADO POR**: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.  
**PESO INICIAL SECO**: 10000 gr.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓN N "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
<b>Pesos de Muestra</b>							
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		<b>Peso Total</b> : 10000 gr.
2 1/2"	60.350	0.00	0.00	0.00	100.00		<b>Peso de Grava</b> : 1376 gr.
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	100	<b>Peso de Arena</b> : 8624 gr.
1 1/2"	38.100	285.71	2.86	2.86	97.14		<b>Fracc. &lt; N° 4</b> : 1376.03 gr.
1"	25.400	147.78	1.48	4.33	95.67	-	
3/4"	19.000	144.50	1.44	5.78	94.22		<b>CONSISTENCIA</b>
1/2"	12.500	252.87	2.53	8.31	91.69		<b>Límite Líquido</b> : 23 %
3/8"	9.500	154.35	1.54	9.85	90.15	30 - 65	<b>Límite Plástico</b> : 19 %
N° 4	4.750	390.80	3.91	13.76	86.24	25 - 55	<b>Índice Plástico</b> : 4 %
N° 10	2.000	346.88	3.47	17.23	82.77	15 - 40	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 20	0.840	538.83	5.39	22.62	77.38		<b>A.A.S.H.T.O</b> : A - 2 - 4
N° 40	0.425	817.15	8.17	30.79	69.21	8 - 20	<b>S.U.C.S.</b> : SC
N° 50	0.300	696.50	6.96	37.75	62.25		<b>Humedad Natural (%)</b> : 6.92
N° 80	0.177	1351.87	13.52	51.27	48.73		<b>Materia orgánica (%)</b> : 0.0
N° 100	0.150	460.68	4.61	55.88	44.12		
N° 200	0.075	1099.59	11.00	66.88	33.12	2 - 8	
< N° 200	Fondo	3312.48	33.12	100.00	0.00		
		10000	100				



**Observaciones:** La muestra fueron identificadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
*Jorge Campos Angulo*  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352



**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.129

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA	MATERIAL PROPIO	SOLICITANTE:	MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA
CALICATA	CALICATA	FECHA:	27/08/2019
UBICACIÓN	Yanhuanca	HECHO POR:	Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.
MUESTRA	C-5 : M-1		

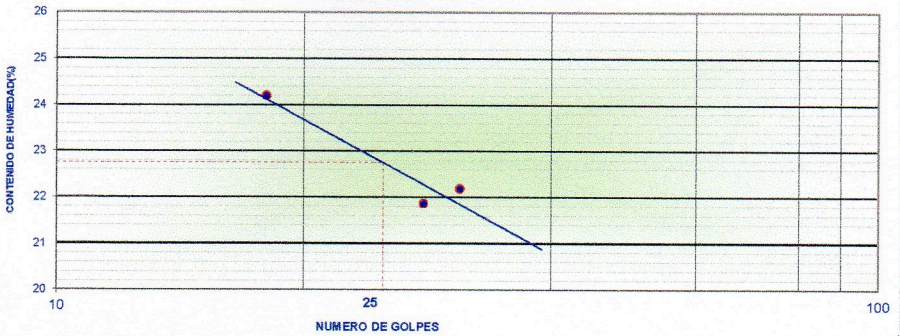
**LÍMITE LIQUIDO (NTP 339.129)**

Nº TARA		02 - C	T-209	T-21	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	45.40	44.40	41.30	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	39.70	39.00	36.00	
PESO DE AGUA	(gr.)	5.70	5.40	5.30	
PESO DE LA TARA	(gr.)	14.00	14.30	14.10	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	25.70	24.70	21.90	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.18	21.86	24.20	
NUMERO DE GOLPES		31	28	18	

**LÍMITE PLÁSTICO (NTP 339.129)**

Nº TARA		T-08	T-13	D2 - 7	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	15.90	15.80	15.70	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	15.60	15.50	15.40	
PESO DE LA TARA	(gr.)	14.00	13.90	13.90	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.30	0.30	0.30	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	1.60	1.60	1.50	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	18.75	18.75	20.00	19

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**



**CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA**

LÍMITE LIQUIDO (%)	23
LÍMITE PLÁSTICO (%)	19
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	4

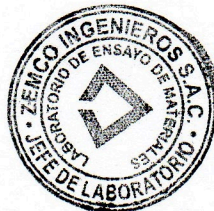
**OBSERVACIONES**

El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 27 - 23
--



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.

Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.

Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**CLASIFICACION DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.134

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-5 : M-1

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA

FECHA: 27/08/2019

HECHO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S**

% Que Pasa la Malla N° 200	33.12		D60 = -68.961	Cu = 26.707
% Que Pasa la Malla N° 4	86.24			
Límite Líquido LL =	23.00 %			
Límite Plástico LP =	19.00 %			
Índice de Plasticidad IP =	4.00 %	D30 = -39.836	Cc = 8.912	
		D10 = -2.582	Suelo Mal Graduado	
Tipo de Suelo Según su Granulometría : Suelo Grueso				
Arena				
Tipo de Simbología : Simbología Normal				
Tipo de Suelo : SM , SC				
Suelo : <b>SC</b> inorganico				
Características del Suelo : <b>SC</b> ARENA ARCILLOSA				

**CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO**

% Que Pasa la Malla N° 200	33.12	Determinación del Índice de Grupo IG		
% Que Pasa la Malla N° 40	69.21			
% Que Pasa la Malla N° 10	82.77	a = 0.00	IG = 0.00	
Límite Líquido LL =	23.00 %	b = 18.12		
Límite Plástico LP =	19.00 %	c = 0.00		
Índice de Plasticidad : IP =	4.00 %	d = 0.00		
Tipo de Suelo : Material Granular				
Clasificación de Suelos : A - 2				
Suelo : <b>A - 2 - 4</b>				
Tipo de Material : Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas				
Terreno de Fundación : Excelente a Bueno				

Observaciones: Según el solicitante No se encontraron napa freatica



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
*Jorge Campos Angulo*  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

ESTUDIO DE SUELOS

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-5 : M-2

COORDENADAS : N: 8839435

E: 334521

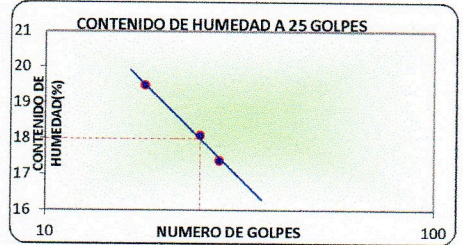
COTA:

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA

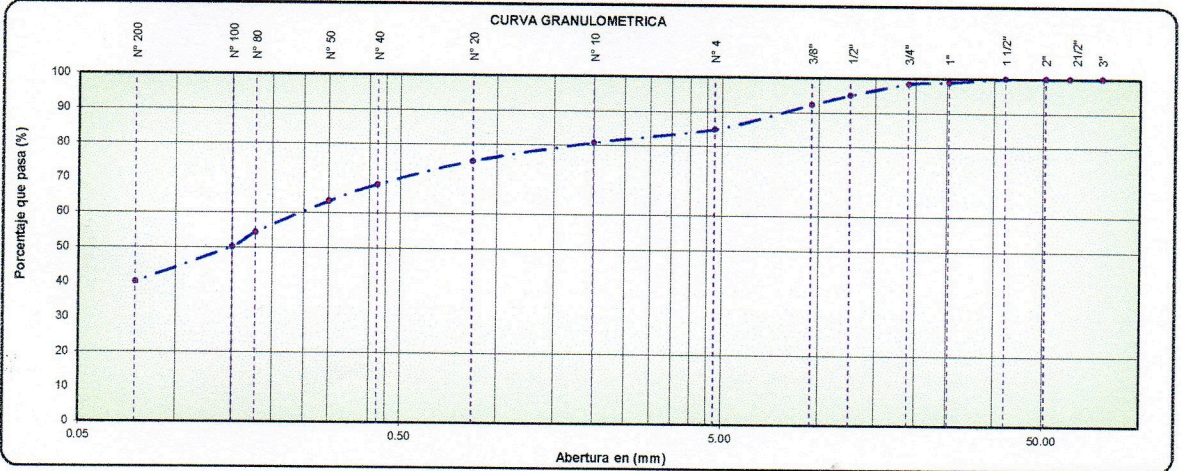
FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	
<b>Pesos de Muestra</b>			
2 1/2"	60.350	100.00	Peso Total : 10000 gr.
2"	50.800	100.00	Peso de Grava : 1506 gr.
1 1/2"	38.100	100.00	Peso de Arena : 8494 gr.
1"	25.400	98.87	Fracc. < N° 4 : 1505.94 gr.
3/4"	19.000	98.31	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
1/2"	12.500	94.99	Límite Líquido : 18 %
3/8"	9.500	92.27	Límite Plástico : 16 %
N° 4	4.750	84.94	Índice Plástico : 2 %
N° 10	2.000	80.73	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 20	0.840	75.20	A.A.S.H.T.O : A - 4
N° 40	0.425	68.26	S.U.C.S. : SC
N° 50	0.300	63.38	Humedad Natural (%) : 8.20 %
N° 80	0.177	54.42	Materia orgánica (%) : 0.0
N° 100	0.150	50.26	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b>
N° 200	0.075	40.15	
< N° 200	Fondo	0.00	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA



**OBSERVACIONES**  
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semi-logarítmico es el LL = 18



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Jorge Campos Angulo*  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Marco Antonio Espinoza Bustillo*  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLO  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL**

NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.127

**DATOS DE LA MUESTRA**

**ESTRUCTURA** : MATERIAL PROPIO

**CALICATA** : CALICATA

**UBICACIÓN** : Yanahuanca

**MUESTRA** : C-5 : M-2

**SOLICITANTE:** MAIRETH HELEN RARAZ  
JANAMPA

**FECHA:** 27/08/2019

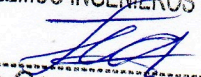
**REALIZADO POR:** Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA gr.	T-01	T-02	T-03
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	885.00	885.00	885.00
PESO TARA + SUELO SECO gr.	823.00	823.00	823.00
PESO DE LA TARA gr.	67.00	67.00	67.00
PESO DEL AGUA gr/cm <sup>3</sup>	62.00	62.00	62.00
PESO SUELO SECO gr.	756.00	756.00	756.00
HUMEDAD %	8.20	8.20	8.20
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %	8.20		

**Observaciones:**

El resultado de humedad natural de la muestra (C-05 : M-02) 8.20 %



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

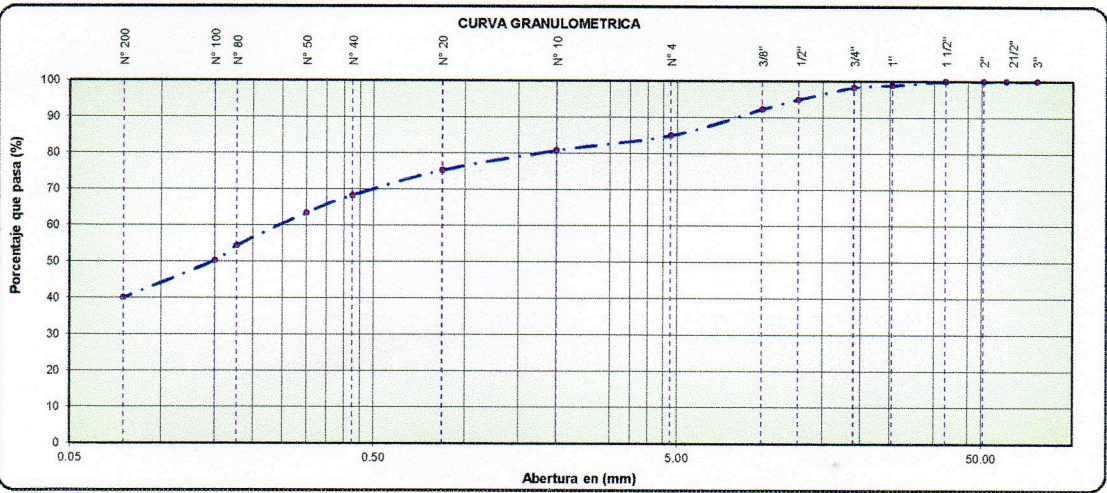
**GEOTECNIA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128

**GEOTECNIA VIAL Y ESTABILIDAD DE TALUDES**

**ESTRUCTURA** : MATERIAL PROPIO  
**CALICATA** : CALICATA  
**UBICACIÓN** : Yanahuanca  
**MUESTRA** : C-5 : M-2  
**MÉTODO** : A  
**FECHA**: 27/08/2019  
**REALIZADO POR**: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.  
**PESO INICIAL SECO**: 10000 gr.

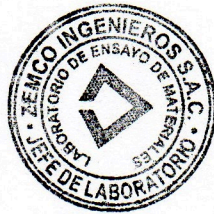
TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓN N° "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
<b>Pesos de Muestra</b>							
3"	76.200	0.0	0.00	0.00	100.00		Peso Total : 10000 gr.
2 1/2"	60.350	0.0	0.00	0.00	100.00		Peso de Grava : 1506 gr.
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00	100	Peso de Arena : 8494 gr.
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00		Fracc. < N° 4 : 1505.94 gr.
1"	25.400	112.7	1.13	1.13	98.87	-	<b>CONSISTENCIA</b>
3/4"	19.000	56.4	0.56	1.69	98.31		Límite Líquido : 18 %
1/2"	12.500	332.2	3.32	5.01	94.99		Límite Plástico : 16 %
3/8"	9.500	271.8	2.72	7.73	92.27	30 - 65	Índice Plástico : 2 %
N° 4	4.750	732.8	7.33	15.06	84.94	25 - 55	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 10	2.000	421.1	4.21	19.27	80.73	15 - 40	A.A.S.H.T.O
N° 20	0.840	552.5	5.52	24.80	75.20		S.U.C.S. : SC
N° 40	0.425	694.6	6.95	31.74	68.26	8 - 20	Humedad Natural (%) : 8.20
N° 50	0.300	487.7	4.88	36.62	63.38		Materia orgánica (%) : 0.0
N° 80	0.177	896.2	8.96	45.58	54.42		
N° 100	0.150	415.7	4.16	49.74	50.26		
N° 200	0.075	1011.4	10.11	59.85	40.15	2 - 8	
< N° 200	Fondo	4014.9	40.15	100.00	0.00		
		10000	100				



**Observaciones:** La muestra fueron identificadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
*Jorge Campos Angulo*  
 Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**  
"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.129

**DATOS DE LA MUESTRA**

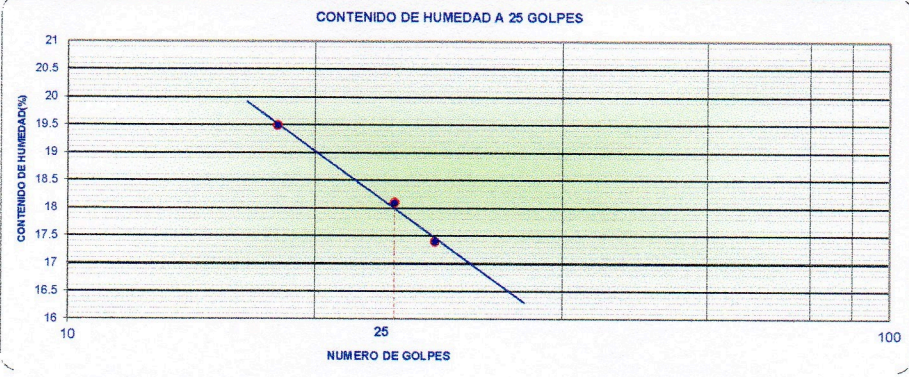
ESTRUCTURA	MATERIAL PROPIO	SOLICITANTE:	MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA
CALICATA	CALICATA	FECHA:	27/08/2019
UBICACIÓN	Yanhuanca	HECHO POR:	Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.
MUESTRA	C-5 : M-2		

**LIMITE LIQUIDO (NTP 339.129)**

Nº TARA		T-212	T-13	02 - G	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	41.00	38.70	42.00	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	37.00	34.90	37.40	
PESO DE AGUA	(gr.)	4.00	3.80	4.60	
PESO DE LA TARA	(gr.)	14.00	13.90	13.80	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	23.00	21.00	23.80	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	17.39	18.10	19.49	
NUMERO DE GOLPES		28	25	18	

**LIMITE PLÁSTICO (NTP 339.129)**

Nº TARA		T-36	T-06	02 - H	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	15.40	15.80	16.10	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	15.20	15.50	15.80	
PESO DE LA TARA	(gr.)	13.90	13.70	14.00	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.20	0.30	0.30	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	1.30	1.80	1.80	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	15.38	16.67	16.67	16



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO (%)	18
LIMITE PLASTICO (%)	16
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	2

OBSERVACIONES
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogaritmico es el LL = 27 18



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134552

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**CLASIFICACION DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.134

**DATOS DE LA MUESTRA**

**ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO**

**CALICATA : CALICATA**

**UBICACIÓN : Yanahuanca**

**MUESTRA : C-5 : M-2**

**SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA**

**FECHA: 27/08/2019**

**HECHO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.**

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S**

% Que Pasa la Malla N° 200	40.15		
% Que Pasa la Malla N° 4	84.94		
Límite Líquido	LL = 18.00 %	D60 = -55.959	Cu = 18.314
Límite Plástico	LP = 16.00 %	D30 = -31.129	Cc = 5.667
Índice de Plasticidad	IP = 2.00 %	D10 = -3.056	Suelo Mal Graduado

Tipo de Suelo Según su Granulometría : Suelo Grueso  
Arena

Tipo de Simbología : Simbología Normal

Tipo de Suelo : SM , SC

Suelo : **SC**

inorgánico

Características del Suelo : **SC**

**ARENA ARCILLOSA CON GRAVA**

**CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO**

% Que Pasa la Malla N° 200	40.15	Determinación del Índice de Grupo IG	
% Que Pasa la Malla N° 40	68.26	a = 5.15	IG = 2.00
% Que Pasa la Malla N° 10	80.73	b = 25.15	
Límite Líquido	LL = 18.00 %	c = 0.00	
Límite Plástico	LP = 16.00 %	d = 0.00	
Índice de Plasticidad	IP = 2.00 %		

Tipo de Suelo : Material Limo Arcilloso

Clasificación de Suelos : A - 4

Suelo :

Tipo de Material : Suelo Limoso

Terreno de Fundación : Regular a Malo

Observaciones: Según el solicitante No se encontraron napa freática



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**

Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**

Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaupipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**ESTUDIO DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-6 : M-1

COORDENADAS : N: 8839408

E: 334581

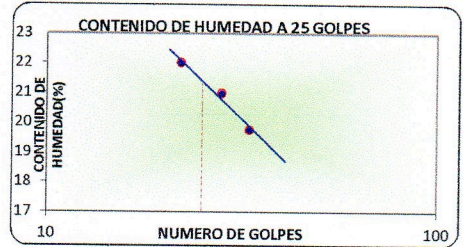
COTA: 3399

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA

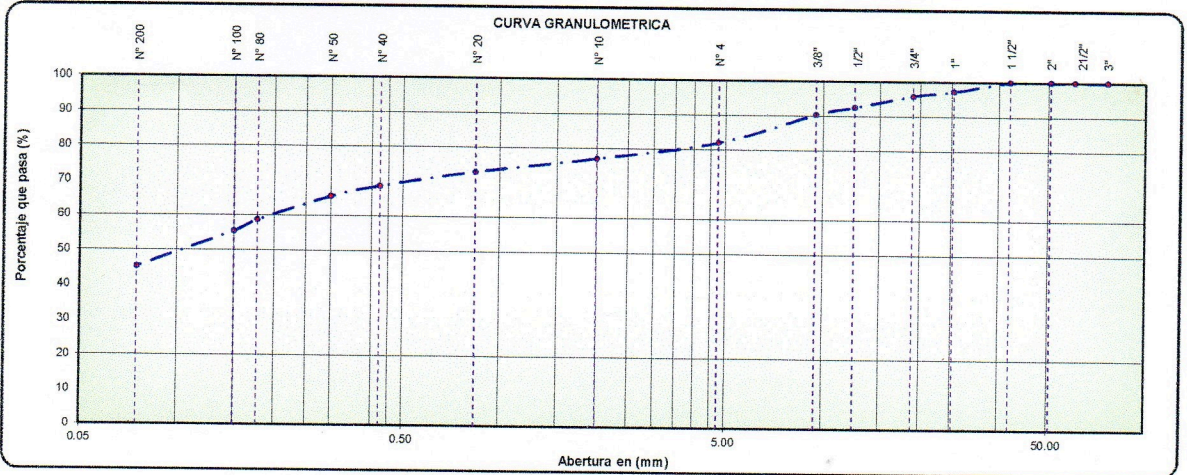
FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	
2 1/2"	60.350	100.00	<b>Pesos de Muestra</b>
2"	50.800	100.00	Peso Total : 10000 gr.
1 1/2"	38.100	100.00	Peso de Grava : 1798 gr.
1"	25.400	97.28	Peso de Arena : 8202 gr.
3/4"	19.000	95.90	Fracc. < N° 4 : 1797.87 gr.
1/2"	12.500	92.55	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
3/8"	9.500	90.41	Límite Líquido : 21 %
N° 4	4.750	82.02	Límite Plástico : 16 %
N° 10	2.000	77.08	Índice Plástico : 5 %
N° 20	0.840	72.93	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 40	0.425	68.66	A.A.S.H.T.O : A - 4
N° 50	0.300	65.58	S.U.C.S. : SC
N° 80	0.177	58.67	Humedad Natural (%) : 5.77 %
N° 100	0.150	55.47	Materia orgánica (%) : 0.0
N° 200	0.075	45.24	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b>
< N° 200	Fondo	0.00	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA



**OBSERVACIONES**  
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 21



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352



**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL**

NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.127

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-6 : M-2

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ  
JANAMPA

FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA gr.	T-01	T-02	T-03
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	481.00	481.00	481.00
PESO TARA + SUELO SECO gr.	460.00	460.00	460.00
PESO DE LA TARA gr.	86.00	86.00	86.00
PESO DEL AGUA gr/cm <sup>3</sup>	21.00	21.00	21.00
PESO SUELO SECO gr.	374.00	374.00	374.00
HUMEDAD %	5.61	5.61	5.61
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %	5.61		

**Observaciones:**

El resultado de humedad natural de la muestra (C-06 : M-02) 5.61 %



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128

GEOTECNIA VIAL Y ESTABILIDAD DE TALUDES

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO  
CALICATA : CALICATA  
UBICACIÓN : Yanahuanca  
MUESTRA : C-6 : M-2

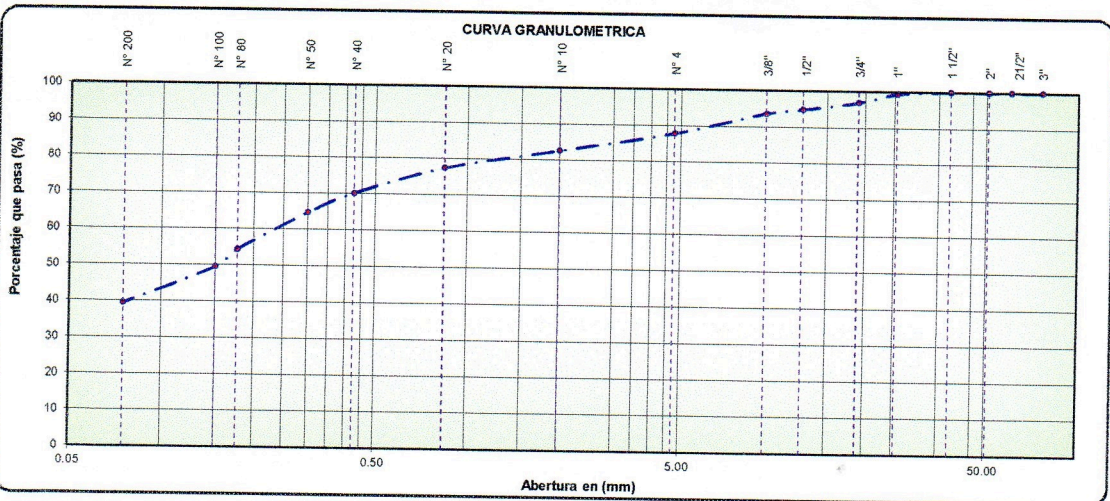
FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

PESO INICIAL SECO: 10000 gr.

MÉTODO : A

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓ N "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		<b>Pesos de Muestra</b>
2 1/2"	60.350	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Total : 10000 gr.
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	100	Peso de Grava : 1217 gr.
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso de Arena : 8783 gr.
1"	25.400	63.42	0.63	0.63	99.37	-	Fracc. < N° 4 : 1217.27 gr.
3/4"	19.000	243.45	2.43	3.07	96.93		<b>CONSISTENCIA</b>
1/2"	12.500	208.67	2.09	5.16	94.84		Límite Líquido : 21 %
3/8"	9.500	120.70	1.21	6.36	93.64	30 - 65	Límite Plástico : 16 %
N° 4	4.750	581.01	5.81	12.17	87.83	25 - 55	Índice Plástico : 5 %
N° 10	2.000	530.50	5.31	17.48	82.52	15 - 40	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 20	0.840	518.71	5.19	22.66	77.34		A.A.S.H.T.O
N° 40	0.425	723.05	7.23	29.90	70.10	8 - 20	S.U.C.S. : SC
N° 50	0.300	548.18	5.48	35.38	64.62		Humedad Natural (%) : 5.61
N° 60	0.177	1029.56	10.30	45.67	54.33		Materia orgánica (%) : 0.0
N° 100	0.150	483.35	4.83	50.51	49.49		
N° 200	0.075	1005.99	10.06	60.57	39.43	2 - 8	
< N° 200	Fondo	3943.39	39.43	100.00	0.00		
		10000	100				



Observaciones: La muestra fueron identificadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLO**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

LÍMITES DE CONSISTENCIA  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.129

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA	MATERIAL PROPIO	SOLICITANTE:	MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA
CALICATA	CALICATA	FECHA:	27/08/2019
UBICACIÓN	Yanahuanca	HECHO POR:	Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.
MUESTRA	C-6 : M-2		

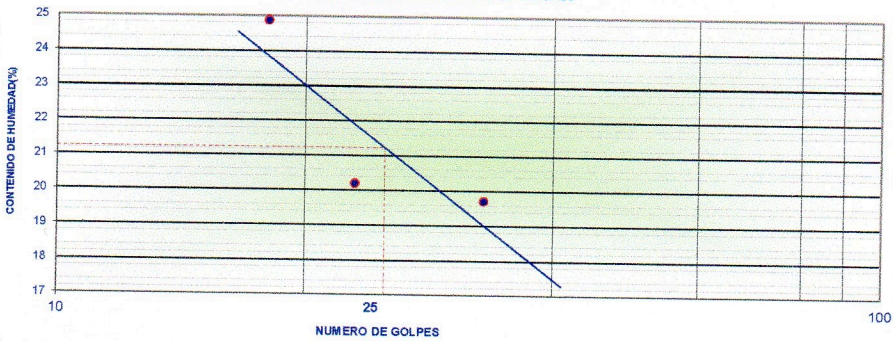
LÍMITE LIQUIDO (NTP 339.129)

N° TARA		T-20	T-22	T-104	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	38.80	39.00	37.30	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	34.70	34.80	32.60	
PESO DE AGUA	(gr.)	4.10	4.20	4.70	
PESO DE LA TARA	(gr.)	13.90	14.00	13.70	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	20.80	20.80	18.90	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	19.71	20.19	24.87	
NUMERO DE GOLPES		33	23	18	

LÍMITE PLÁSTICO (NTP 339.129)

N° TARA		T-35	T-15	D - 07	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	15.40	15.30	16.30	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	15.20	15.10	16.00	
PESO DE LA TARA	(gr.)	14.00	13.80	14.00	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.20	0.20	0.30	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	1.20	1.30	2.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	16.67	15.38	15.00	16

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

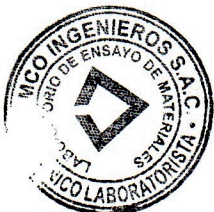


CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LIQUIDO (%)	21
LÍMITE PLÁSTICO (%)	16
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	5

OBSERVACIONES

El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semi-logarítmico es el LL = 27 21



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 154392

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**CLASIFICACION DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.134

**DATOS DE LA MUESTRA**

**ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO**

**CALICATA : CALICATA**

**UBICACIÓN : Yanahuanca**

**MUESTRA : C-6 : M-2**

**SOLICITANTE : MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA**

**FECHA : 27/08/2019**

**HECHO POR : Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.**

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S**

% Que Pasa la Malla N° 200	39.43		
% Que Pasa la Malla N° 4	87.83		
Límite Líquido	LL = 21.00 %	D60 = -96.037	Cu = 31.751
Límite Plástico	LP = 16.00 %	D30 = -25.226	Cc = 2.191
Índice de Plasticidad	IP = 5.00 %	D10 = -3.025	Suelo Bien Graduado

Tipo de Suelo Según su Granulometría : Suelo Grueso  
Arena

Tipo de Simbología : Simbología Normal

Tipo de Suelo : SM , SC

Suelo : **SC**

inorganico

Características del Suelo : **SC**

**ARENA ARCILLOSA**

**CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO**

% Que Pasa la Malla N° 200	39.43	Determinación del Índice de Grupo IG	
% Que Pasa la Malla N° 40	70.10	a = 4.43	IG = 1.00
% Que Pasa la Malla N° 10	82.52	b = 24.43	
Límite Líquido	LL = 21.00 %	c = 0.00	
Límite Plástico	LP = 16.00 %	d = 0.00	
Índice de Plasticidad :	IP = 5.00 %		

Tipo de Suelo : Material Limo Arcilloso

Clasificación de Suelos : **A - 4**

Suelo :

Tipo de Material : Suelo Limoso

Terreno de Fundación : Regular a Malo

Observaciones: Según el solicitante No se encontraron napa freatica



**Jorge Campos Angulo**  
Técnico Laboratorista



**Marco Antonio ESPINOZA BUSTI**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaupipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

ESTUDIO DE SUELOS  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-6 - M-2

COORDENADAS : N: 8839408

E: 334581

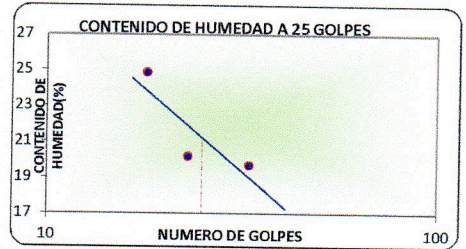
COTA: 3399

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA

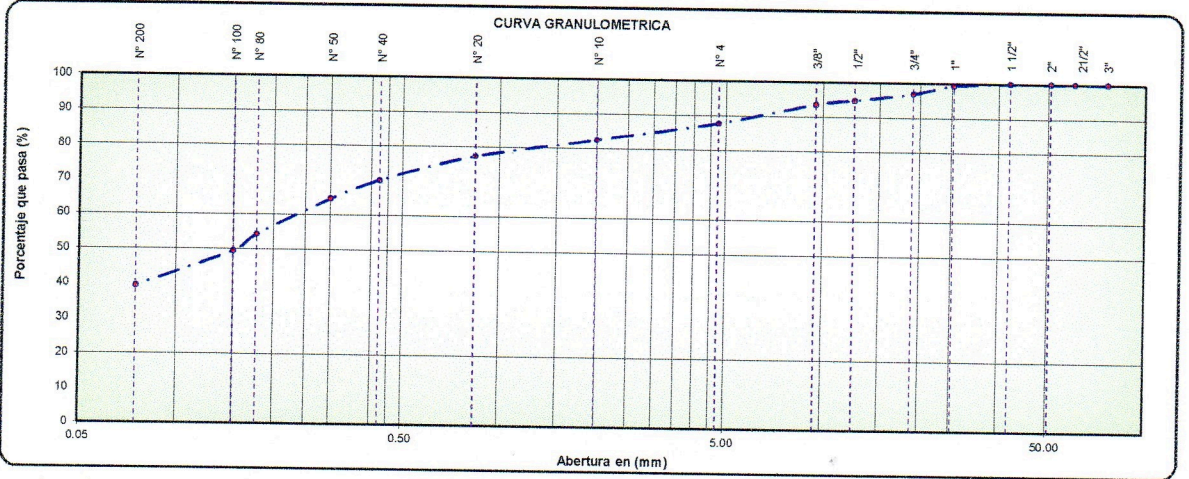
FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	<b>Pesos de Muestra</b> Peso Total : 10000 gr. Peso de Grava : 1217 gr. Peso de Arena : 8783 gr. Fracc. < N° 4 : 1217.27 gr.
2 1/2"	60.350	100.00	
2"	50.800	100.00	
1 1/2"	38.100	100.00	
1"	25.400	99.37	
3/4"	19.000	96.93	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
1/2"	12.500	94.84	Límite Líquido : 21 %
3/8"	9.500	93.64	Límite Plástico : 16 %
N° 4	4.750	87.83	Índice Plástico : 5 %
N° 10	2.000	82.52	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 20	0.840	77.34	A.A.S.H.T.O : A - 4
N° 40	0.425	70.10	S.U.C.S. : SC
N° 50	0.300	64.62	Humedad Natural (%) : 5.61 %
N° 80	0.177	54.33	Materia orgánica (%) : 0.0
N° 100	0.150	49.49	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b>
N° 200	0.075	39.43	ARENA ARCILLOSA
< N° 200	Fondo	0.00	



**OBSERVACIONES**  
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 21



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Jorge Campos Angulo*  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL**

NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.127

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-6 : M-2

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ  
JANAMPA

FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA gr.	T-01	T-02	T-03
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	481.00	481.00	481.00
PESO TARA + SUELO SECO gr.	460.00	460.00	460.00
PESO DE LA TARA gr.	86.00	86.00	86.00
PESO DEL AGUA gr/cm <sup>3</sup>	21.00	21.00	21.00
PESO SUELO SECO gr.	374.00	374.00	374.00
HUMEDAD %	5.61	5.61	5.61
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %	5.61		

**Observaciones:**

El resultado de humedad natural de la muestra (C-06 : M-02) 5.61 %



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquiya, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuana, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128

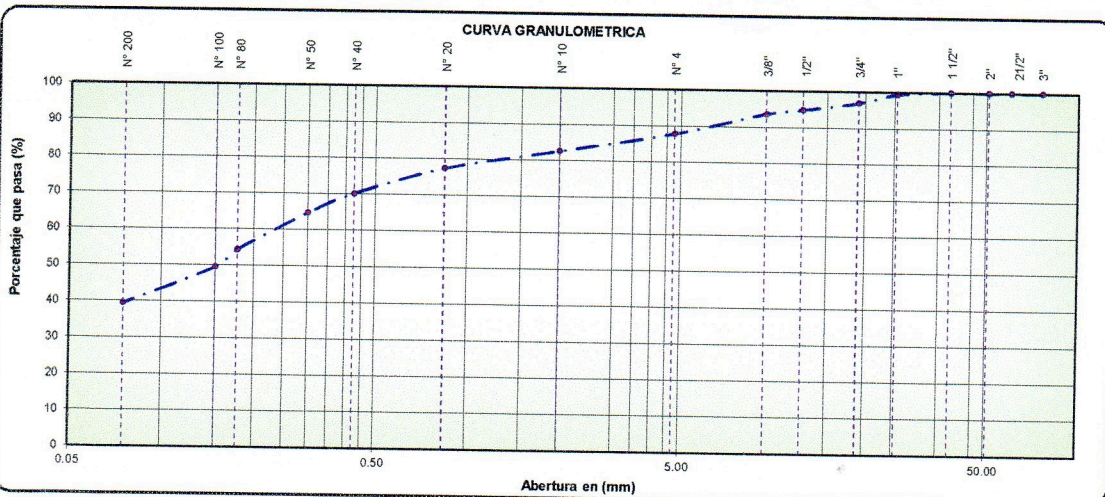
**GEOTECNIA VIAL Y ESTABILIDAD DE TALUDES**

**ESTRUCTURA** : MATERIAL PROPIO  
**CALICATA** : CALICATA  
**UBICACIÓN** : Yanahuana  
**MUESTRA** : C-6 : M-2

**MÉTODO** : A

**FECHA:** 27/08/2019  
**REALIZADO POR:** Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.  
**PESO INICIAL SECO:** 10000 gr.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓ N "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		<b>Pesos de Muestra</b>	
2 1/2"	60.350	0.00	0.00	0.00	100.00			<b>Peso Total</b> : 10000 gr.
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	100	<b>Peso de Grava</b> : 1217 gr.	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		<b>Peso de Arena</b> : 8783 gr.	
1"	25.400	63.42	0.63	0.63	99.37	-	<b>Fracc. &lt; N° 4</b> : 1217.27 gr.	
3/4"	19.000	243.45	2.43	3.07	96.93		<b>CONSISTENCIA</b>	
1/2"	12.500	208.67	2.09	5.16	94.84			<b>Límite Líquido</b> : 21 %
3/8"	9.500	120.70	1.21	6.36	93.64	30 - 65	<b>Límite Plástico</b> : 16 %	
N° 4	4.750	581.01	5.81	12.17	87.83	25 - 55	<b>Índice Plástico</b> : 5 %	
N° 10	2.000	530.50	5.31	17.48	82.52	15 - 40	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>	
N° 20	0.840	518.71	5.19	22.66	77.34			<b>A.A.S.H.T.O</b>
N° 40	0.425	723.05	7.23	29.90	70.10	8 - 20	<b>S.U.C.S.</b> : SC	
N° 50	0.300	548.18	5.48	35.38	64.62		<b>Humedad Natural (%)</b> : 5.61	
N° 80	0.177	1029.56	10.30	45.67	54.33		<b>Materia orgánica (%)</b> : 0.0	
N° 100	0.150	483.35	4.83	50.51	49.49			
N° 200	0.075	1005.99	10.06	60.57	39.43	2 - 8		
< N° 200	Fondo	3943.39	39.43	100.00	0.00			
		10000	100					



**Observaciones:** La muestra fueron identificadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
*Jorge Campos Angulo*  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
*Marco Antonio Espinoza Bustillo*  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.129

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA	MATERIAL PROPIO	SOLICITANTE:	MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA
CALICATA	CALICATA	FECHA:	27/08/2019
UBICACIÓN	Yanahuanca	HECHO POR:	Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.
MUESTRA	C-6 : M-2		

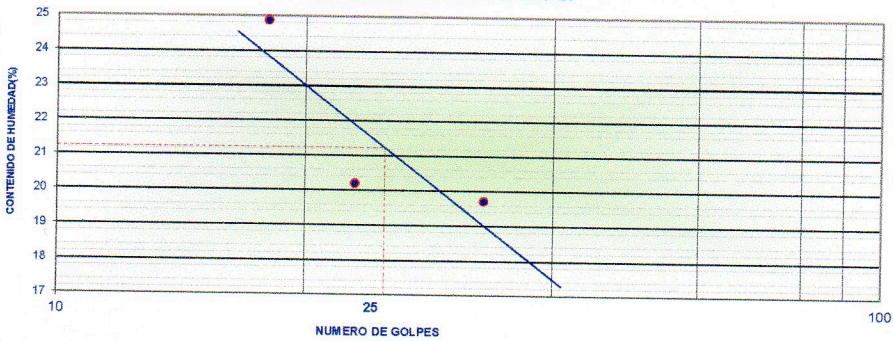
**LÍMITE LIQUIDO (NTP 339.129)**

N° TARA		T-20	T-22	T-104	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	38.80	39.00	37.30	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	34.70	34.80	32.60	
PESO DE AGUA	(gr.)	4.10	4.20	4.70	
PESO DE LA TARA	(gr.)	13.90	14.00	13.70	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	20.80	20.80	18.90	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	19.71	20.19	24.87	
NUMERO DE GOLPES		33	23	18	

**LÍMITE PLÁSTICO (NTP 339.129)**

N° TARA		T-35	T-15	D - 07	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	15.40	15.30	16.30	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	15.20	15.10	16.00	
PESO DE LA TARA	(gr.)	14.00	13.80	14.00	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.20	0.20	0.30	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	1.20	1.30	2.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	16.67	15.38	15.00	16

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**



**CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA**

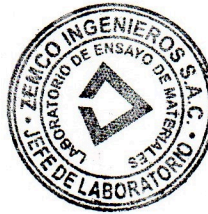
LÍMITE LIQUIDO (%)	21
LÍMITE PLÁSTICO (%)	16
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	5

**OBSERVACIONES**

El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 27 21



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
Marco Antonio ESPINOZA BUSILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 154392



**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**CLASIFICACION DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.134

**DATOS DE LA MUESTRA**

**ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO**

**CALICATA : CALICATA**

**UBICACIÓN : Yanahuanca**

**MUESTRA : C-6 : M-2**

**SOLICITANTE : MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA**

**FECHA : 27/08/2019**

**HECHO POR : Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.**

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S**

% Que Pasa la Malla N° 200	39.43		
% Que Pasa la Malla N° 4	87.83		
Límite Líquido	LL = 21.00 %	D60 = -96.037	Cu = 31.751
Límite Plástico	LP = 16.00 %	D30 = -25.226	Cc = 2.191
Índice de Plasticidad	IP = 5.00 %	D10 = -3.025	Suelo Bien Graduado

Tipo de Suelo Según su Granulometría : Suelo Grueso  
Arena

Tipo de Simbología : Simbología Normal

Tipo de Suelo : SM , SC

Suelo : **SC**

inorganico

Características del Suelo : **SC**

**ARENA ARCILLOSA**

**CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO**

% Que Pasa la Malla N° 200	39.43	Determinación del Índice de Grupo IG	
% Que Pasa la Malla N° 40	70.10	a = 4.43	IG = 1.00
% Que Pasa la Malla N° 10	82.52	b = 24.43	
Límite Líquido	LL = 21.00 %	c = 0.00	
Límite Plástico	LP = 16.00 %	d = 0.00	
Índice de Plasticidad	IP = 5.00 %		

Tipo de Suelo : Material Limo Arcilloso

Clasificación de Suelos : **A - 4**

Suelo :

Tipo de Material : Suelo Limoso

Terreno de Fundación : Regular a Malo

Observaciones: Según el solicitante No se encontraron napa freatica



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**

*Jorge Campos Angulo*  
**Jorge Campos Angulo**  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**

*Marco Antonio Espinoza Busti*  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTI**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**ESTUDIO DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-7 : M-1

COORDENADAS : N: 8839495

E: 334037

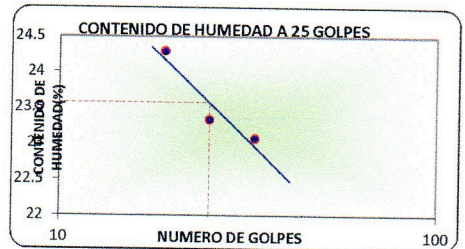
COTA: 3339

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA

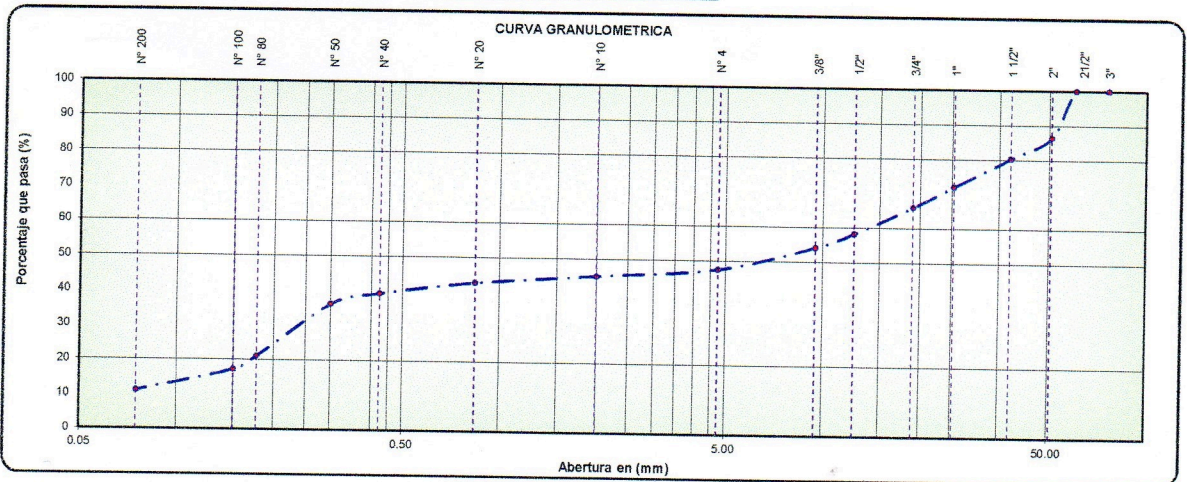
FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	
2 1/2"	60.350	100.00	<b>Pesos de Muestra</b>
2"	50.800	86.49	Peso Total : 10000 gr.
1 1/2"	38.100	80.33	Peso de Grava : 5252 gr.
1"	25.400	72.04	Peso de Arena : 4748 gr.
3/4"	19.000	65.97	Fracc. < N° 4 : 5251.83 gr.
1/2"	12.500	58.20	
3/8"	9.500	54.16	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
N° 4	4.750	47.48	Límite Líquido : 24 %
N° 10	2.000	45.05	Límite Plástico : 20 %
N° 20	0.840	42.72	Índice Plástico : 4 %
N° 40	0.425	39.29	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 50	0.300	36.14	A.A.S.H.T.O : A - 1
N° 60	0.177	21.08	S.U.C.S. : GP - GC
N° 100	0.150	17.23	Humedad Natural (%) : 2.61 %
N° 200	0.075	11.07	Materia orgánica (%) : 0.0
< N° 200	Fondo	0.00	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b>
			GRAVA MAL GRADUADA CON ARCILLA Y ARENA



**OBSERVACIONES**  
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 24



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352



INGENIEROS S.A.C

PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.127

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-7 : M-1

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ  
JANAMPA

FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA gr.	T-01	T-02	T-03
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	597.00	597.00	597.00
PESO TARA + SUELO SECO gr.	584.00	584.00	584.00
PESO DE LA TARA gr.	85.00	85.00	85.00
PESO DEL AGUA gr/cm3	13.00	13.00	13.00
PESO SUELO SECO gr.	499.00	499.00	499.00
HUMEDAD %	2.61	2.61	2.61
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %	2.61		

Observaciones:

El resultado de humedad natural de la muestra (C-07 : M-01) 2.61 %



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.

Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.

Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquiya, Maranchaca y Machyacu del distrito de Yanahuana, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128

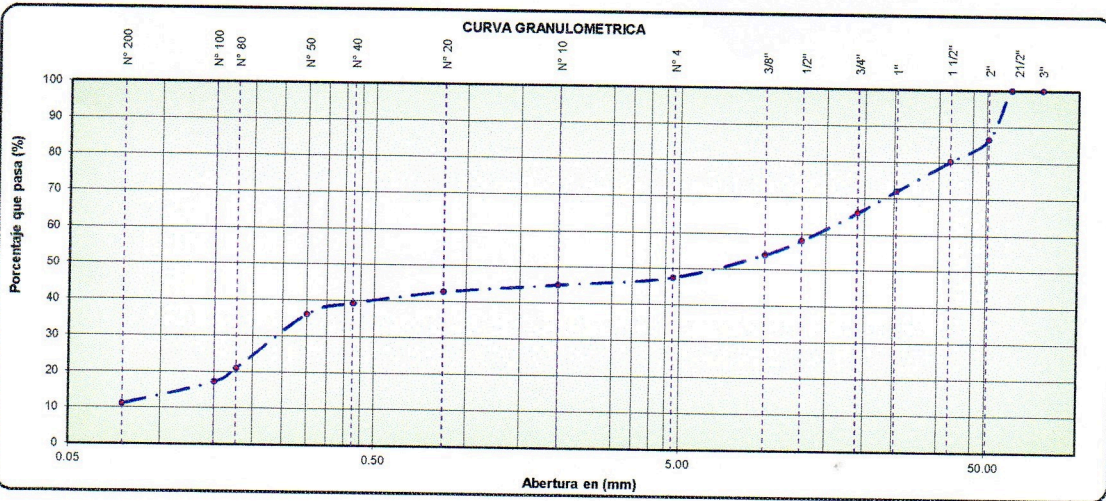
**GEOTECNIA VIAL Y ESTABILIDAD DE TALUDES**

**ESTRUCTURA** : MATERIAL PROPIO  
**CALICATA** : CALICATA  
**UBICACIÓN** : Yanahuana  
**MUESTRA** : C-7 : M-1

**MÉTODO** : A

**FECHA:** 27/08/2019  
**REALIZADO POR:** Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.  
**PESO INICIAL SECO:** 10000 gr.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓ N "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		<b>Pesos de Muestra</b>
2 1/2"	60.350	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Total : 10000 gr.
2"	50.800	1351.07	13.51	13.51	86.49	100	Peso de Grava : 5252 gr.
1 1/2"	38.100	615.75	6.16	19.67	80.33		Peso de Arena : 4748 gr.
1"	25.400	829.47	8.29	27.96	72.04	-	Fracc. < N° 4 : 5251.83 gr.
3/4"	19.000	606.79	6.07	34.03	65.97		<b>CONSISTENCIA</b>
1/2"	12.500	777.16	7.77	41.80	58.20		Limite Líquido : 24 %
3/8"	9.500	403.53	4.04	45.84	54.16	30 - 65	Limite Plástico : 20 %
N° 4	4.750	668.06	6.68	52.52	47.48	25 - 55	Indice Plástico : 4 %
N° 10	2.000	243.59	2.44	54.95	45.05	15 - 40	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 20	0.840	233.00	2.33	57.28	42.72		A.A.S.H.T.O A - 1 - b
N° 40	0.425	342.43	3.42	60.71	39.29	8 - 20	S.U.C.S. : GP - GC
N° 50	0.300	315.07	3.15	63.86	36.14		Humedad Natural (%) 2.61
N° 80	0.177	1506.53	15.07	78.92	21.08		Materia orgánica (%) 0.0
N° 100	0.150	384.80	3.85	82.77	17.23		
N° 200	0.075	616.03	6.16	88.93	11.07	2 - 8	
< N° 200	Fondo	1106.73	11.07	100.00	0.00		
		10000	100				



**Observaciones:** La muestra fueron identificadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
Jorge Campos Arguilo  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.129

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA	MATERIAL PROPIO	SOLICITANTE:	MAIRETH HELEN RARAZ
CALICATA	CALICATA		JANAMPA
UBICACIÓN	Yanahuanca	FECHA:	27/08/2019
MUESTRA	C-7 : M-1	HECHO POR:	Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

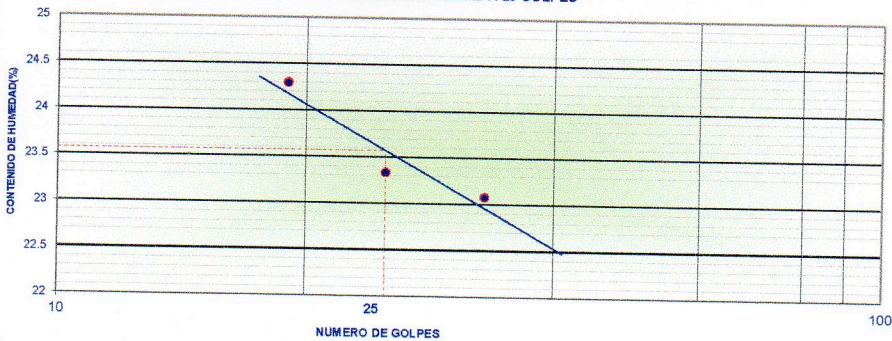
**LÍMITE LIQUIDO (NTP 339.129)**

Nº TARA		T-155	T-154	T-152	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	33.30	36.10	35.70	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	29.70	31.90	31.40	
PESO DE AGUA	(gr.)	3.60	4.20	4.30	
PESO DE LA TARA	(gr.)	14.10	13.90	13.70	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	15.60	18.00	17.70	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	23.08	23.33	24.29	
NUMERO DE GOLPES		33	25	19	

**LÍMITE PLÁSTICO (NTP 339.129)**

Nº TARA		T-153	T-150	T-203	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	14.60	14.60	14.30	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	14.50	14.50	14.20	
PESO DE LA TARA	(gr.)	14.00	14.00	13.70	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.10	0.10	0.10	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	0.50	0.50	0.50	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	20.00	20.00	20.00	20

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**



**CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA**

LÍMITE LIQUIDO (%)	24
LÍMITE PLÁSTICO (%)	20
INDICE DE PLÁSTICIDAD (%)	4

**OBSERVACIONES**

El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 27 24



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.

Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.

Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**CLASIFICACION DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.134

**DATOS DE LA MUESTRA**

**ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO**

**CALICATA : CALICATA**

**UBICACIÓN : Yanahuanca**

**MUESTRA : C-7 : M-1**

**SOLICITANTE : MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA**

**FECHA : 27/08/2019**

**HECHO POR : Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.**

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S**

% Que Pasa la Malla N° 200	11.07		
% Que Pasa la Malla N° 4	47.48		
Límite Líquido	LL = 24.00 %	D60 = 14.008	Cu = -4.483
Límite Plástico	LP = 20.00 %	D30 = -14.986	Cc = -5.131
Índice de Plasticidad	IP = 4.00 %	D10 = -3.125	Suelo Mal Graduado

Tipo de Suelo Según su Granulometría : Suelo Grueso  
Grava

Tipo de Simbología : Simbología Doble

Tipo de Suelo : GP - GC o GP - GM

Suelo : **GP - GC**

inorganico

Características del Suelo : **GP - GC**

**GRAVA MAL GRADUADA CON ARCILLA Y ARENA**

**CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO**

% Que Pasa la Malla N° 200	11.07	Determinación del Índice de Grupo IG	
% Que Pasa la Malla N° 40	39.29	a = 0.00	IG = 0.00
% Que Pasa la Malla N° 10	45.05	b = 0.00	
Límite Líquido	LL = 24.00 %	c = 0.00	
Límite Plástico	LP = 20.00 %	d = 0.00	
Índice de Plasticidad	IP = 4.00 %		

Tipo de Suelo : Material Granular

Clasificación de Suelos : **A - 1**

Suelo : **A - 1 - b**

Tipo de Material : Fragmentos de Piedra Grava y Arena

Terreno de Fundación : Excelente a Bueno

Observaciones: Según el solicitante No se encontraron napa freatica



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
*Jorge Campos Angulo*  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

ESTUDIO DE SUELOS  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : P 01 : Q 1

COORDENADAS : N: 8839068

E: 333961

COTA: 3603

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA

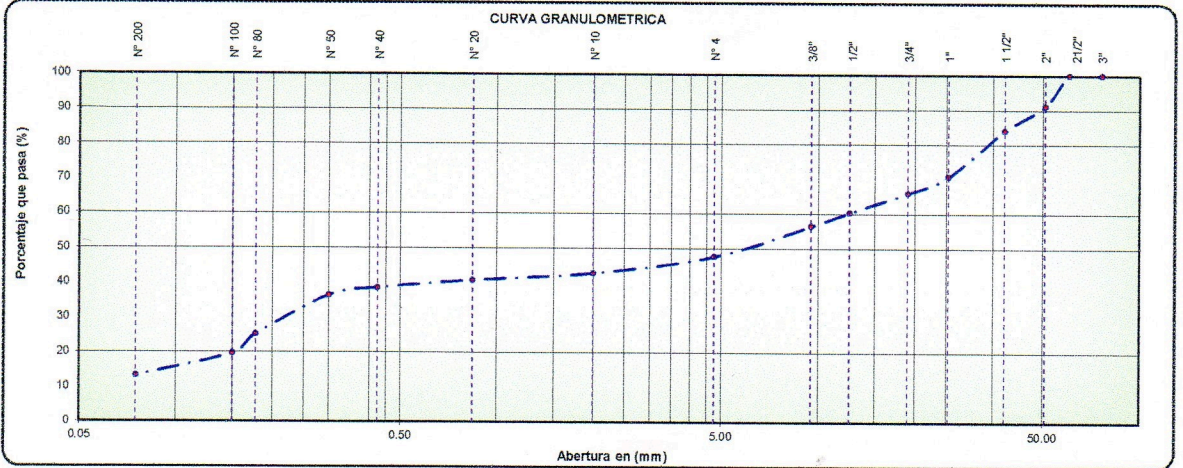
FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	<b>Pesos de Muestra</b> Peso Total : 10000 gr. Peso de Grava : 5238 gr. Peso de Arena : 4762 gr. Frac. < N° 4 : 5237.65 gr.
2 1/2"	60.350	100.00	
2"	50.800	91.22	
1 1/2"	38.100	84.15	
1"	25.400	70.78	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b> Limite Líquido : NL % Limite Plástico : NP % Indice Plástico : NP %
3/4"	19.000	65.97	
1/2"	12.500	60.35	
3/8"	9.500	56.45	
N° 4	4.750	47.62	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b> A.A.S.H.T.O : A - 1 S.U.C.S. : GM , GC Humedad Natural (%) : 3.76 % Materia organica (%) : 0.0
N° 10	2.000	42.83	
N° 20	0.840	40.77	
N° 40	0.425	38.56	
N° 50	0.300	36.40	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b> GRAVA LIMOSA CON ARENA
N° 80	0.177	25.19	
N° 100	0.150	19.69	
N° 200	0.075	13.25	
< N° 200	Fondo	0.00	



**OBSERVACIONES**  
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = NL



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.

Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.

Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL**

NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.127

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : P 01 : Q 1

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ  
JANAMPA

FECHA: 27/08/2019


REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA gr.	T-01	T-02	T-03
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	415.00	415.00	415.00
PESO TARA + SUELO SECO gr.	403.00	403.00	403.00
PESO DE LA TARA gr.	84.00	84.00	84.00
PESO DEL AGUA gr/cm3	12.00	12.00	12.00
PESO SUELO SECO gr.	319.00	319.00	319.00
HUMEDAD %	3.76	3.76	3.76
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %	3.76		

**Observaciones:**

El resultado de humedad natural de la muestra (P-01 : Q-01) 3.76 %



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Jorge Campos Arguilo**  
 Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352



PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128

GEOTECNIA VIAL Y ESTABILIDAD DE TALUDES

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO  
CALICATA : CALICATA  
UBICACIÓN : Yanahuanca  
MUESTRA : P 01 : Q 1

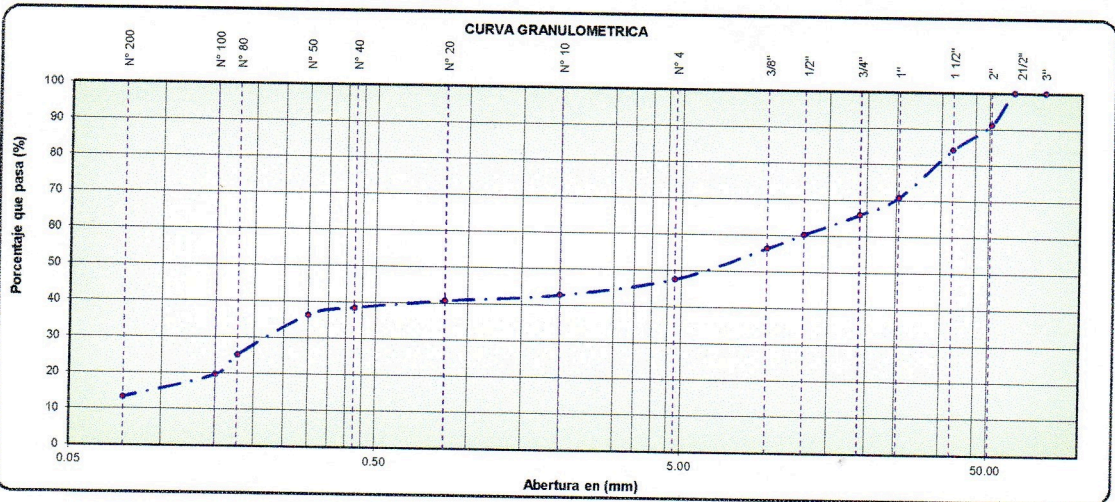
FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

PESO INICIAL SECO: 10000 gr.

MÉTODO : A

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓ N "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		<b>Pesos de Muestra</b>
2 1/2"	60.350	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.800	878.49	8.78	8.78	91.22	100	<b>Peso de Grava</b> : 5238 gr.
1 1/2"	38.100	706.49	7.06	15.85	84.15		<b>Peso de Arena</b> : 4762 gr.
1"	25.400	1337.16	13.37	29.22	70.78	-	<b>Frac. &lt; N° 4</b> : 5237.65 gr.
3/4"	19.000	480.86	4.81	34.03	65.97		<b>CONSISTENCIA</b>
1/2"	12.500	562.23	5.62	39.65	60.35		
3/8"	9.500	390.23	3.90	43.55	56.45	30 - 65	<b>Límite Plástico</b> : NP %
N° 4	4.750	882.19	8.82	52.38	47.62	25 - 55	<b>Índice Plástico</b> : NP %
N° 10	2.000	479.81	4.80	57.17	42.83	15 - 40	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 20	0.840	205.97	2.08	59.23	40.77		
N° 40	0.425	220.26	2.20	61.44	38.56	8 - 20	<b>S.U.C.S.</b> : GM , GC
N° 50	0.300	216.69	2.17	63.60	36.40		<b>Humedad Natural (%)</b> : 3.76
N° 80	0.177	1120.34	11.20	74.81	25.19		<b>Materia orgánica (%)</b> : 0.0
N° 100	0.150	550.05	5.50	80.31	19.69		
N° 200	0.075	644.11	6.44	86.75	13.25	2 - 8	
< N° 200	Fondo	1325.12	13.25	100.00	0.00		
		10000	100				



Observaciones: La muestra fueron identificadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
Marco Antonio Espinoza Bustillos  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.129

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA MATERIAL PROPIO  
CALICATA CALICATA  
UBICACIÓN Yanahuanca  
MUESTRA P 01 : Q 1

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ  
JANAMPA

FECHA: 27/08/2019

HECHO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

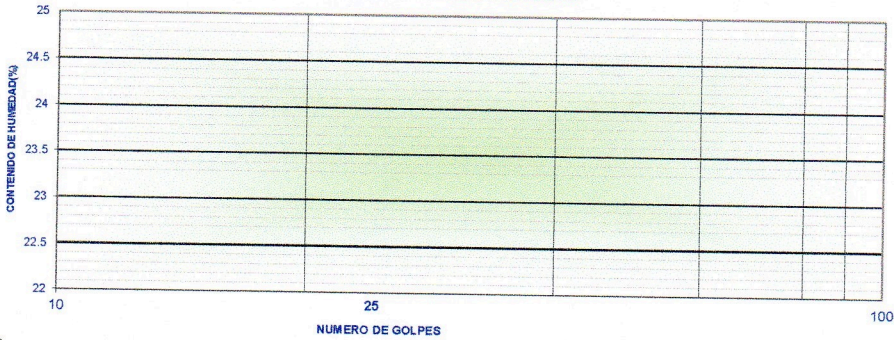
**LÍMITE LÍQUIDO (NTP 339.129)**

Nº TARA				
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)			
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)			
PESO DE AGUA	(gr.)		<b>N.L</b>	
PESO DE LA TARA	(gr.)			
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)			
NUMERO DE GOLPES				

**LÍMITE PLÁSTICO (NTP 339.129)**

Nº TARA				PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)			
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)			
PESO DE LA TARA	(gr.)		<b>N.P</b>	
PESO DEL AGUA	(gr.)			
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)			

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**



**CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA**

LÍMITE LÍQUIDO (%)	NL
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

**OBSERVACIONES**

El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 27 NL



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

CLASIFICACION DE SUELOS  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.134

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA

UBICACIÓN : Yanahuanca

FECHA: 27/08/2019

MUESTRA : P 01 : Q 1

HECHO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS S.A.C.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S

% Que Pasa la Malla N° 200	13.25				
% Que Pasa la Malla N° 4	47.62				
Límite Líquido	LL =	NL	%	D60 = 12.098	Cu = -2.441
Límite Plástico	LP =	NP	%	D30 = -5.351	Cc = -0.477
Índice de Plasticidad	IP =		%	D10 = -4.957	Suelo Mal Graduado
Tipo de Suelo Según su Granulometría : Suelo Grueso					
Grava					
Tipo de Simbología : Simbología Normal					
Tipo de Suelo : GM , GC					
Suelo : GM , GC inorganico					
Características del Suelo : GM , GC GRAVA LIMOSA CON ARENA					

CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO

% Que Pasa la Malla N° 200	13.25	Determinación del Índice de Grupo IG			
% Que Pasa la Malla N° 40	38.56	a =	IG =		
% Que Pasa la Malla N° 10	42.83	b =			
Límite Líquido	LL =	NL	%		
Límite Plástico	LP =	NP	%		
Índice de Plasticidad :	IP =		%		
Tipo de Suelo : Material Granular					
Clasificación de Suelos : A - 1					
Suelo :					
Tipo de Material : Fragmentos de Piedra Grava y Arena					
Terreno de Fundación :					

Observaciones: No se encontraron napa freatica



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLO**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**ESTUDIO DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : P-01 : Q-2

COORDENADAS : N: 8839171

E: 334139

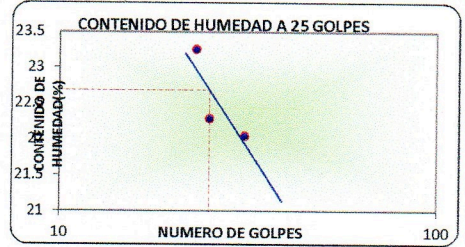
COTA: 3593

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA

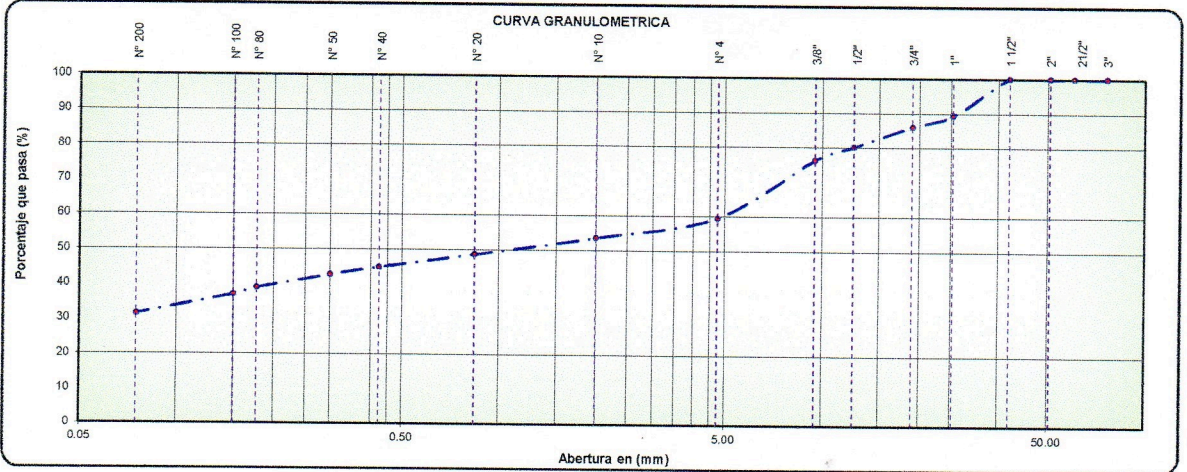
FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	<b>Pesos de Muestra</b> Peso Total : 10000 gr. Peso de Grava : 4044 gr. Peso de Arena : 5956 gr. Fracc. < N° 4 : 4043.52 gr.
2 1/2"	60.350	100.00	
2"	50.800	100.00	
1 1/2"	38.100	100.00	
1"	25.400	89.44	
3/4"	19.000	86.05	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
1/2"	12.500	80.14	Límite Líquido : 23 %
3/8"	9.500	78.32	Límite Plástico : 18 %
N° 4	4.750	59.56	Índice Plástico : 5 %
N° 10	2.000	53.61	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 20	0.840	48.68	A.A.S.H.T.O : A - 2
N° 40	0.425	44.91	S.U.C.S. : GC
N° 50	0.300	42.70	Humedad Natural (%) : 4.70 %
N° 80	0.177	38.92	Materia orgánica (%) : 0.0
N° 100	0.150	37.02	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b>
N° 200	0.075	31.47	GRAVA ARCILLOSA CON ARENA
< N° 200	Fondo	0.00	



**OBSERVACIONES**  
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 23



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
INGENIEROS S.A.C.  
*Jorge Campos Angulo*  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
INGENIEROS S.A.C.  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**DETERMINACION DE HUMEDAD NATURAL**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.127

**DATOS DE LA MUESTRA**

**ESTRUCTURA** : MATERIAL PROPIO

**CALICATA** : CALICATA

**UBICACIÓN** : Yanahuanca

**MUESTRA** : P-01 : Q-2

**SOLICITANTE:** MAIRETH HELEN RARAZ  
JANAMPA

**FECHA:** 27/08/2019


**REALIZADO POR:** Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA gr.	T-01	T-02	T-03
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	665.00	665.00	665.00
PESO TARA + SUELO SECO gr.	639.00	639.00	639.00
PESO DE LA TARA gr.	86.00	86.00	86.00
PESO DEL AGUA gr/cm <sup>3</sup>	26.00	26.00	26.00
PESO SUELO SECO gr.	553.00	553.00	553.00
HUMEDAD %	4.70	4.70	4.70
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %	4.70		

**Observaciones:**

El resultado de humedad natural de la muestra (P-01 : Q-2) 4.70 %



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Jorge Campos Angulo**  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

GEOTECNIA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.128

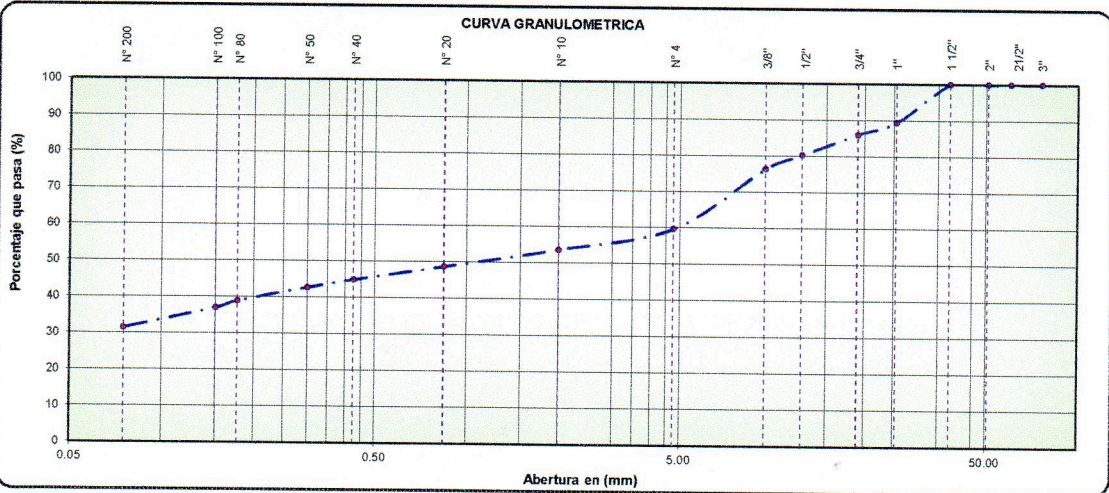
GEOTECNIA VIAL Y ESTABILIDAD DE TALUDES

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO  
CALICATA : CALICATA  
UBICACIÓN : Yanahuanca  
MUESTRA : P-01 : Q-2

FECHA: 27/08/2019  
REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.  
PESO INICIAL SECO: 10000 gr.

MÉTODO : A

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓ N "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		<b>Pesos de Muestra</b> Peso Total : 10000 gr. Peso de Grava : 4044 gr. Peso de Arena : 5956 gr.
2 1/2"	60.350	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	100	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		Fracc. < N° 4 : 4043.52 gr.
1"	25.400	1056.38	10.56	10.56	89.44	-	<b>CONSISTENCIA</b> Limite Liquido : 23 % Limite Plástico : 18 % Indice Plástico : 5 %
3/4"	19.000	338.28	3.38	13.95	86.05		
1/2"	12.500	591.49	5.91	19.86	80.14		<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b> A.A.S.H.T.O : A - 2 - 4 S.U.C.S. : GC Humedad Natural (%) : 4.70 Materia organica (%) : 0.0
3/8"	9.500	381.80	3.82	23.68	76.32	30 - 65	
N° 4	4.750	1675.57	16.76	40.44	59.56	25 - 55	
N° 10	2.000	595.65	5.96	46.39	53.61	15 - 40	
N° 20	0.840	492.99	4.93	51.32	48.68		
N° 40	0.425	376.79	3.77	55.09	44.91	8 - 20	
N° 50	0.300	221.11	2.21	57.30	42.70		
N° 80	0.177	377.92	3.78	61.08	38.92		
N° 100	0.150	189.52	1.90	62.98	37.02		
N° 200	0.075	555.04	5.55	68.53	31.47	2 - 8	
< N° 200	Fondo	3147.46	31.47	100.00	0.00		
		10000	100				



Observaciones: La muestra fueron identificadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*George Campos Arguilo*  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Marco Antonio ESPINOZA*  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

**PROYECTO TESIS:**

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuana, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

**GEOTECNIA**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**  
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.129

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA	MATERIAL PROPIO	SOLICITANTE:	MAIRETH HELEN RARAZ
CALICATA	CALICATA		JANAMPA
UBICACIÓN	Yanahuana	FECHA:	27/08/2019
MUESTRA	P-01 : Q-2	HECHO POR:	Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

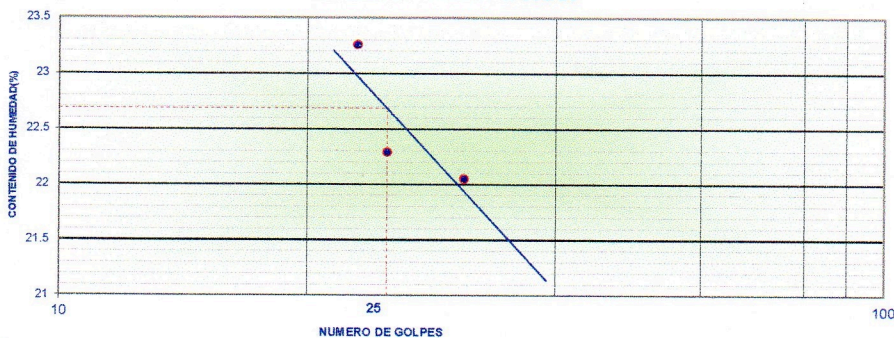
**LÍMITE LIQUIDO (NTP 339.129)**

N° TARA		T-32	T-157	T-158	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	29.60	34.30	34.70	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	26.80	30.60	30.70	
PESO DE AGUA	(gr.)	2.80	3.70	4.00	
PESO DE LA TARA	(gr.)	14.10	14.00	13.50	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	12.70	16.60	17.20	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.05	22.29	23.26	
NUMERO DE GOLPES		31	25	23	

**LÍMITE PLÁSTICO (NTP 339.129)**

N° TARA		T-156	T-159	T-160	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	14.70	15.20	15.50	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	14.50	15.00	15.20	
PESO DE LA TARA	(gr.)	13.40	13.90	13.50	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.20	0.20	0.30	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	1.10	1.10	1.70	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	18.18	18.18	17.65	18

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**



**CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA**

LÍMITE LIQUIDO (%)	23
LÍMITE PLÁSTICO (%)	18
ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD (%)	5

**OBSERVACIONES**

El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogaritmico es el LL = 27 23
--



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
*Jorge Campos Angulo*  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
*Marco Antonio Espinoza Bustillo*  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134362

### PROYECTO TESIS:

"Influencia del volumen de descarga máxima de agua en los flujos de escombros en las quebradas Chaquipa, Maranchaca y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco"

### GEOTECNIA

### CLASIFICACION DE SUELOS

NORMAS TÉCNICAS: NTP 339.134

### DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : P-01 : Q-2

SOLICITANTE: MAIRETH HELEN RARAZ JANAMPA

FECHA: 27/08/2019

HECHO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

### CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S

% Que Pasa la Malla N° 200	31.47		
% Que Pasa la Malla N° 4	59.56		
Límite Líquido	LL = 23.00 %	D60 = -9.630	Cu = 2.816
Límite Plástico	LP = 18.00 %	D30 = -8.900	Cc = 2.405
Índice de Plasticidad	IP = 5.00 %	D10 = -3.420	Suelo Bien Graduado

Tipo de Suelo Según su Granulometría : Suelo Grueso

Grava

Tipo de Simbología : Simbología Normal

Tipo de Suelo : GM , GC

Suelo : GC

inorganico

Características del Suelo : GC

GRAVA ARCILLOSA CON ARENA

### CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO

% Que Pasa la Malla N° 200	31.47	Determinación del Índice de Grupo IG	
% Que Pasa la Malla N° 40	44.91	a = 0.00	IG = 0.00
% Que Pasa la Malla N° 10	53.61	b = 16.47	
Límite Líquido	LL = 23.00 %	c = 0.00	
Límite Plástico	LP = 18.00 %	d = 0.00	
Índice de Plasticidad :	IP = 5.00 %		

Tipo de Suelo : Material Granular

Clasificación de Suelos : A - 2


Suelo : A - 2 - 4

Tipo de Material : Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas

Terreno de Fundación : Excelente a Bueno

Observaciones: Según el solicitante No se encontraron napa freática



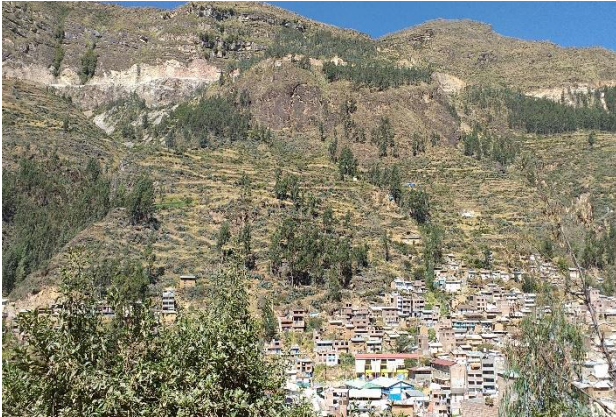
ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSI**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352



## B. PANEL FOTOGRÁFICO



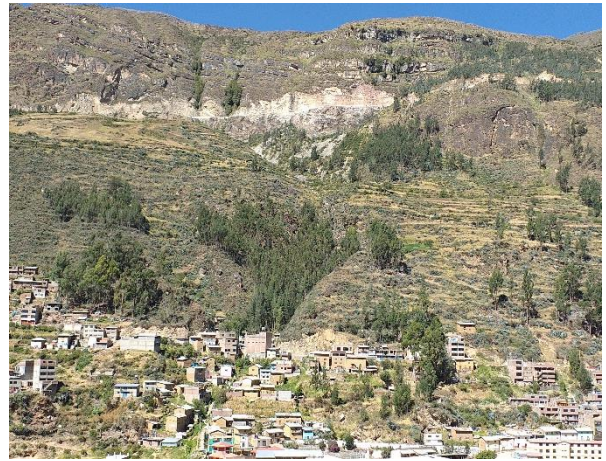
**Foto 01.** Quebradas de estudio: Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.



**Foto 02.** Quebrada Chaquipa.



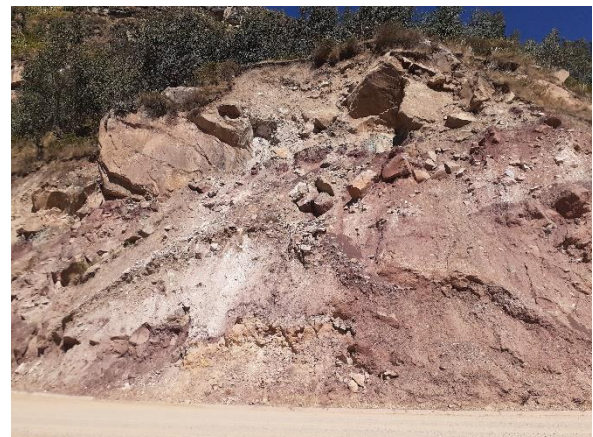
**Foto 03.** Quebrada Maranchacra.



**Foto 04.** Quebrada Machgyacu.



**Foto 05.** Material suelto en la Quebrada Machgyacu.



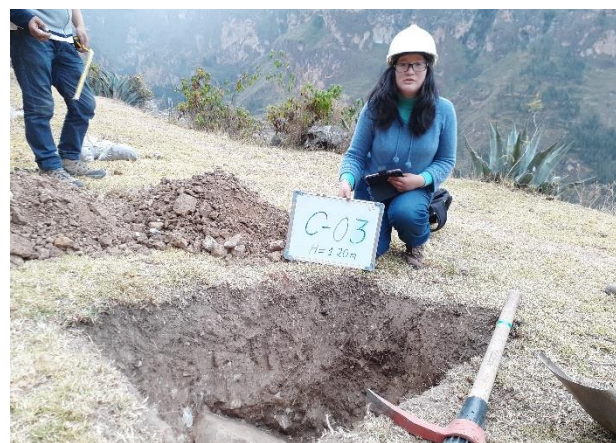
**Foto 06.** Deslizamientos por encima de carretera.



**Foto 07.** Estudio de suelos. Calicata N°1, ubicada en la Quebrada Chaquipa.



**Foto 08.** Estudio de suelos. Calicata N°2, ubicada en la Quebrada Chaquipa.



**Foto 09.** Estudio de suelos. Calicata N°3, ubicada en la Quebrada Maranchacra.



**Foto 10.** Punto de exploración 01, ubicada en la Quebrada Chaquipa.



**Foto 11.** Estudio de suelos. Calicata N°4, ubicada en la Quebrada Maranchacra.



**Foto 12.** Estudio de suelos. Calicata N°6, ubicada en la Quebrada Machgyacu.



**Foto 13.** Muestra de suelo llegadas al laboratorio.



**Foto 14.** Colocación de las muestra de suelos en bandejas.



**Foto 15.** Tamizado de las muestras.



**Foto 16.** Muestras para determinar el contenido de humedad.



**Foto 17.** Determinación del límite líquido del suelo empleando la copa de Casagrande.



**Foto 18.** Determinación del límite plástico por el método de rollos.

## C. PLANOS

333000

334000

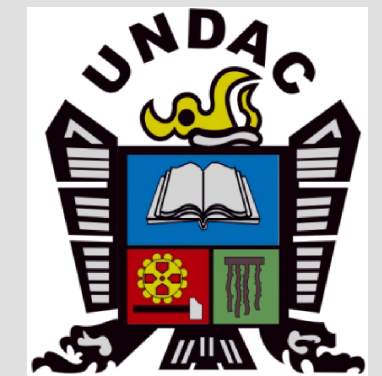
335000

336000

**INSTITUCIÓN:**

UNIVERSIDAD NACIONAL  
DANIEL ALCIDES  
CARRIÓN

ESCUELA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA CIVIL



**TESISTA:**

RARAZ JANAMPA M.

**TESIS:**

"B: @ 9B7-5'89@JC@ A9B  
89'89G75F; 5'AãL-A5'89'  
5; I 5'9B'@CG: @ >CG'89'  
9G7CA6FCG'9B'@5G'  
EI 96F585G'7<5EI ð5ž  
A5F5B7<57F5žM  
A57<; M57I '89@8GHF #C'  
89'M5B5<I 5B75ž  
DFCJ #B7-5'85B-9@  
5@7-89G'75FF-êB!'  
D5G7C"

**PLANO:**

PLANO DE  
UBICACIÓN

**FECHA:**

JULIO DEL 2023

**ESCALA:**

1/ 8000

**LÁMINA:**

UB - 01

8840000

8840000

8839000

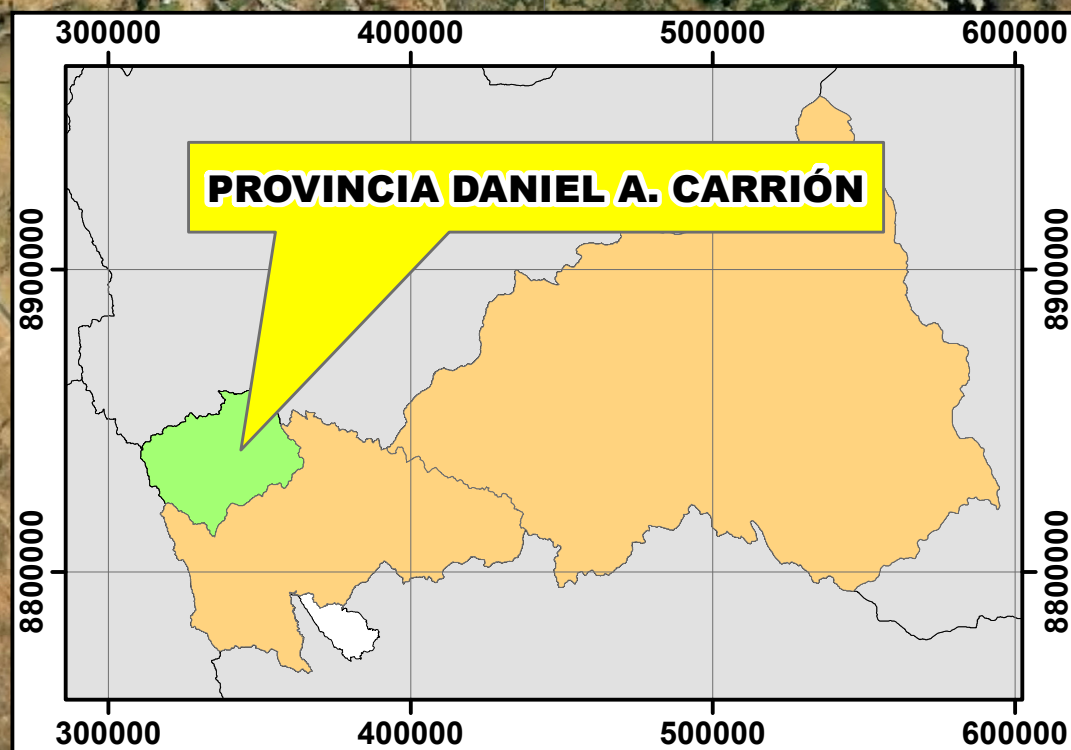
8839000

8838000

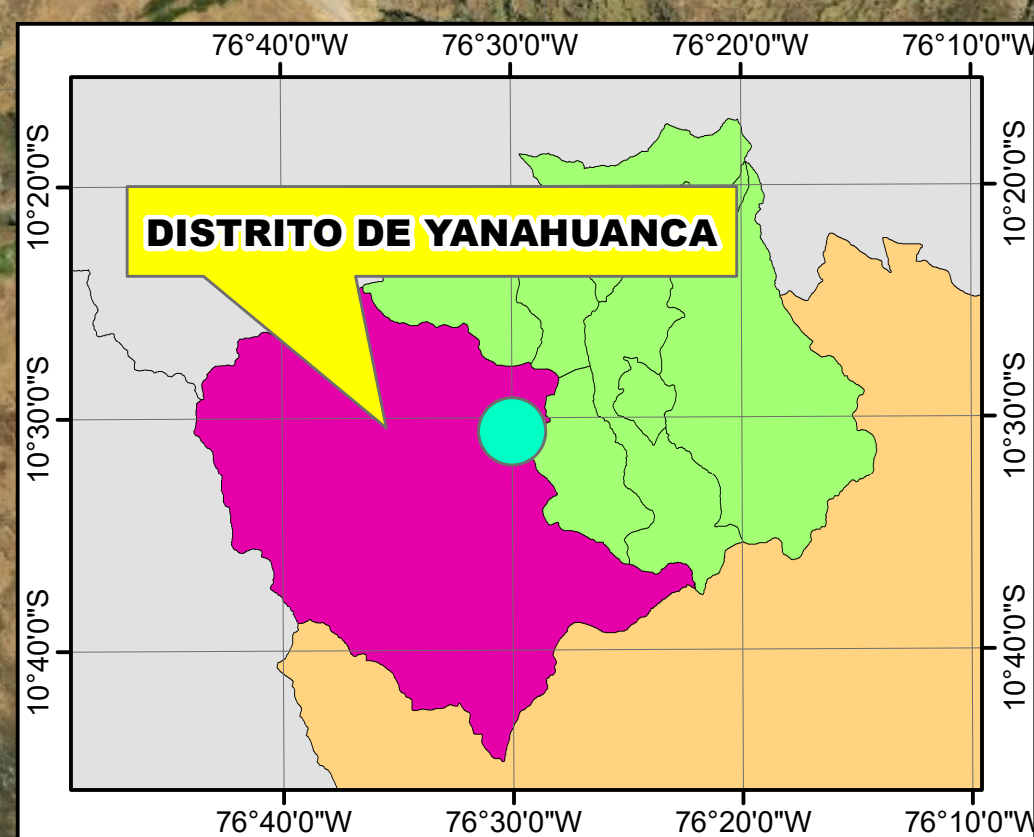
8838000



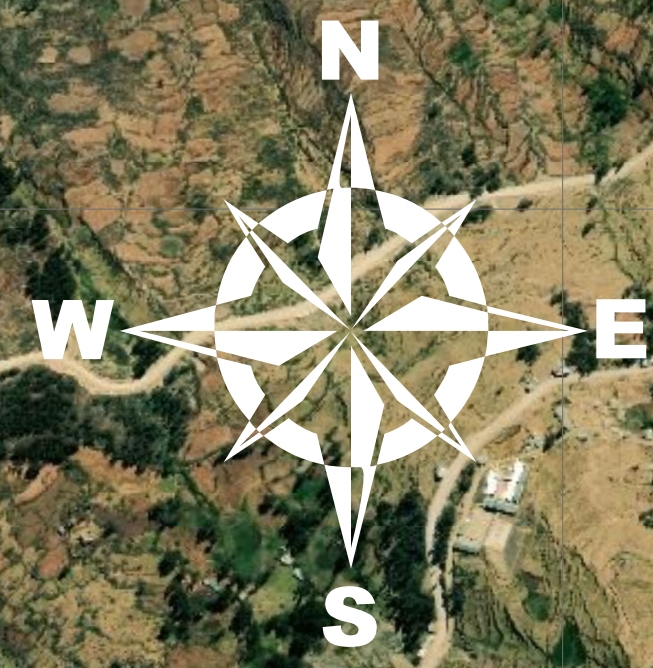
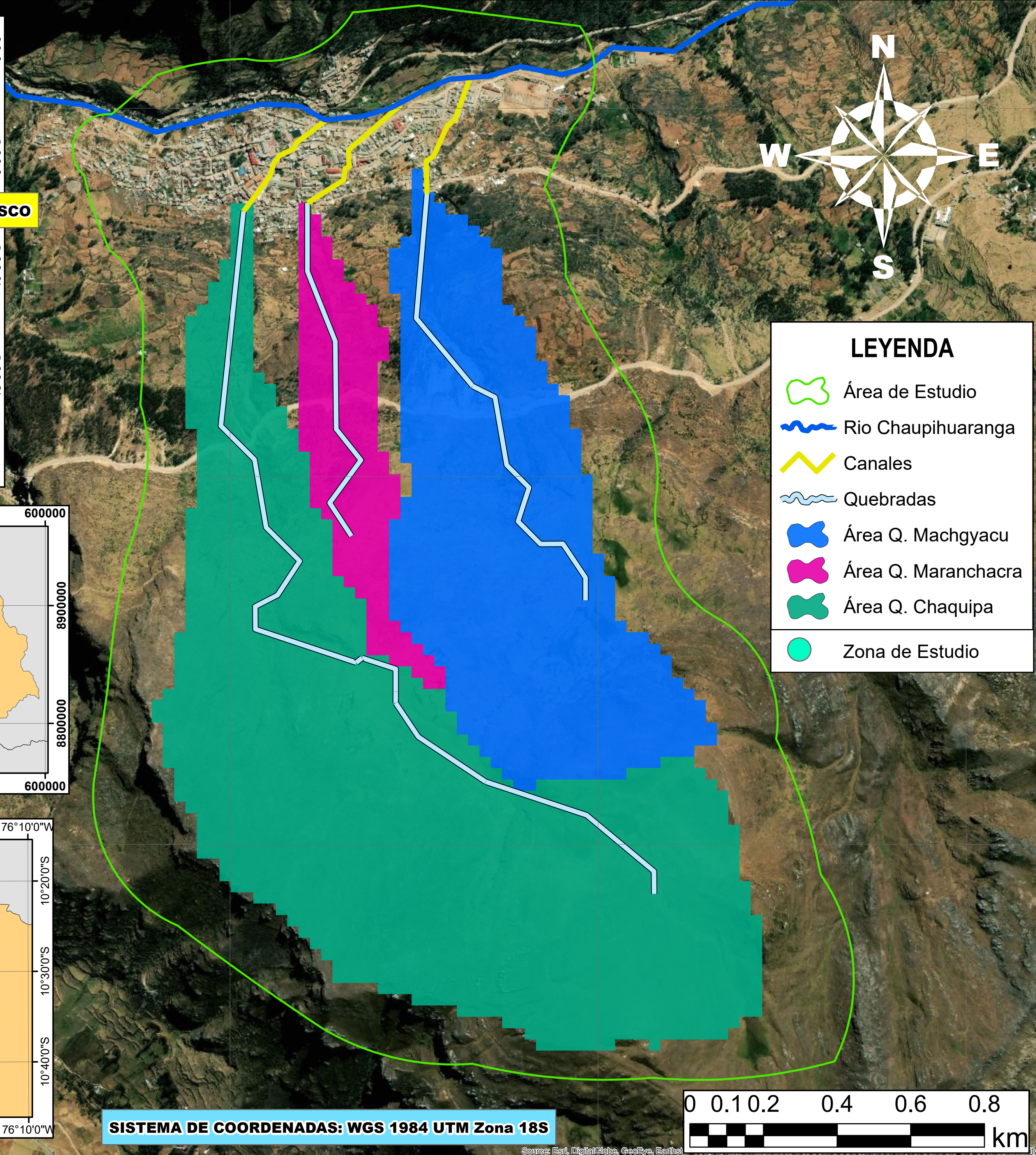
DEPARTAMENTO DE PASCO



PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN



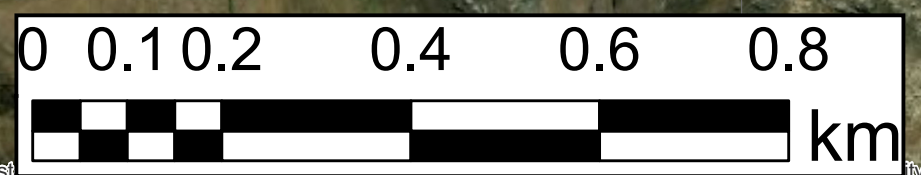
DISTRITO DE YANAHUANCA



**LEYENDA**

- Área de Estudio
- Rio Chaupihuaranga
- Canales
- Quebradas
- Área Q. Machgyacu
- Área Q. Maranchacra
- Área Q. Chaquipa
- Zona de Estudio

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zona 18S



333000

334000

335000

336000

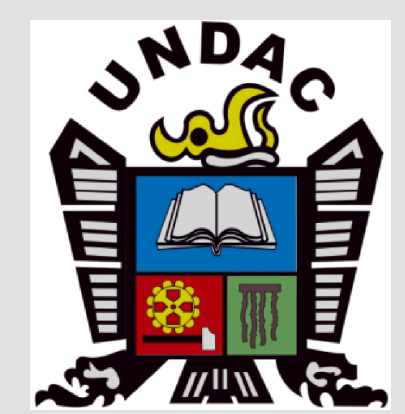
Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earth\*

333000

334000

335000

**INSTITUCIÓN:**  
 UNIVERSIDAD NACIONAL  
 DANIEL ALCIDES  
 CARRIÓN  
 ESCUELA PROFESIONAL  
 DE INGENIERÍA CIVIL



**TESISTA:**  
 RARAZ JANAMPA M.

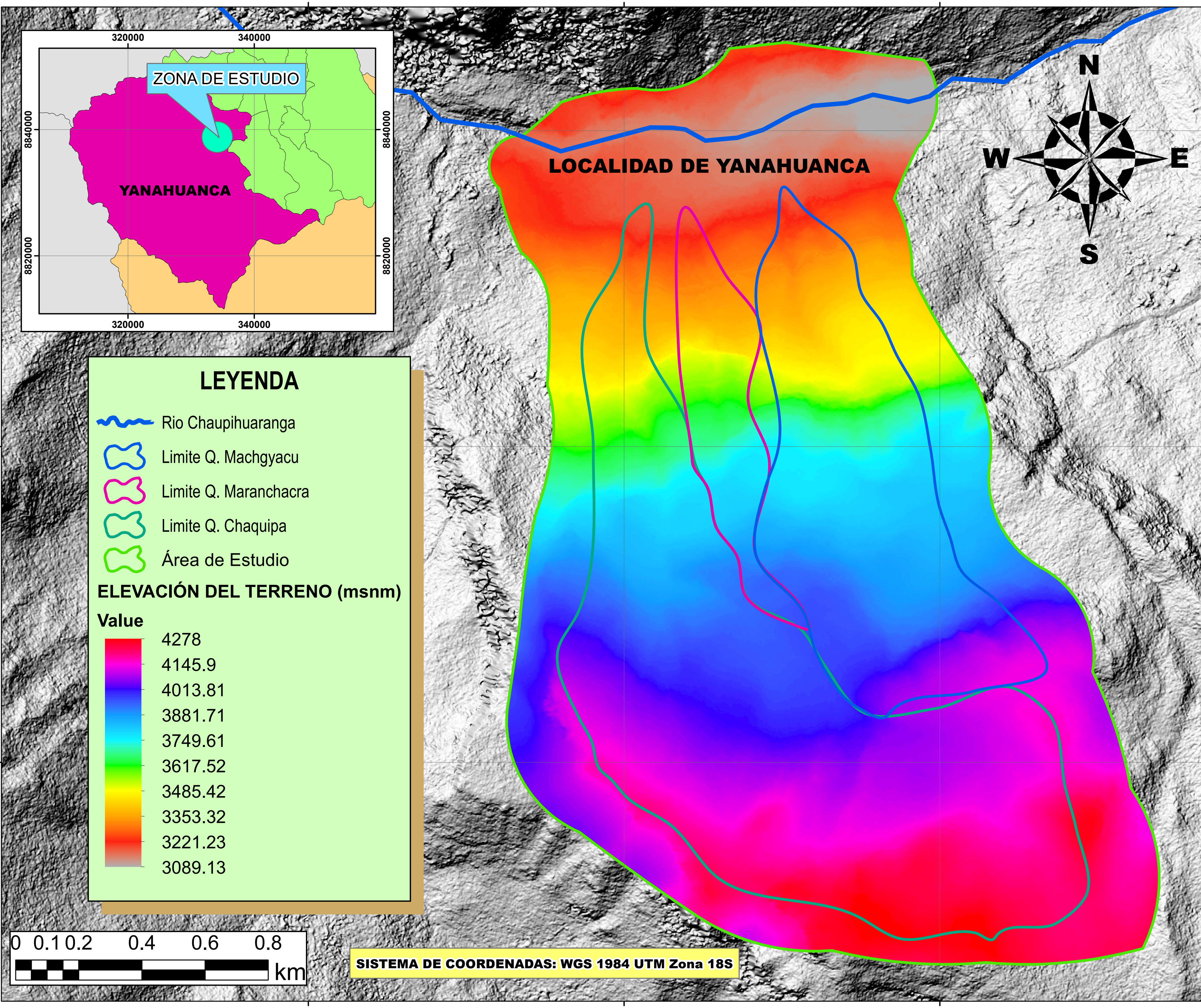
**TESIS:**  
 "B: @ 9B7-5'89@JC@ A9B  
 89'89G75F; 5'AãL-A5'89'  
 5; I 5'9B'@CG: @ >CG'89'  
 9G7CA6FCG'9B'@5G'  
 EI 96F585G'7<5EI ð5ž  
 A5F5B7<57F5žM  
 A57<; M57I '89@8-GHF #C'  
 89'M5B5<I 5B75ž  
 DFCJ -B7-5'85B-9@  
 5@7-89G'75FF ãB!'  
 D5G7C"

**PLANO:**  
 MODELO DIGITAL DE  
 ELEVACIÓN (DEM)

**FECHA:**  
 JULIO DEL 2023

**ESCALA:**  
 1/ 8000

**LÁMINA:**  
 MD - 01



**LOCALIDAD DE YANAHUANCA**

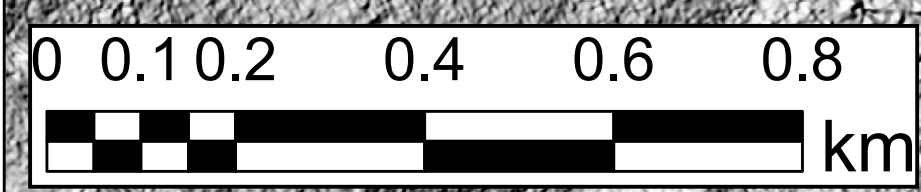
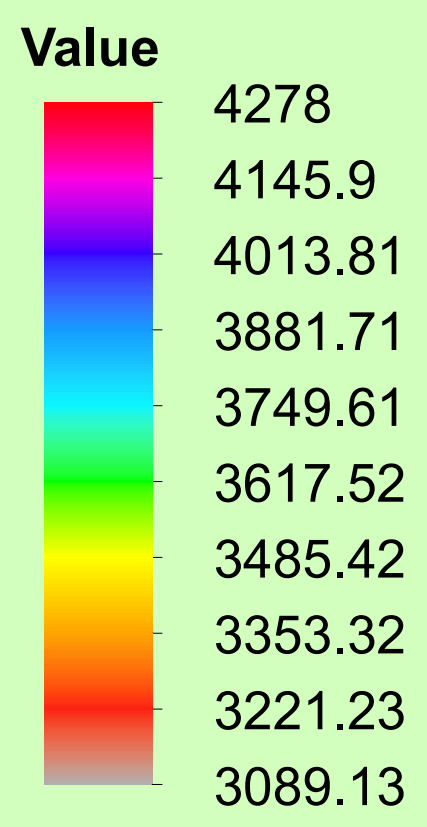
ZONA DE ESTUDIO

YANAHUANCA

**LEYENDA**

- Rio Chaupihuaranga
- Limite Q. Machgyacu
- Limite Q. Maranchacra
- Limite Q. Chaquipa
- Área de Estudio

**ELEVACIÓN DEL TERRENO (msnm)**



SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zona 18S

333000

334000

335000

8840000

8840000

8839000

8839000

8838000

8838000

333000

334000

335000

8840000

8840000

8839000

8839000

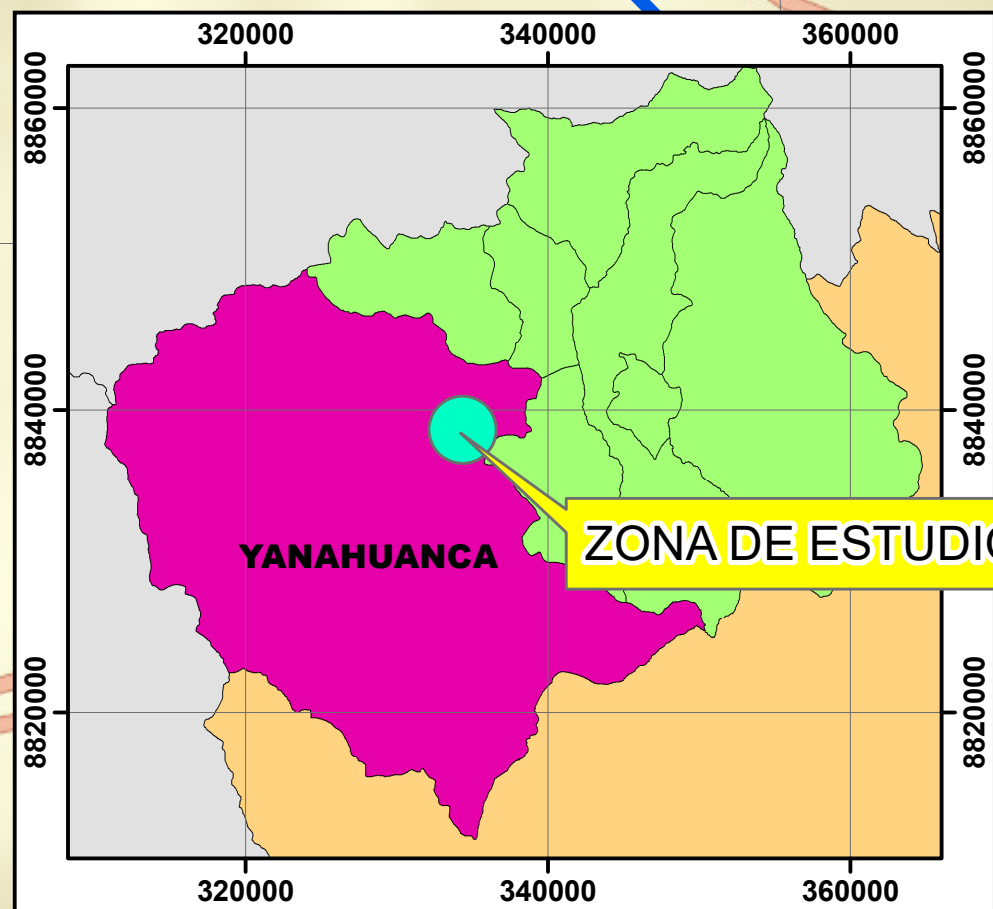
8838000

8838000

333000

334000

335000

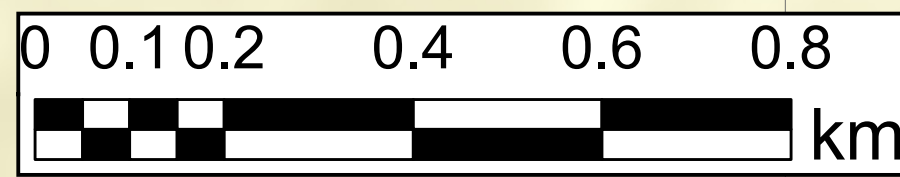


### LOCALIDAD DE YANAHUANCA



### LEYENDA

-  Curvas Principales 50m
-  Curvas Secundarias 5m
-  Rio Chaupihuaranga
-  Canales
-  Quebradas
-  Área de Estudio
-  Área Q. Machgyacu
-  Área Q. Maranchacra
-  Área Q. Chaquipa



SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zona 18S

**INSTITUCIÓN:**  
 UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**TESISTA:**  
 RARAZ JANAMPA M.

**TESIS:**  
 "B: @ 9B7-5'89@JC@ A9B  
 89'89G75F; 5'AãL-A5'89'  
 5; | 5'9B'@CG: @ >CG'89'  
 9G7CA6FCG'9B'@5G'  
 EI 96F585G'7<5EI ð5ž  
 A5F5B7<57F5žM  
 A57<; M57I '89@8-GH ðC  
 89'M5B5<I 5B75ž  
 DFCJ ðB7-5'85B-9@  
 5@7-89G'75FF ðB!  
 D5G7C"

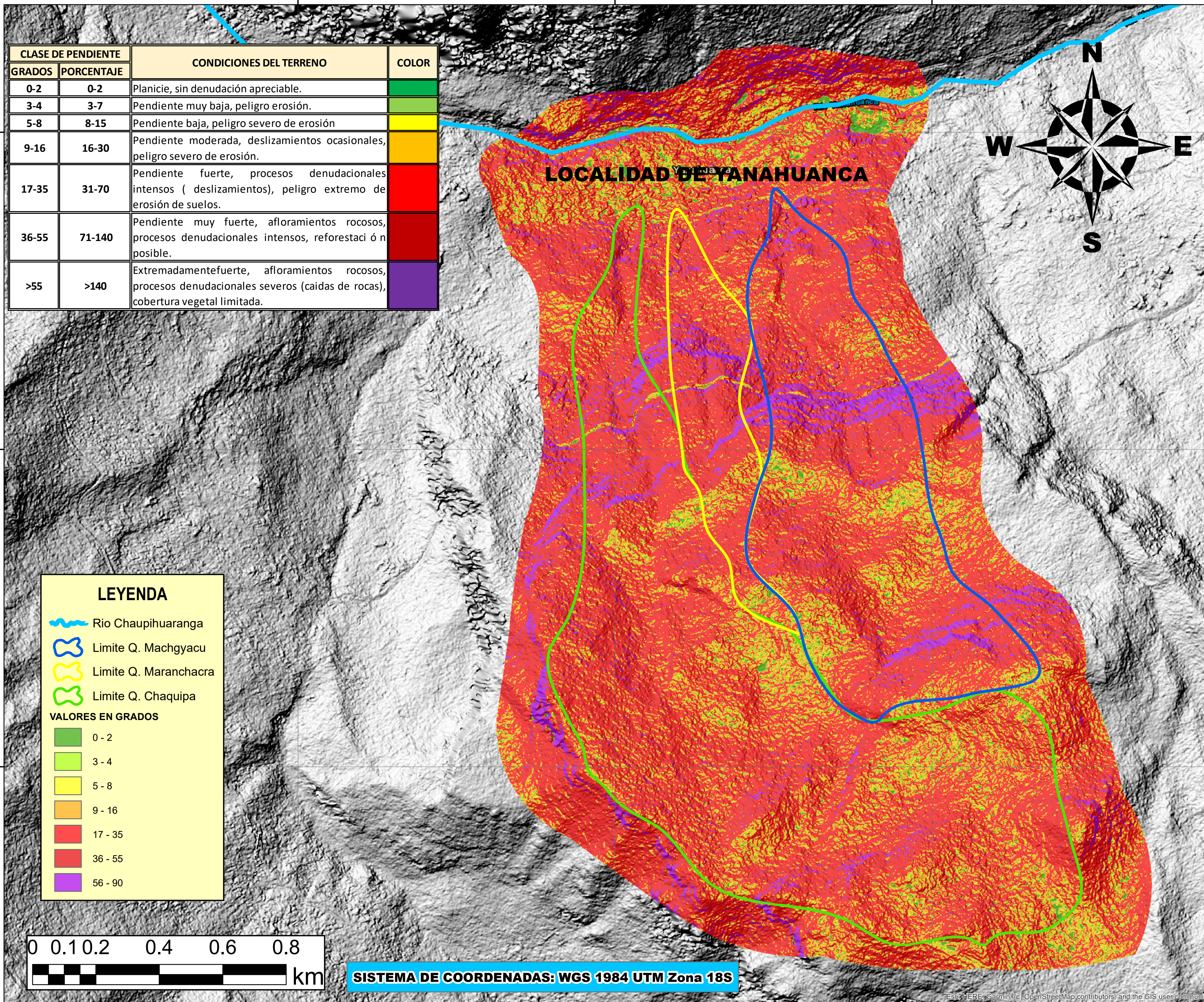
**PLANO:**  
 PLANO TOPOGRÁFICO

**FECHA:**  
 JULIO DEL 2023

**ESCALA:**  
 1/ 8000

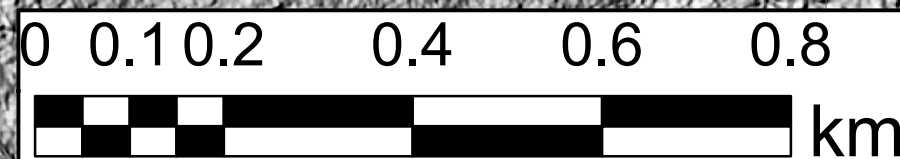
**LÁMINA:**  
**PT - 01**

© 2023 Esri, Inc. All rights reserved. Esri, the Esri logo, ArcGIS, and the ArcGIS logo are either registered trademarks or trademarks of Esri, Inc. in the United States and/or other countries. Microsoft, Bing, and the Bing logo are either registered trademarks or trademarks of Microsoft Corporation in the United States and/or other countries. NRCan, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri Korea, Esri (Thailand), NGCC, (c) OpenStreetMap contributors, and the OpenStreetMap logo are either registered trademarks or trademarks of their respective owners. All other marks are the property of their respective owners.



CLASE DE PENDIENTE		CONDICIONES DEL TERRENO	COLOR
GRADOS	PORCENTAJE		
0-2	0-2	Planicie, sin denudación apreciable.	Verde
3-4	3-7	Pendiente muy baja, peligro erosión.	Verde claro
5-8	8-15	Pendiente baja, peligro severo de erosión	Amarillo
9-16	16-30	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales, peligro severo de erosión.	Naranja
17-35	31-70	Pendiente fuerte, procesos denudacionales intensos ( deslizamientos), peligro extremo de erosión de suelos.	Rojo
36-55	71-140	Pendiente muy fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos, reforestación no posible.	Rojo oscuro
>55	>140	Extremadamente fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales severos (caídas de rocas), cobertura vegetal limitada.	Púrpura

LEYENDA	
	Rio Chaupihuaranga
	Limite Q. Machgyacu
	Limite Q. Maranchacra
	Limite Q. Chaquipa
VALORES EN GRADOS	
	0 - 2
	3 - 4
	5 - 8
	9 - 16
	17 - 35
	36 - 55
	56 - 90



**SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zona 18S**

**INSTITUCIÓN:**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**TESISTA:**  
**RARAZ JANAMPA M.**

**TESIS:**  
 "ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO ANTE LLUVIAS EXTREMAS Y SU INFLUENCIA EN LA GENERACIÓN DE FLUJOS EN LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU, DISTRITO DE YANAHUANCA, DANIEL A. CARRIÓN - PASCO"

**PLANO:**  
 MAPA DE PENDIENTES

**FECHA:**  
 JULIO DEL 2023

**ESCALA:**  
 1/ 8000

**LÁMINA:**  
**MP - 01**

Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community



333000

334000

335000

8840000

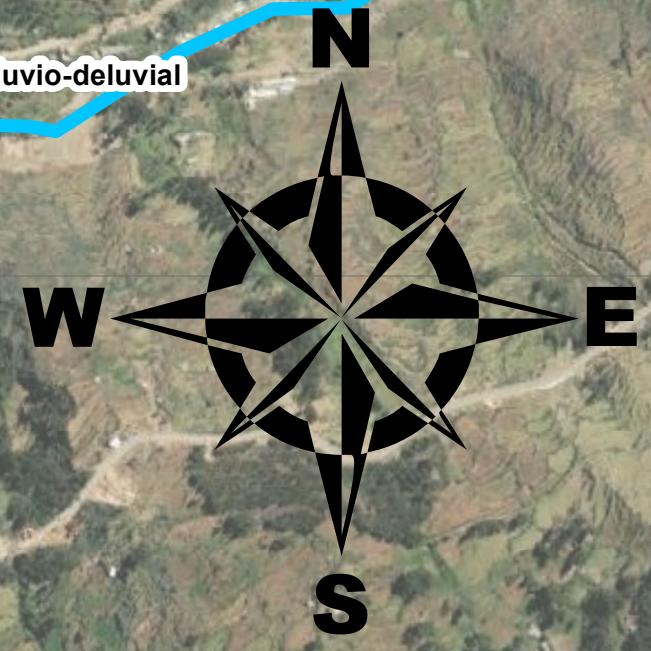
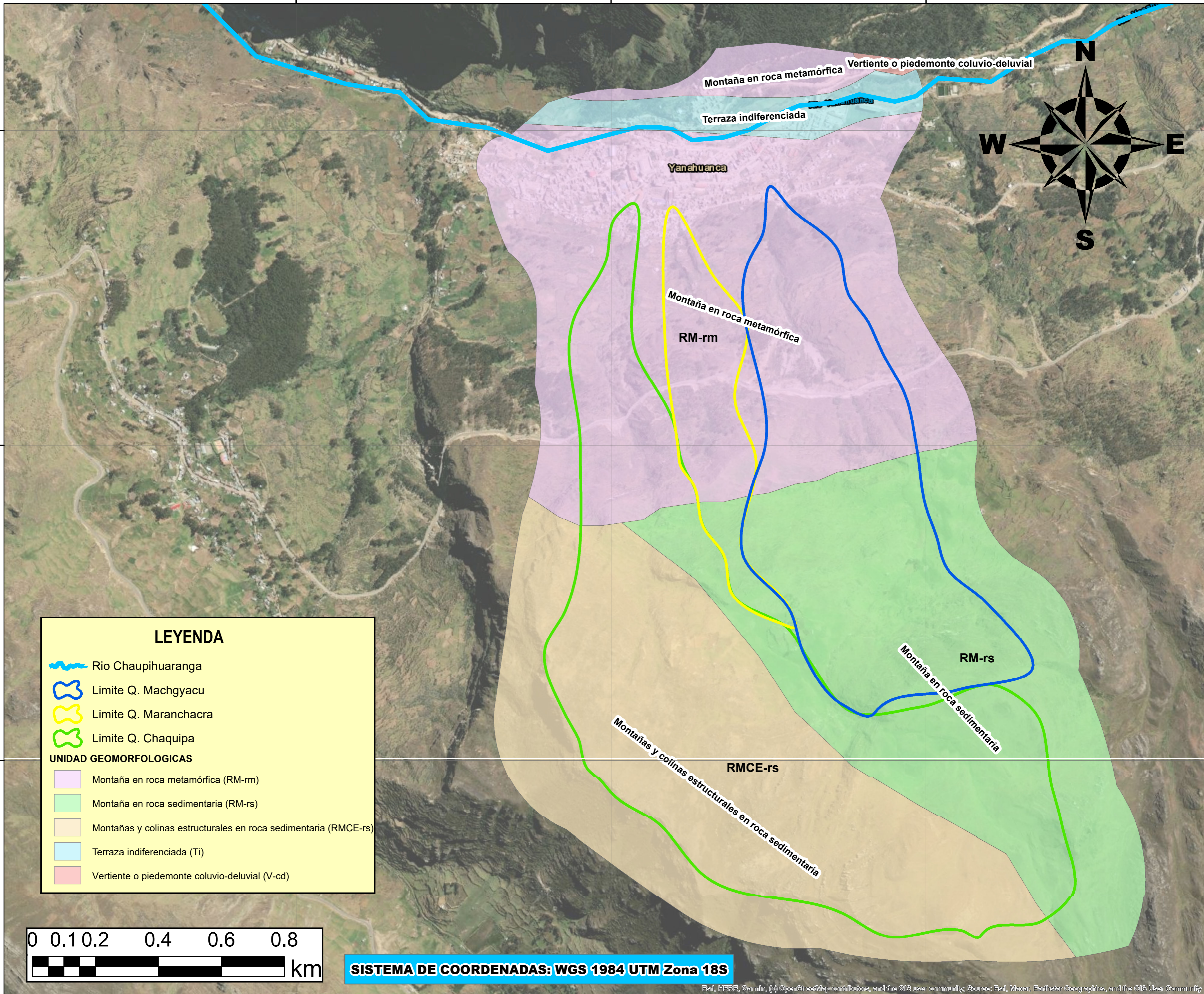
8840000

8839000

8839000

8838000

8838000

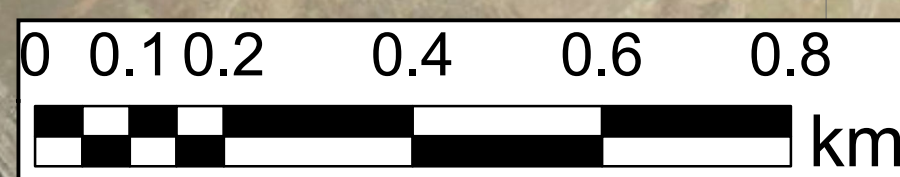


**LEYENDA**

- Rio Chaupihuaranga
- Limite Q. Machgyacu
- Limite Q. Maranchacra
- Limite Q. Chaquipa

**UNIDAD GEOMORFOLOGICAS**

- Montaña en roca metamórfica (RM-rm)
- Montaña en roca sedimentaria (RM-rs)
- Montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria (RMCE-rs)
- Terraza indiferenciada (TI)
- Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)



**SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zona 18S**

**INSTITUCIÓN:**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**TESISTA:**  
**RARAZ JANAMPA M.**

**TESIS:**  
 "ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO ANTE LLUVIAS EXTREMAS Y SU INFLUENCIA EN LA GENERACIÓN DE FLUJOS EN LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU, DISTRITO DE YANAHUANCA, DANIEL A. CARRIÓN - PASCO"

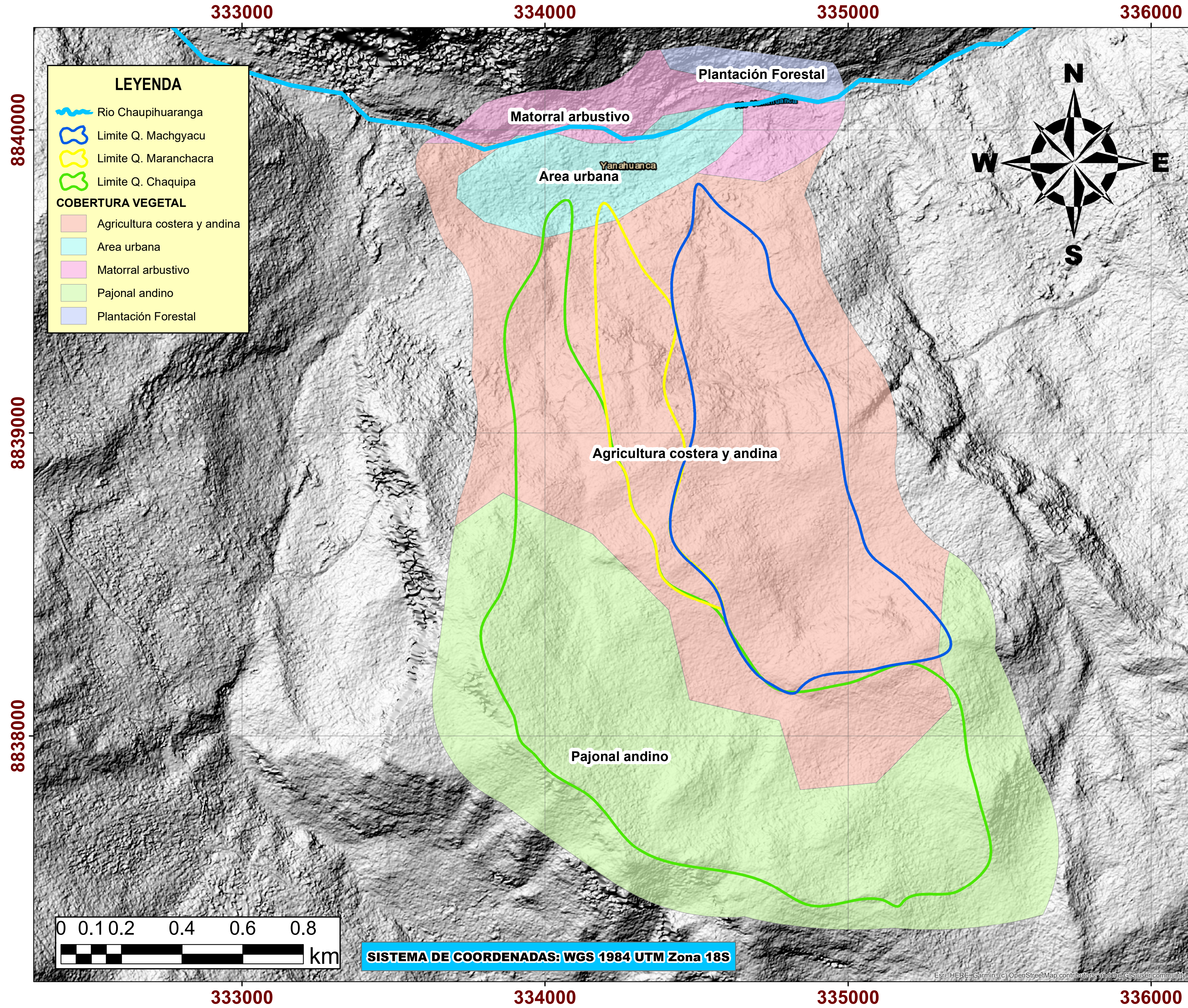
**PLANO:**  
 MAPA DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

**FECHA:**  
 JULIO DEL 2023

**ESCALA:**  
 1/ 8000

**LÁMINA:**  
**MG - 01**

Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community; Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community



**INSTITUCIÓN:**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**TESISTA:**  
**RARAZ JANAMPA M.**

**TESIS:**  
 "ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO ANTE LLUVIAS EXTREMAS Y SU INFLUENCIA EN LA GENERACIÓN DE FLUJOS EN LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU, DISTRITO DE YANAHUANCA, DANIEL A. CARRIÓN - PASCO"

**PLANO:**  
 MAPA DE COBERTURA VEGETAL

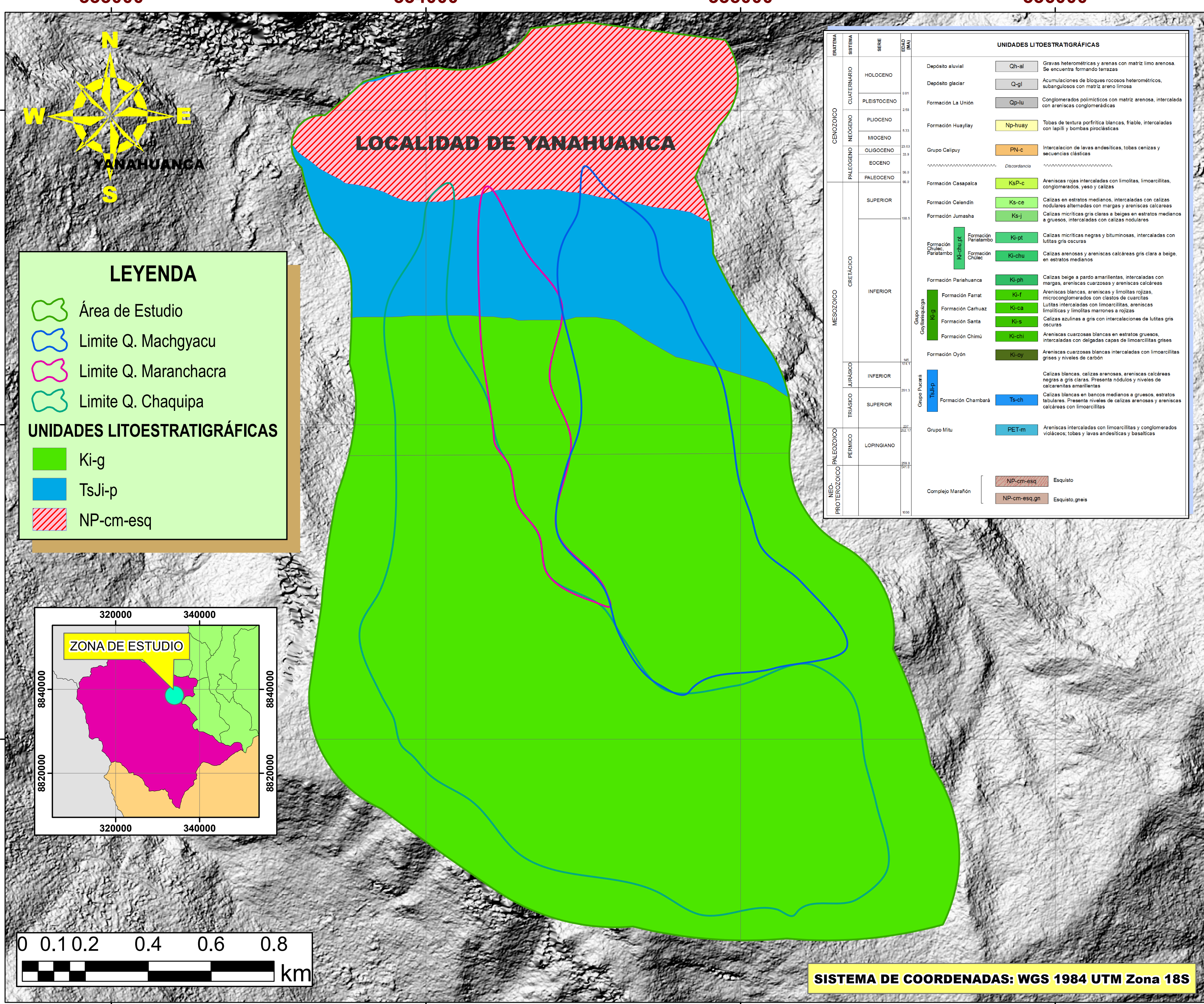
**FECHA:**  
 JULIO DEL 2023

**ESCALA:**  
 1/ 8000

**LÁMINA:**  
**CV - 01**

**SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zona 18S**

Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community



**LEYENDA**

- Área de Estudio
- Limite Q. Machgyacu
- Limite Q. Maranchacra
- Limite Q. Chaquipa

**UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS**

- Ki-g
- TsJi-p
- NP-cm-esq

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	EDAD (MA)	UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	0.01	Depósito aluvial (Qh-al) - Gravetas heterométricas y arenas con matriz limo arenosa. Se encuentra formando terrazas.	
		PLEISTOCENO	2.6	Depósito glaciar (Q-gl) - Acumulaciones de bloques rocosos heterométricos, subangulosos con matriz arenosa limosa.	
				Formación La Unión (Qp-lu) - Conglomerados polimíticos con matriz arenosa, intercalada con areniscas conglomerádicas.	
NEOGENO	PLOCENO			Formación Huayllay (Np-huay) - Tobs de textura porfírica blancas, friable, intercaladas con lapilli y bombas piroclásticas.	
				Grupo Calpuy (PN-c) - Intercalación de lavas andesíticas, tobas cenizas y secuencias clásicas.	
PALEOGENO	EOCENO			Discordancia	
				Formación Casapalca (KsP-c) - Areniscas rojas intercaladas con limolitas, limoarcillitas, conglomerados, yeso y calizas.	
MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	100.5	Formación Celendin (Ks-ce) - Calizas en estratos medianos, intercaladas con calizas nodulares alternadas con margas y areniscas calcáreas.	
				Formación Jumasha (Ks-j) - Calizas micríticas gris clara a beige en estratos medianos a gruesos, intercaladas con calizas nodulares.	
				Formación Pariatambo (Ks-pt) - Calizas micríticas negras y bituminosas, intercaladas con lutitas gris oscuras.	
	INFERIOR			Formación Pariatambo (Ks-pt) - Calizas arenosas y areniscas calcáreas gris clara a beige, en estratos medianos.	
				Formación Pariahuanca (Ki-ph) - Calizas beige a pardo amarillentas, intercaladas con margas, areniscas cuarzosas y areniscas calcáreas.	
				Formación Farrat (Ki-f) - Areniscas blancas, areniscas y limolitas rojas, microconglomerados con clastos de cuarcitas.	
				Formación Carhuaz (Ki-ca) - Lutitas intercaladas con limoarcillitas, areniscas limolíticas y limolitas marrones a rojas.	
				Formación Santa (Ki-s) - Calizas azulinas a gris con intercalaciones de lutitas gris oscuras.	
				Formación Chimú (Ki-chi) - Areniscas cuarzosas blancas en estratos gruesos, intercaladas con delgadas capas de limoarcillitas grises.	
	TRIÁSICO	SUPERIOR			Formación Oyón (Ki-oy) - Areniscas cuarzosas blancas intercaladas con limoarcillitas grises y niveles de carbón.
					Formación Pucará (TsJp) - Calizas blancas, calizas arenosas, areniscas calcáreas negras a gris clara. Presenta nódulos y niveles de calcarenitas amarillentas.
					Formación Chamberá (Ts-ch) - Calizas blancas en bancos medianos a gruesos, estratos tabulares. Presenta niveles de calizas arenosas y areniscas calcáreas con limoarcillitas.
PERMIANO	LOPINGIANO			Grupo Mitú (PET-m) - Areniscas intercaladas con limoarcillitas y conglomerados violáceos, tobas y lavas andesíticas y basálticas.	
				Complejo Marañón (NP-cm-esq) - Esquisto.	
				(NP-cm-esq.gn) - Esquisto, gneis.	

**INSTITUCIÓN:**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**TESISTA:**  
**RARAZ JANAMPA M.**

**TESIS:**  
 "B: @ 9B7-5'89@JC@ A9B 89'89G75F; 5'AãL-A5'89' 5; | 5'9B'@CG: @ >CG'89' 9G7CA 6FCG'9B'@5G' EI 96F585G'7<5EI ð5ž A5F5B7<57F5žM A57<; M57I '89@8-GHF #C' 89'M5B5<I 5B75ž DFCJ #B7-5'85B-9@ 5@7-89G'75FF #B! D5G7C"

**PLANO:**  
 MAPA GEOLÓGICO

**FECHA:**  
 JULIO DEL 2023

**ESCALA:**  
 1/ 8000

**LÁMINA:**  
**MG - 01**

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zona 18S

333500

334000

334500

335000

8840000

8840000

8839500

8839500

8839000

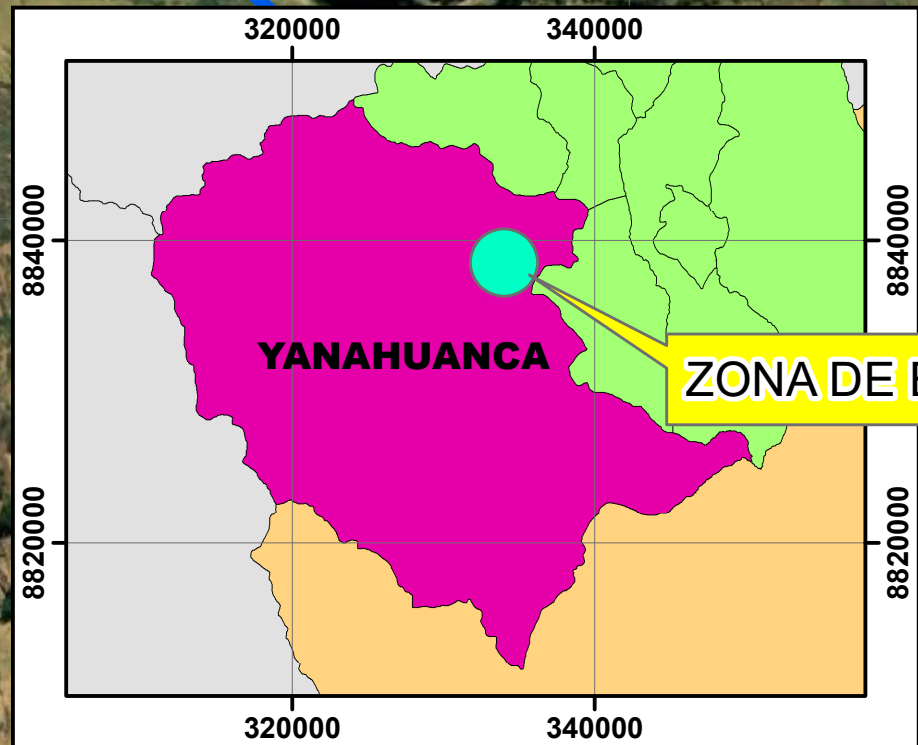
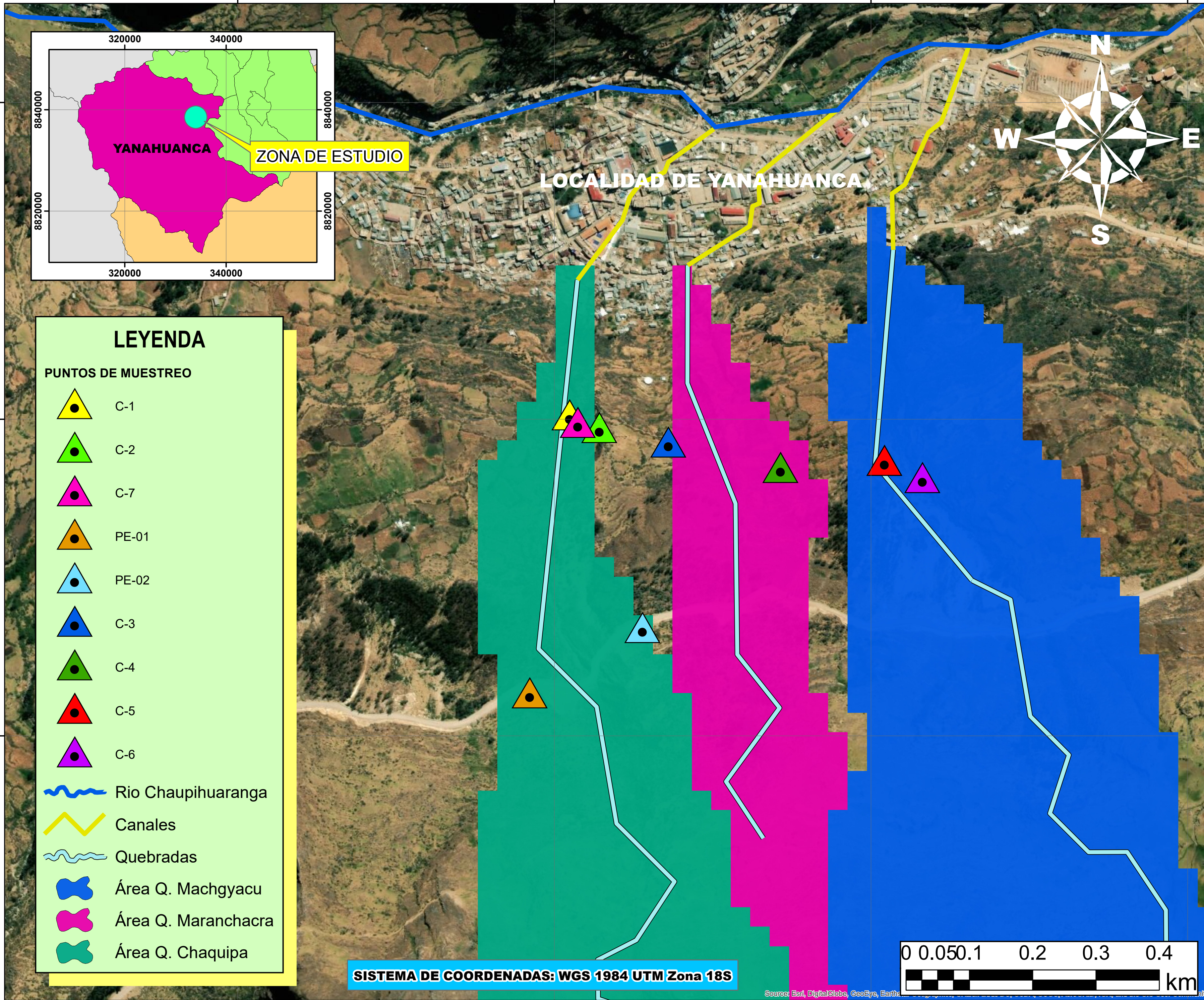
8839000

333500

334000

334500

335000



ZONA DE ESTUDIO

LOCALIDAD DE YANAHUANCA



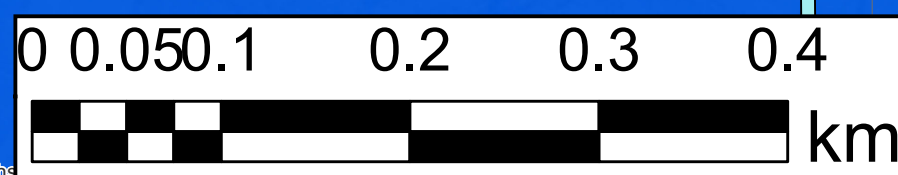
**LEYENDA**

**PUNTOS DE MUESTREO**

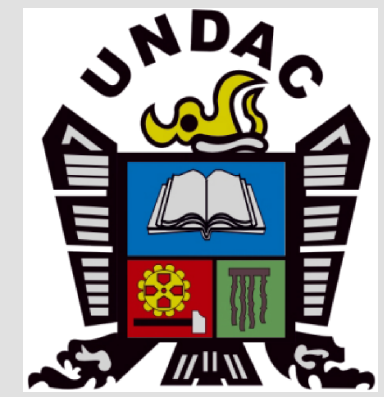
- C-1
- C-2
- C-7
- PE-01
- PE-02
- C-3
- C-4
- C-5
- C-6

- Rio Chaupihuaranga
- Canales
- Quebradas
- Área Q. Machgyacu
- Área Q. Maranchacra
- Área Q. Chaquipa

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zona 18S



**INSTITUCIÓN:**  
 UNIVERSIDAD NACIONAL  
 DANIEL ALCIDES  
 CARRIÓN  
 ESCUELA PROFESIONAL  
 DE INGENIERÍA CIVIL



**TESISTA:**  
 RARAZ JANAMPA M.

**TESIS:**  
 "B: @ 9B7-5'89@JC@ A9B  
 89'89G75F; 5'AãL-A5'89'  
 5; I 5'9B'@CG: @ >CG'89'  
 9G7CA6FCG'9B'@5G'  
 EI 96F585G'7<5EI ð5ž  
 A5F5B7<57F5žM  
 A57<; M57I '89@8-GHF #HC'  
 89'M5B5<I 5B75ž  
 DFCJ #B7-5'85B-9@  
 5@7-89G'75FF êB!'  
 D5G7C"

**PLANO:**  
 PUNTOS DE MUESTREO  
 DE SUELOS

**FECHA:**  
 JULIO DEL 2023

**ESCALA:**  
 1/ 4000

**LÁMINA:**  
**MS - 01**

333000

334000

335000

**INSTITUCIÓN:**  
 UNIVERSIDAD NACIONAL  
 DANIEL ALCIDES  
 CARRIÓN  
 ESCUELA PROFESIONAL  
 DE INGENIERÍA CIVIL

**TESISTA:**  
 RARAZ JANAMPA M.

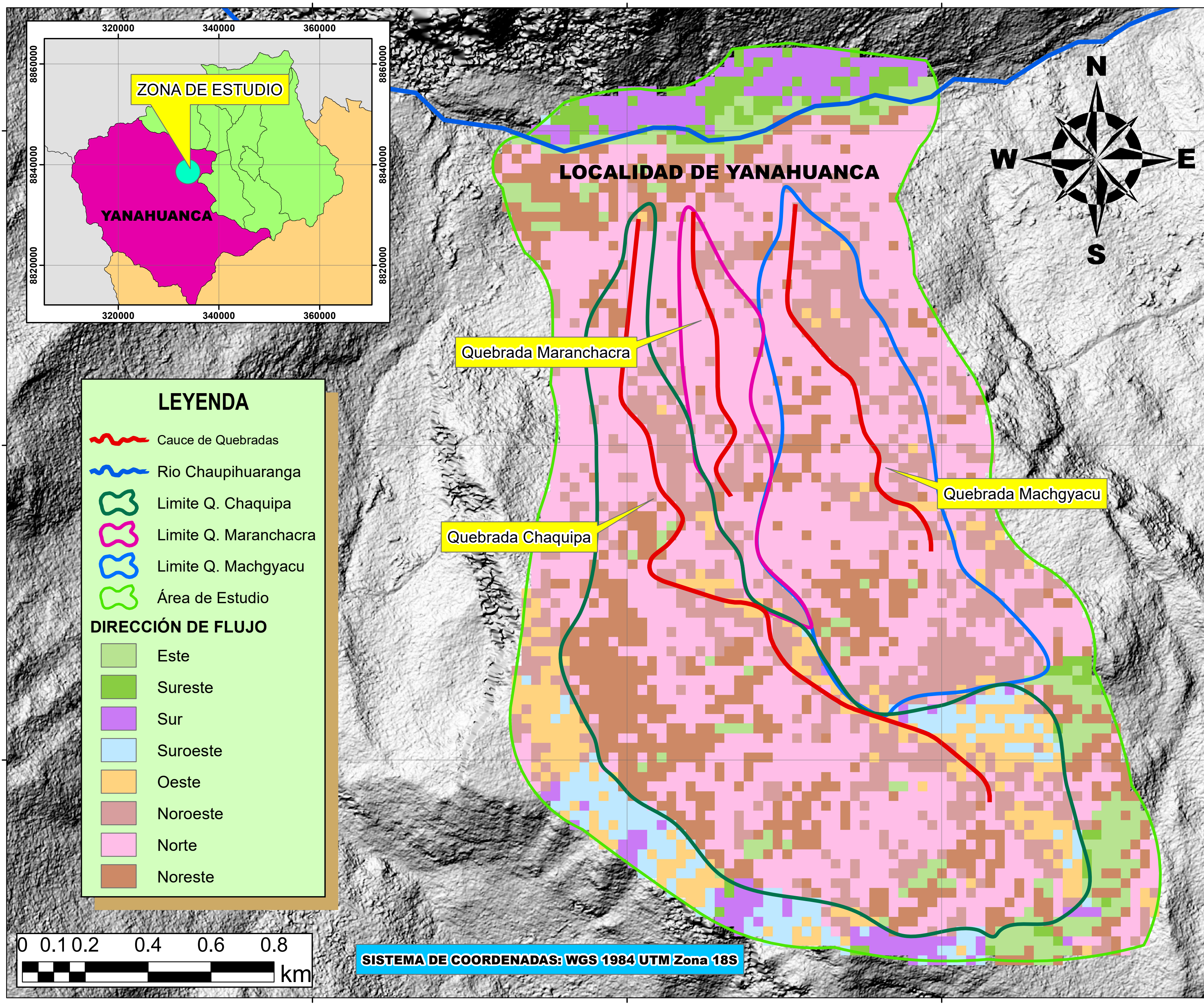
**TESIS:**  
 "ESTUDIO DEL  
 COMPORTAMIENTO  
 HIDROLÓGICO ANTE  
 LLUVIAS EXTREMAS Y SU  
 INFLUENCIA EN LA  
 GENERACIÓN DE FLUJOS  
 EN LAS QUEBRADAS  
 CHAQUIPA, MARANCHACRA  
 Y MACHGYACU, DISTRITO  
 DE YANAHUANCA, DANIEL  
 A. CARRIÓN - PASCO"

**PLANO:**  
 DIRECCIÓN  
 DE FLUJO

**FECHA:**  
 JULIO DEL 2023

**ESCALA:**  
 1/ 8000

**LÁMINA:**  
**DF - 01**

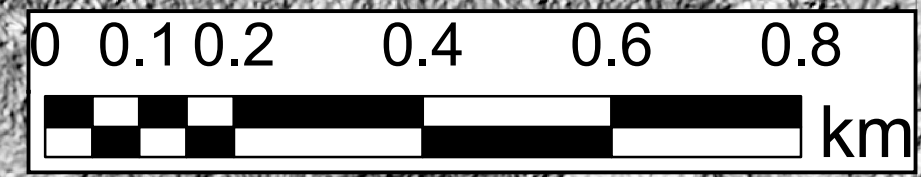


**LEYENDA**

- Cauce de Quebradas
- Rio Chaupihuaranga
- Limite Q. Chaquipa
- Limite Q. Maranchacra
- Limite Q. Machgyacu
- Área de Estudio

**DIRECCIÓN DE FLUJO**

- Este
- Sureste
- Sur
- Suroeste
- Oeste
- Noroeste
- Norte
- Noreste



**SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zona 18S**

333000

334000

335000

8840000

8840000

8839000

8839000

8838000

8838000

333000

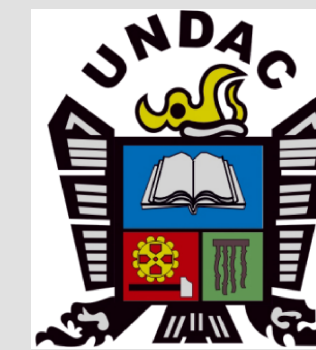
334000

335000

**INSTITUCIÓN:**

UNIVERSIDAD NACIONAL  
DANIEL ALCIDES  
CARRIÓN

ESCUELA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA CIVIL



**TESISTA:**

RARAZ JANAMPA M.

**TESIS:**

“B: @ 9B7-5'89@JC@ A 9B  
89'89G75F; 5'AãL=A5'89'  
5; I 5'9B'@CG: @ >CG'89'  
9G7CA 6FCG'9B'@5G'  
E I 96F 585G'7<5E I ð5ž  
A 5F 5B7<57F 5žM  
A 57<; M57I '89@8-GHF #C'  
89'M5B5<I 5B75ž  
DFCJ #B7-5'85B-9@  
5@7-89G'75FF €B!'  
D5G7C”

**PLANO:**

PLANO DE  
USO DE SUELOS

**FECHA:**

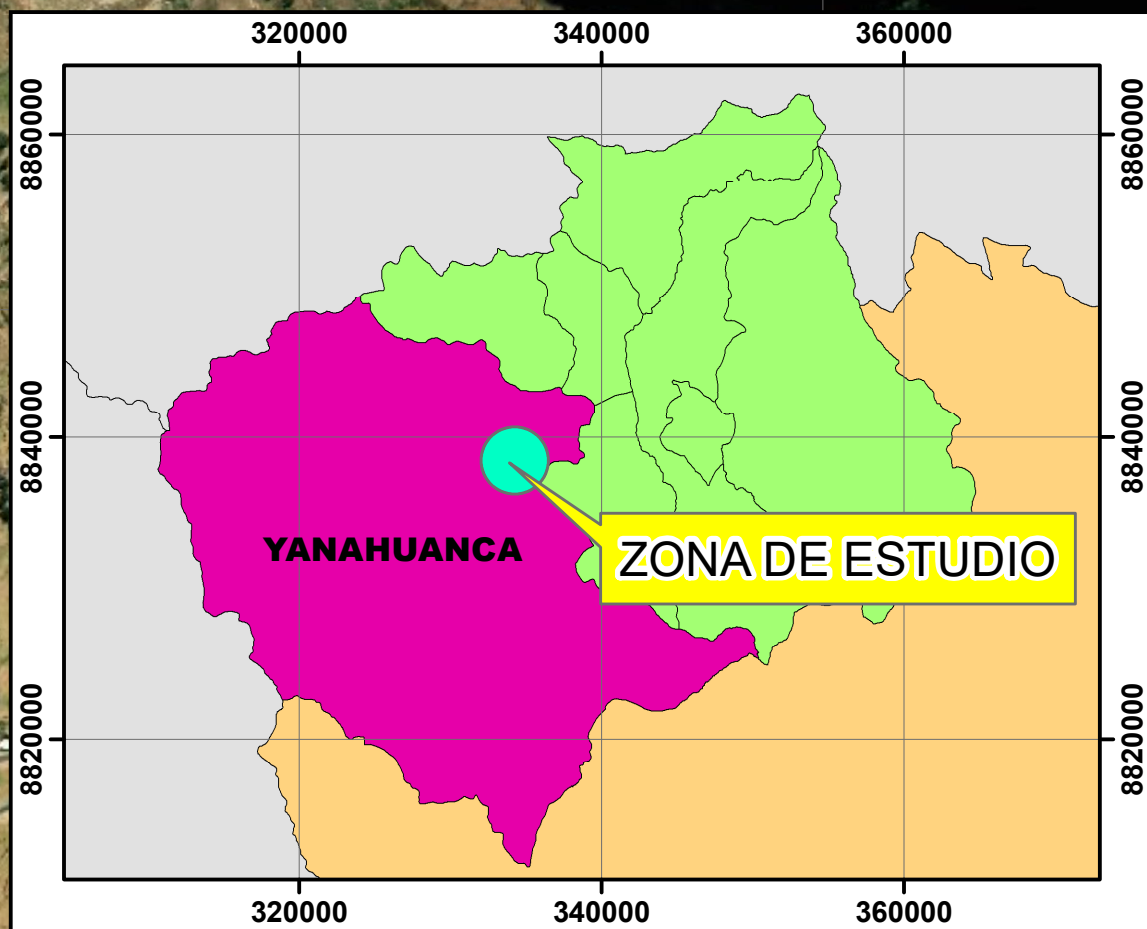
JULIO DEL 2023

**ESCALA:**

1/ 8000

**LÁMINA:**



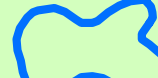
US - 01



LOCALIDAD DE YANAHUANCA

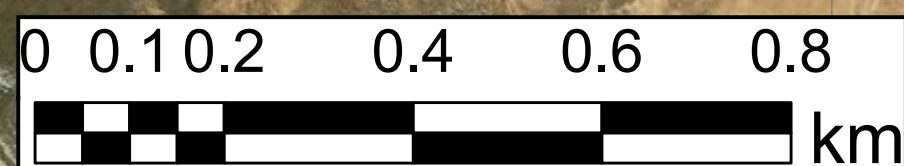


**LEYENDA**

-  Limite Q. Chaquipa
-  Limite Q. Maranchacra
-  Limite Q. Machgyacu

**USO DE SUELO**

-  Agricultura
-  Agua
-  Bosque
-  Pastizal
-  Urbano



SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zona 18S

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

333000

334000

335000

8838000

8839000

8840000

8838000

8839000

8840000

280000

300000

320000

340000

360000

8840000

8840000

8820000

8820000

8800000

8800000

8780000

8780000

ESTACIÓN P. DE APOYO

ESTACIÓN: CAJATAMBO  
ESTE: 282221.295  
NORTE: 8841062.405  
ALTITUD: 3432 msnm.

ESTACIÓN P. DE APOYO

ESTACIÓN: SURASACA  
ESTE: 304811.475  
NORTE: 8836876.750  
ALTITUD: 4546 msnm.

ESTACIÓN P. BASE

ESTACIÓN: YANAHUANCA  
ESTE: 334434.564  
NORTE: 8840056.489  
ALTITUD: 3150 msnm.

ESTACIÓN P. DE APOYO

ESTACIÓN: OYON  
ESTE: 306538.103  
NORTE: 8820210.777  
ALTITUD: 3667 msnm.

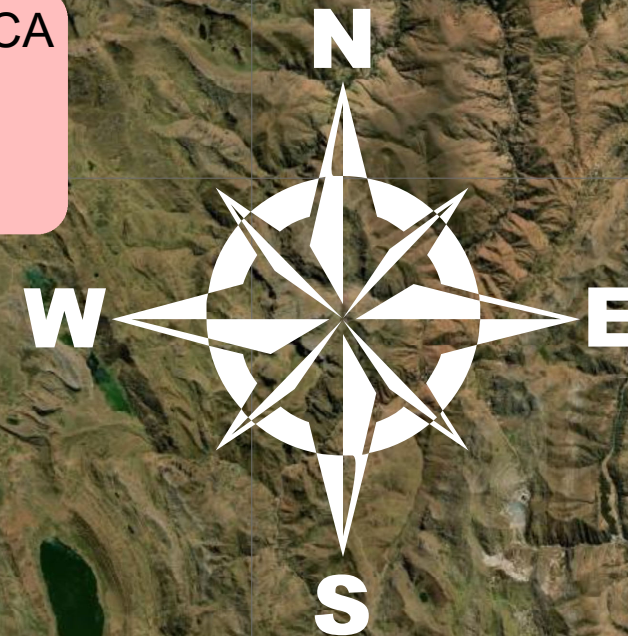
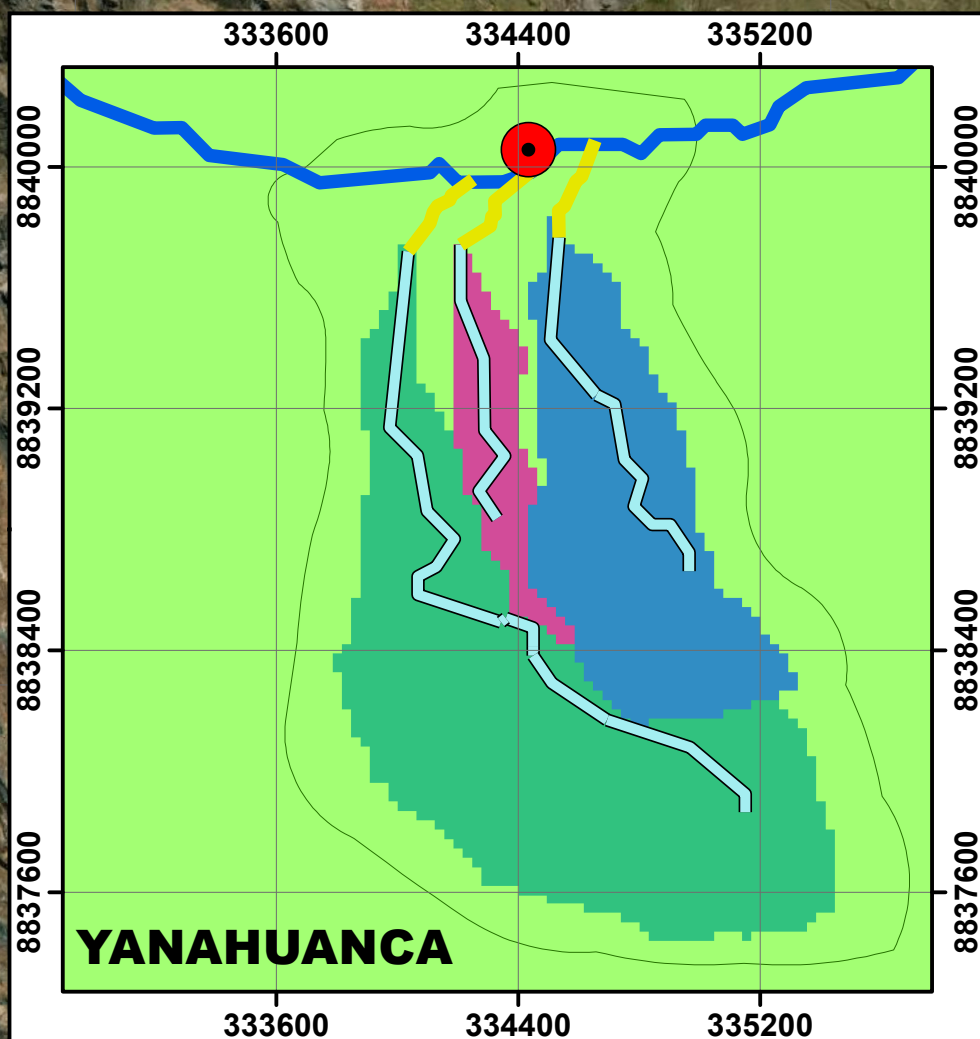
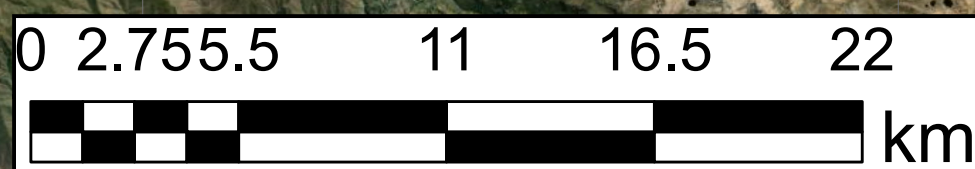
ESTACIÓN: CERRO DE PASCO  
ESTE: 363265.564  
NORTE: 8817620.937  
ALTITUD: 4260 msnm.

ESTACIÓN P. DE APOYO

ESTACIÓN: PACHANGARA  
ESTE: 301335.464  
NORTE: 8807357.114  
ALTITUD: 3600 msnm.

ESTACIÓN P. DE APOYO

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zona 18S



LEYENDA

ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS

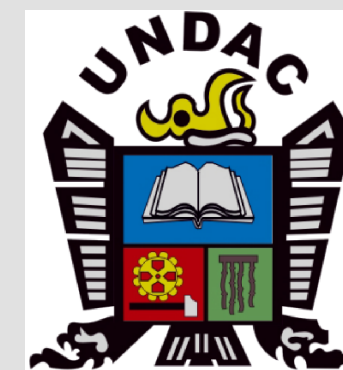
- Estación Yanahuanca
- Estación Surasaca
- Estación Pachangara
- Estación Oyon
- Estación Cerro de Pasco
- Estación Cajatambo

- Rio Chaupihuaranga
- Canales
- Quebradas
- Área Q. Machgyacu
- Área Q. Maranchacra
- Área Q. Chaquipa

INSTITUCIÓN:

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESISTA:

RARAZ JANAMPA M.

TESIS:

"B: @ 9B7-5'89@JC@ A9B 89'89G75F; 5'AãL-A5'89' 5; I 5'9B'@CG: @ >CG'89' 9G7CA 6FCG'9B'@5G' EI 96F585G'7<5EI ð5ž A5F5B7<57F5žM A57<; M57I '89@8-GHF #C' 89'M5B5<I 5B75ž DFCJ #B7-5'85B-9@ 5@7-89G'75FF #B!' D5G7C"

PLANO:

ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS

FECHA:

JULIO DEL 2023

ESCALA:

1/ 200000

LÁMINA:

EP - 01

D. MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO: “INFLUENCIA DEL VOLUMEN DE DESCARGA MÁXIMA DE AGUA EN LOS FLUJOS DE ESCOMBROS EN LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU DEL DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL ALCIDES CARRIÓN - PASCO”**

<b>PROBLEMAS</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b> ¿Cómo influye el volumen de descarga máxima de agua en el comportamiento de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, Provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b> Determinar la influencia del volumen de descarga máxima de agua en el comportamiento de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, Provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL:</b> El volumen de descarga máxima de agua influye directa y significativamente en el comportamiento de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu del distrito de Yanahuanca, Provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco.</p>	<p><b>V. DEPENDIENTE:</b> COMPORTAMIENTO DE LOS FLUJOS DE ESCOMBROS</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tirante</li> <li>- Velocidad</li> <li>- Presión de Impacto</li> </ul>
<p><b>Problema Específico N°1:</b> ¿Cómo influye el volumen de descarga máxima de agua en el tirante de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, simulados en un modelo matemático computacional?</p>	<p><b>Objetivo Específico N°1:</b> Determinar la influencia del volumen de descarga máxima de agua en el tirante de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, mediante la simulación en un modelo matemático computacional.</p>	<p><b>Hipótesis Específica N°1:</b> Mediante la simulación en un modelo matemático computacional se determina que, el volumen de descarga máxima de agua influye directa y significativamente en el tirante de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.</p>	<p><b>V. INDEPENDIENTE:</b> VOLUMEN DE DESCARGA MÁXIMA DE AGUA</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parámetros geomorfológicos (área de la cuenca, longitud del cauce, pendiente del cauce)</li> <li>- Profundidad de lluvias máximas en 24h.</li> <li>- Intensidad de lluvias máximas</li> <li>- Tiempo de concentración</li> <li>- Tiempo de retardo</li> <li>- Número de curva</li> <li>- Caudal líquido de descarga máxima.</li> </ul>
<p><b>Problema Específico N°2:</b> ¿Cómo influye el volumen de descarga máxima de agua en la velocidad de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, simulados en un modelo matemático computacional?</p>	<p><b>Objetivo Específico N°2:</b> Determinar la influencia del volumen de descarga máxima de agua en la velocidad de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, mediante la simulación en un modelo matemático computacional.</p>	<p><b>Hipótesis Específica N°2:</b> Mediante la simulación en un modelo matemático computacional se determina que, el volumen de descarga máxima de agua influye directa y significativamente en la velocidad de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.</p>		
<p><b>Problema Específico N°2:</b> ¿Cómo influye el volumen de descarga máxima de agua en la presión de impacto de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, simulados en un modelo matemático computacional?</p>	<p><b>Objetivo Específico N°2:</b> Determinar la influencia del volumen de descarga máxima de agua en la presión de impacto de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, mediante la simulación en un modelo matemático computacional.</p>	<p><b>Hipótesis Específica N°2:</b> Mediante la simulación en un modelo matemático computacional se determina que, el volumen de descarga máxima de agua influye directa y significativamente en la presión de impacto de los probables flujos de escombros a suscitarse en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.</p>	<p><b>V. INTERVINIENTES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CONDICIONES TOPOGRÁFICAS</li> <li>- CONDICIONES GEOTÉCNICAS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pendiente del terreno</li> <li>- Elevación del terreno</li> <li>- Clasificación del suelo</li> <li>- Límites de consistencia del suelo</li> <li>- Densidad del sedimento</li> <li>- Ángulo de fricción del suelo</li> </ul>