

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFORME DE TESIS

**“PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN
EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL
DISTRITO DE CIUDAD NUEVA, DEPARTAMENTO DE TACNA”**

PARA OPTAR:

TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. Yefri Erick, HUARACHI YUPANQUI

Bach. Cristian Jhamy, HUARACHI YUPANQUI

TACNA – PERÚ

2019

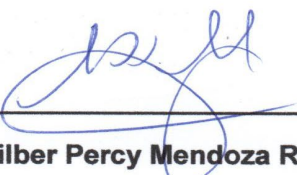
UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

**“PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN
EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL
DISTRITO DE CIUDAD NUEVA, DEPARTAMENTO DE TACNA”**

**Tesis sustentada y aprobada el 24 de junio de 2019; estando el jurado
calificador integrado por:**

PRESIDENTE:




Mtro. Wilber Percy Mendoza Ramirez

SECRETARIO:



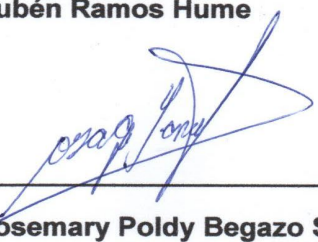
Mtro. Cesar José Avendaño Jihuallanga

VOCAL:



Ing. Rubén Ramos Hume

ASESORA:



Ing. Rosemary Poldy Begazo Salas

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Yefri Erick Huarachi Yupanqui y Cristian Jhamy Huarachi Yupanqui, en calidad de tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 72080062 y DNI 44334886, respectivamente.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor (a) de la tesis titulada:

“Procedimientos para la evaluación del riesgo en el sistema de abastecimiento de agua potable en el distrito de Ciudad Nueva, departamento de Tacna” la misma que presento para optar el:

Título Profesional de Ingeniero Civil

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.

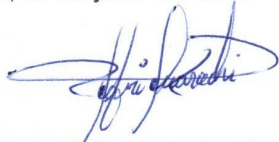
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

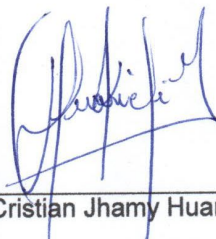
Dé identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 07 de junio del 2019



Yefri Erick Huarachi Yupanqui

DNI 72080062



Cristian Jhamy Huarachi Yupanqui

DNI 44334886

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

“La gratitud en silencio no sirve a nadie,
no puede quedarse dentro de uno mismo,
hay que expresarla”.

A nuestros padres Fredy y Luz Marina,
por habernos alejado de la soledad,
demostrarnos el verdadero amor
e inculcar valores de vida.

La naturaleza no se apresura,
sin embargo,
todo se lleva a cabo.

Yefri y Cristian.

CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO.....	5
RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1. Descripción del problema.....	15
1.2. Formulación del problema	17
1.2.1. Problema principal	17
1.2.2. Problemas específicos	17
1.3. Justificación e importancia de la Investigación.....	18
1.4. Objetivos	19
1.4.1. Objetivo general	19
1.4.2. Objetivos específicos	19
1.5. Hipótesis.....	19
1.5.1. Hipótesis general	19
1.5.2. Hipótesis específicas.....	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. Antecedentes del estudio.....	20
2.2. Bases teóricas.....	22
2.2.1. Peligro	22
2.2.2. Vulnerabilidad	24
2.2.3. Riesgo	28
2.2.4. Componentes del sistema de abastecimiento de agua potable	30
2.3. Definición de términos	34
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	36
3.1. Tipo y nivel de la investigación	36
3.1.1. Tipo de investigación	36
3.1.2. Nivel de investigación.....	36
3.2. Población y/o muestra de estudio.....	36
3.2.1. Población	36
3.2.2. Muestra	36
3.3. Operacionalización de variables.....	36
3.4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	37

3.4.1.	Análisis y evaluación de peligrosidad.....	37
3.4.2.	Análisis de la vulnerabilidad	51
3.4.3.	Cálculo del riesgo.....	62
3.5.	Procesamientos y análisis de datos	64
3.5.1.	Determinación del nivel de peligrosidad	64
3.5.2.	Determinación de vulnerabilidades.....	81
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		87
3.6.	Cálculo de Riesgo.....	87
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN		88
CONCLUSIONES		90
RECOMENDACIONES.....		91
BIBLIOGRAFÍA.....		92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Daños ocasionados por el sismo de 23 de junio de 2001.....	15
Tabla 2: Tuberías (longitud y diámetro) de agua potable en Tacna.....	16
Tabla 3 Afectaciones a la red por sismos.....	33
Tabla 4 Daños a las redes de agua potable por deslizamiento.....	34
Tabla 5 Escala modificada de Mercalli – escala de intensidad.....	40
Tabla 6 Parámetros para la caracterización del fenómeno sísmico.....	41
Tabla 7 Tipos de movimiento en masas.....	44
Tabla 8 Parámetros para la caracterización del fenómeno de movimientos en masas.	45
Tabla 9 Identificación de parámetros susceptibles al fenómeno de estudio por factores condicionantes.....	47
Tabla 10 Identificación de parámetros susceptibles al fenómeno de estudio por factores desencadenantes.....	48
Tabla 11 Niveles de Peligro.....	50
Tabla 12 Número de elementos expuestos.....	50
Tabla 13 Número de servicios expuestos.....	51
Tabla 14 Número de elementos expuestos.....	51
Tabla 15 Número de elementos expuestos.....	51
Tabla 16 Fragilidad Física.....	59
Tabla 17 Resiliencia física.....	60
Tabla 18 Fragilidad ambiental.....	60
Tabla 19 Resiliencia ambiental.....	60
Tabla 20 Fragilidad social.....	61
Tabla 21 Resiliencia social.....	61
Tabla 22 Fragilidad económica.....	61
Tabla 23 Resiliencia económica.....	62
Tabla 24 Niveles de vulnerabilidad.....	62
Tabla 25 Niveles de Riesgo.....	63
Tabla 26 Matriz de riesgos (textual).....	63
Tabla 27 Matriz de Riesgos.....	63
Tabla 28 Pesos ponderados de los parámetros de evaluación del peligro sismo.....	64
Tabla 29 Magnitud de sismo.....	65
Tabla 30 Intensidad de sismo.....	65
Tabla 31 Aceleración natural del suelo.....	66
Tabla 32 Descriptor de magnitud de sismo seleccionado.....	66
Tabla 33 Descriptor de intensidad de sismo seleccionado.....	67

Tabla 34 Descriptor de aceleración natural del suelo seleccionado.	67
Tabla 35 Peso ponderados de los parámetros en la matriz.....	68
Tabla 36 Relieve.	68
Tabla 37 Tipo de suelo.	69
Tabla 38 Uso actual de suelos.	69
Tabla 37 Descriptor de relieve seleccionado.	70
Tabla 38 Descriptor de tipo de suelo seleccionado.	70
Tabla 39 Descriptor de uso actual de suelos seleccionado.	70
Tabla 42 Peso ponderados de los parámetros en la matriz.....	71
Tabla 43 Hidrometeorológicos.....	71
Tabla 44 Geológico.	71
Tabla 45 Inducido por acción humana.....	72
Tabla 46 Factor desencadenante hidrometeorológicos.	72
Tabla 47 Factor desencadenante geológico.	72
Tabla 48 Factor desencadenante Inducido por el ser humano.....	72
Tabla 49 Factor condicionante.	73
Tabla 50 Factor desencadenante.....	73
Tabla 51 Nivel de susceptibilidad.	73
Tabla 52 Peligro por sismo.....	74
Tabla 53 Peligrosidad por sismo.	74
Tabla 54 Rango de Peligrosidad por Sismo.	74
Tabla 55 Pesos ponderados peligro por deslizamiento.	74
Tabla 56 Textura del suelo.	75
Tabla 57 Pendiente.	75
Tabla 58 Erosión.	76
Tabla 59 Descriptor de textura de suelo seleccionado.	76
Tabla 60 Descriptor de pendiente seleccionado.....	77
Tabla 61 Descriptor de parámetro erosión seleccionado.....	77
Tabla 62 Peso ponderados de los parámetros en la matriz por factor condicionante..	77
Tabla 63 Peso ponderados de los parámetros en la matriz por factor desencadenante.	78
Tabla 64 Factor condicionante.	78
Tabla 65 Factor desencadenante.....	78
Tabla 66 Cálculo nivel de susceptibilidad.....	79
Tabla 67 Peligro por deslizamiento.	79
Tabla 68 Peligrosidad por deslizamiento.	79
Tabla 69 Rango de peligrosidad por deslizamiento.....	80

Tabla 70 Número de elementos expuestos.	80
Tabla 71 Número de servicios expuestos.	80
Tabla 72 Número de elementos expuestos.	81
Tabla 73 Número de elementos expuestos.	81
Tabla 74 Fragilidad física.	81
Tabla 75 Descriptores seleccionados de fragilidad física.	82
Tabla 76 Resiliencia física.	82
Tabla 77 Descriptores seleccionados de resiliencia física.	82
Tabla 78 Dimensión física.	82
Tabla 79 Fragilidad ambiental.	83
Tabla 80 Resiliencia ambiental.	83
Tabla 81 Dimensión ambiental.	83
Tabla 82 Fragilidad social.	84
Tabla 83 Resiliencia social.	84
Tabla 84 Dimensión social.	84
Tabla 85 Fragilidad económica.	85
Tabla 86 Resiliencia económica.	85
Tabla 87 Dimensión económica.	85
Tabla 88 Determinación del nivel de vulnerabilidad.	86
Tabla 89 Valor del nivel de vulnerabilidad.	86
Tabla 90 Cálculo del nivel de vulnerabilidad.	86
Tabla 91 Niveles de riesgo.	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema general de abastecimiento de Ciudad Nueva.	21
Figura 2: Clasificación de peligros.	22
Figura 3: Clasificación de fenómenos naturales.	23
Figura 4: Factores de vulnerabilidad.	24
Figura 5: Distribución de la población en términos de la vulnerabilidad.	25
Figura 6: Exposición social.	26
Figura 7: Exposición económica.	27
Figura 8: Exposición ambiental.	28
Figura 9: Asociación entre variables del peligro (eje Y) y vulnerabilidad (Eje X).	29
Figura 10: Componentes del sistema de abastecimiento de agua potable.	30
Figura 11: Red de distribución de agua potable abierta o ramificada.	31
Figura 12: Red de distribución de agua potable cerrada o mallada.	32
Figura 13: Parámetros para la identificación y caracterización del peligro.	39
Figura 14: Parámetros de evaluación en sismos.	40
Figura 15: Parámetros de evaluación de la erosión del suelo.	43
Figura 16: Factores condicionantes del peligro.	46
Figura 17: Factores desencadenantes del peligro.	48
Figura 18: Flujograma para la definición de escenarios.	49
Figura 19: Factores de la vulnerabilidad.	52
Figura 20: Análisis de los factores de la vulnerabilidad en dimensiones.	53
Figura 21: Análisis de fragilidad.	54
Figura 22: Análisis de Resiliencia.	55
Figura 23: Dimensión Física.	56
Figura 24: Dimensión ambiental.	57
Figura 25: Dimensión social.	58
Figura 26: Dimensión económica.	59
Figura 27: Escala de Mercalli y parámetros sísmicos.	67

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A : CUADROS DE ESTRATIFICACIONES DEL NIVEL DE PELIGRO, VULNERABILIDAD Y RIESGO.
- ANEXO B : MÉTODO MULTICRITERIO: PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (PAJ).
- ANEXO C : INFORME DE SUELOS.
- ANEXO D : PANEL FOTOGRÁFICO.
- ANEXO E : PLANOS
- I. PLANO DE LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN.
 - II. PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS.
 - III. PLANO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CIUDAD NUEVA

RESUMEN

La investigación se titula “PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CIUDAD NUEVA, DEPARTAMENTO DE TACNA”, que tiene por objetivo definir los procedimientos adecuados para determinar los parámetros de evaluación del riesgo de las redes de distribución de agua potable frente a fenómenos naturales, identificando los parámetros para determinar el nivel de peligrosidad y vulnerabilidad para así poder obtener el nivel del riesgo; la presente investigación será de tipo descriptivo-explicativo mas no experimental, teniendo como variables la infraestructura y el nivel del riesgo, para el proceso de determinación de los datos se tuvo como referencia al manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED). Teniendo en cuenta todo lo anteriormente mencionado, se obtuvo que la peligrosidad ante un sismo es 0.2347 (nivel alto) y de deslizamiento es 0.150 (nivel alto), la vulnerabilidad es de 0.311 (nivel alto), por lo tanto, se determinó que el producto de la relación de peligrosidad y vulnerabilidad es alto y muy alto, se puede interpretar que la red de distribución de agua potable del distrito de Ciudad Nueva se encuentra en riesgo alto ante deslizamiento y muy alto ante sismo.

PALABRAS CLAVES

Mapa de riesgo, matriz de riesgo, niveles de peligro y/o vulnerabilidad, rangos de peligro y/o vulnerabilidad y red de agua potable.

ABSTRACT

The research is titled "PROCEDURES FOR THE RISK EVALUATION IN THE SYSTEM OF DRINKING WATER SUPPLY IN THE DISTRICT OF CIUDAD NUEVA, DEPARTMENT OF TACNA", which aims to define the appropriate procedures to determine the parameters of risk assessment of networks distribution of drinking water in the face of natural phenomena, identifying the parameters to determine the level of danger and vulnerability in order to obtain the level of risk; the present investigation will be of descriptive-explanatory but not experimental type, having as variables the infrastructure and the level of the risk, for the process of determination of the data it was had as reference to the manual for the evaluation of risks originated by natural phenomena of the National Center of Estimation, Prevention and Reduction of Disaster Risk (CENEPRED). Taking into account all the aforementioned, it was obtained that the hazard before an earthquake is 0.2347 (high level) and slip is 0.150 (high level), the vulnerability is 0.311 (high level), therefore, it was determined that the product of the hazard and vulnerability ratio is high and very high, it can be interpreted that the drinking water distribution network of the Ciudad Nueva district is at high risk in the event of landslides and very high in the face of earthquakes.

KEY WORDS

Risk map, risk matrix, levels of danger and/or vulnerability, ranges risk and/or vulnerability and drinking water networks.

INTRODUCCIÓN

El Distrito de Ciudad Nueva se encuentra seriamente amenazada por la ocurrencia de eventos naturales que pueden afectar toda su infraestructura, especialmente, aquellas que son responsables de suplir los servicios básicos a la población, tal como es el caso del suministro de agua potable. En los últimos años, el distrito ha experimentado un desarrollo importante en lo relativo a edificaciones, obras viales, obras del servicio de agua potable y saneamiento, con una infraestructura que padece en general, caracterizada por cierta dosis de anarquía (desorganización) urbanística, falta de criterios de diseño y de planificación contra riesgos.

Esta realidad obliga a reflexionar y a aplicar conocimientos y/o metodologías que ayuden a estratificar los niveles de peligrosidad, vulnerabilidad, riesgo y la zonificación de los mismos en los ámbitos geográficos expuestos al fenómeno natural. Los niveles de riesgos dependen del producto de la relación de los niveles de peligro y vulnerabilidad del área urbana de Ciudad Nueva.

La falta de planificación y el incremento de la población en el distrito de Ciudad Nueva, conllevan un aumento de zonas marginales e informales, asentándose viviendas en suelos inestables y cuencas de río, que son rellenadas al paso del tiempo, estas acciones puedan impactar en las redes de distribución de agua potable y afectar su servicio o generar deficiencias en su operación durante una emergencia.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Los sistemas de agua potable del distrito “Ciudad Nueva” están abiertas a sufrir impactos de fenómenos naturales. Este distrito se encuentra en un área geográfica donde los fenómenos naturales, tales como sismos, deslizamientos y demás, son previstos a futuro.

El crecimiento urbano acelerado y no planificado, se traduce en asentamientos en terrenos no estables de muy alto riesgo, donde los fenómenos naturales tienen consecuencias devastadoras. Cada año, las personas son afectadas por diferentes tipos de peligros, teniendo pérdidas de vidas humanas y materiales, los cuales se agudizan por la falta de los servicios básicos como es el agua potable que durante una emergencia es de suma importancia para la atención de una emergencia o desastre.

Tacna ha soportado sismos severos a lo largo de los años, siendo uno de los últimos el sufrido el 23 de junio del 2001, con epicentro en Ocoña (Arequipa) con una intensidad de VIII en la escala Modificada de Mercalli, sufriendo grandes daños en las redes de distribución de agua potable y conexiones domiciliarias (Tabla 1), demorando una semana en dejar operativo el sistema.

Tabla 1 Daños ocasionados por el sismo de 23 de junio de 2001.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Tuberías diferentes diámetros	Km	5
2	Conexiones domiciliarias	Unidad	2500
3	Accesorios	Unidad	100

Fuente: (EPS, 2013).

El sistema de agua potable de Ciudad Nueva contaba en el año 2001 con un total de 18.4 km de tubería (Tabla 2), que equivale al 3.38% de las redes de la ciudad de Tacna, en el sismo se dañó 5 km de tubería que equivale a un 27 % de las tuberías del distrito. (EPS, 2013)

Tabla 2: Tuberías (longitud y diámetro) de agua potable en Tacna.

Diámetro (mm)	Longitud (Km)
50	8.855
75	33.890
100	373.450
150	72.205
200	23.140
250	13.335
300	12.225
350	1.910
400	1.200
450	2.710
525	1.210
TOTAL	544.130

Fuente: (EPS, 2013).

Revisando la secuencia de los movimientos telúricos en el Perú estos presentan una frecuencia entre 6 y 10 años, por lo cual, la red de distribución de agua potable del distrito de Ciudad Nueva es vulnerable a sufrir impactos, especialmente por los sismos, los cuales, por sus características y el tipo de suelo del área de estudio, generan otros tipos de peligros como deslizamientos e incendios.

Según informes preliminares de la Empresa Prestadora de Servicios (EPS), cada mes se presenta roturas de tuberías, las cuales han sido renovadas hace tan solo 10 años, a diferencia de otros sectores de la ciudad de Tacna, con lo que se induce que no necesariamente existe un agente externo para que se produzca roturas de las tuberías, por lo cual se estima que con la presencia de sismos o deslizamientos estas cifras se verían elevadas.

La red de distribución (tubería) no cuenta con planes de prevención o mitigación de desastres naturales, no existe un registro histórico del daño causado por movimientos telúricos pasados, empleados no capacitados, y demás puntos no precisados; restringen la cabida de contestación que pueda poseer la EPS, ante la ocurrencia de un desastre (fortuito) que pueda afectar la red de distribución.

El Análisis y evaluación de peligrosidad en conjunto con el análisis de la vulnerabilidad son fundamentales en este tipo de situaciones, los resultados del estudio serán de beneficio para las poblaciones, en especial del distrito, que se abastece de

agua potable por medio de este sistema y que está expuesta a las amenazas de los desastres naturales.

Para el año 2018 se han incrementado 13 Asociaciones de Vivienda que se encuentran ubicadas en las faldas el Cerro Intiorko, ignorando las características del suelo, entre ellas, la capacidad portante de dicha zona, las cuales son bajas.

Asimismo, la problemática presentada en este sector, genera constantes roturas, causadas por: servicio discontinuo, antigüedad de las redes, vulnerabilidad sísmica del sector, capacidad portante baja, tipo de material empleado en la red de distribución, pendiente que presenta el distrito y falta de educación sanitaria por parte de la población.

Es por esta razón que es necesario brindar una base técnica para realizar la búsqueda de soluciones puntuales que conduzcan a alternativas de solución integral al problema de abastecimiento.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema principal

¿Es posible la definición de los procedimientos para determinar los parámetros de evaluación del riesgo de la red de distribución de agua potable frente a fenómenos naturales en el distrito de Ciudad Nueva?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Con la identificación de los parámetros de evaluación de los fenómenos naturales, es posible determinar el nivel de peligrosidad en la red de distribución de agua potable en el distrito de Ciudad Nueva?
- ¿Es posible determinar los parámetros de evaluación de la vulnerabilidad para definir el comportamiento de la red de distribución de agua potable frente a fenómenos naturales en el distrito de Ciudad Nueva?
- ¿Es posible determinar el nivel de riesgo en la red de distribución de agua potable ante fenómenos naturales en el distrito de Ciudad Nueva?

1.3. Justificación e importancia de la Investigación

El distrito de Ciudad Nueva se encuentra amenazado por eventos naturales, que podrían dañar toda su infraestructura, en primer lugar, aquellas que son indispensables como los servicios básicos (agua, luz y comunicación).

Prima la necesidad de prevenir las afectaciones que pueda generarse en la red de distribución agua potable del distrito, y que conlleven a contextos de emergencia, básicamente la falta de suministro en la red de distribución de agua potable y el tiempo requerido para su reposición. Para ayudar a minimizar el impacto en la red, se pretende estimar y conocer la vulnerabilidad, capacidad de respuesta y recuperación que tiene la red de distribución del distrito, para que de esta manera se tome en cuenta en todos los procesos de planificación y/o inversión para el desarrollo sostenible.

Estos sistemas que operan en áreas geográficas donde los fenómenos naturales manifiestan cierta probabilidad de ocurrencia tales como sismos, deslizamientos y otros, demandan tener implementadas sus propios planes de reducción y prevención del riesgo, asimismo ante peligros por roturas y emergencias que afecten el abastecimiento a la población. Las acciones de reducción de riesgo ante el impacto de fenómenos naturales deben ser incluidas en su planificación integral de la red de distribución de agua potable.

El artículo 3°, “La gestión del riesgo de desastres está basada en la investigación científica y de registro de informaciones, y orienta las políticas, estrategias y acciones en todos los niveles de gobierno y de la sociedad, con la finalidad de proteger la vida de la población y el patrimonio de las personas y del estado” (LEY N° 29664 QUE CREA EL SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES (SINAGERD), 2011). Está dirigida a salvaguardar la vida humana y los bienes públicos y privados. Así también está enfocado al resguardo de la infraestructura del agua potable, a minimizar los posibles riesgos que se podrían generar por diversos factores, como una inadecuada planificación y mal funcionamiento de la red, para suministrar a la población. Además, permite: la generación del conocimiento del peligro, el análisis de la vulnerabilidad y la valorización del riesgo.

Esta investigación contribuirá a la toma de decisiones por parte de las autoridades con la finalidad de contar, con condiciones apropiadas, para la población que por su ubicación se encuentre en riesgo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Definir los procedimientos adecuados para determinar los parámetros de evaluación del riesgo de la red de distribución de agua potable frente a fenómenos naturales en el distrito de Ciudad Nueva.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar los parámetros de evaluación de los fenómenos naturales que permitan determinar el nivel de peligrosidad en la red de distribución de agua potable en el distrito de Ciudad Nueva.
- Determinar los parámetros de evaluación de la vulnerabilidad que defina el comportamiento de la red de distribución de agua potable frente a fenómenos naturales en el distrito de Ciudad Nueva.
- Determinar el nivel de riesgo en la red de distribución de agua potable ante fenómenos naturales en el distrito de Ciudad Nueva.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Con los procedimientos adecuado se puede definir los parámetros de evaluación del riesgo de la red de distribución de agua potable frente a desastres naturales en el distrito de Ciudad Nueva.

1.5.2. Hipótesis específicas

- Identifica los parámetros de evaluación de los fenómenos naturales que determina el nivel de la peligrosidad de la red de distribución de agua potable en el distrito de Ciudad Nueva.
- Identifica los parámetros de evaluación de la vulnerabilidad se determina el comportamiento de la red de distribución de agua potable frente a los fenómenos naturales en el distrito de Ciudad Nueva.
- Determina el nivel de riesgo de la red de distribución de agua potable ante fenómenos naturales en el distrito de Ciudad Nueva.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

De acuerdo a las conclusiones del proyecto INDECI – PNUD PER/02/051 ciudades sostenibles (INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (INDECI), 2004) “se menciona cuatro zonas de peligro: zona de peligro medio: en donde se describe suelos de clasificación SM arenas limosas, que se distribuye en casi toda Ciudad Nueva; también se cuenta con una zona denominada de peligro alto: en la cual se encuentran comprendidas por depósitos antropogénicos o de relleno R, asimismo, en suelos clasificación SM de arenas limosas, en ella se presenta amplificaciones de ondas sísmicas, con una capacidad portante entre 0.63 y 0.76 kg/cm^2 , en la parte baja del cerro Intiorko. En las características del suelo en la zona de clasificación SM se aprecia tres tipos de arenas limosa. SM_1, SM_2 y SM_3. En la SM_1 se tiene las cenizas volcánicas de distribución superficial en el Norte de Tacna”.

Asimismo en el proyecto INDECI – PNUD PER/02/051 ciudades sostenibles (INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (INDECI), 2007) “se hace una evaluación a la ladera del cerro Intiorko y el diagnóstico obtenido, es riesgo alto con amenazas de origen geológico – geotécnico y poca capacidad portante, de 0.5 kg/cm^2 a 1.0 kg/cm^2 , colapsables, presencia de agresión de química del suelo, además, peligros de dinámica interna y externa como: sismos, derrumbes y deslizamientos”.

A la vez, en la tesis del Ing. Edgar Chura Arocutipa con título “Evaluación y propuesta de un plan de gestión del riesgo de origen sísmico en el distrito de Ciudad Nueva – Tacna” 2012, “determina el peligro sísmico de Ciudad Nueva, ya que esta se ubica geográficamente en una zona de sismicidad alta, asimismo, contribuye las características del tipo suelo que está constituido por areno-limosos de origen volcánico de baja capacidad entre los rangos de 0.25 a 1.0 kg/cm^2 y según el relieve que presenta, es plano en la zona antigua del distrito y es de un nivel de peligro sísmico alto” (Chura Arocutipa, 2012).

Así como lo investigado en la tesis titulada “Estudio de suelos para cimentaciones en edificaciones del cono norte de la ciudad de Tacna” 1998, siendo autores Jorge Farah Berrios Manzur y Juan David Silva Aranibar, “determinan una zonificación por capacidad portante identificando cuatro zonas, zona D, capacidad portante 0.30 kg/cm^2 a 0.50 kg/cm^2 , zona C, capacidad portante 0.50 kg/cm^2 a

1.0 kg/cm^2 , zona B, capacidad portante 1.0 kg/cm^2 a 2.0 kg/cm^2 y zona A, capacidad portante $> 2.0 kg/cm^2$ " (Berrios Manzur & Silva Aranibar , 1998).

El sismo suscitado el 13-08-1868 hace 150 años, encontrándonos en los periodos de recurrencia de cada 150 a 270 años y el sismo que tuvo su epicentro en Ocoña – Arequipa el 23 de junio de 2001, origino grandes daños no solo en las infraestructuras, sino en el servicio de agua potable pasando días para que este sea repuesto. El crecimiento urbano y no planificado del distrito hace que la población se instale en terrenos inestables o inundables y donde los fenómenos naturales tienen consecuencias devastadoras, esta situación motiva una demanda insatisfecha para el acceso al servicio de agua potable.

La ciudad de Tacna cuenta con un sistema de abastecimiento definido que es a través de los Ríos Uchusuma y Caplina, fuentes que no son suficientes para alcanzar y abastecer a la población. En el lugar denominado Cerro Blanco, donde existe tres embalses, del PET con una y dos embalses de la EPS, donde sus aguas ingresan directamente a la Planta de Tratamiento de Calana y las aguas del canal Caplina, ingresan a la planta de tratamiento de Calana en una dotación de 50 l/s y para la planta de tratamiento de Alto de Lima, cuenta con una captación de 210 l/s , las cuales abastecen directamente a la población. El abastecimiento del distrito de Ciudad Nueva se realiza a través de unas tuberías de 12" apoyadas por un sistema de bombeo ingresando directamente a los reservorios R -10 que abastece la zona antigua del distrito y al R - 14 que abastece a los que se denomina las 11 asociaciones (Figura 1). Cuenta con 4,319 conexiones de agua que sirven a 21,595 habitantes aproximadamente. (EPS, 2013).

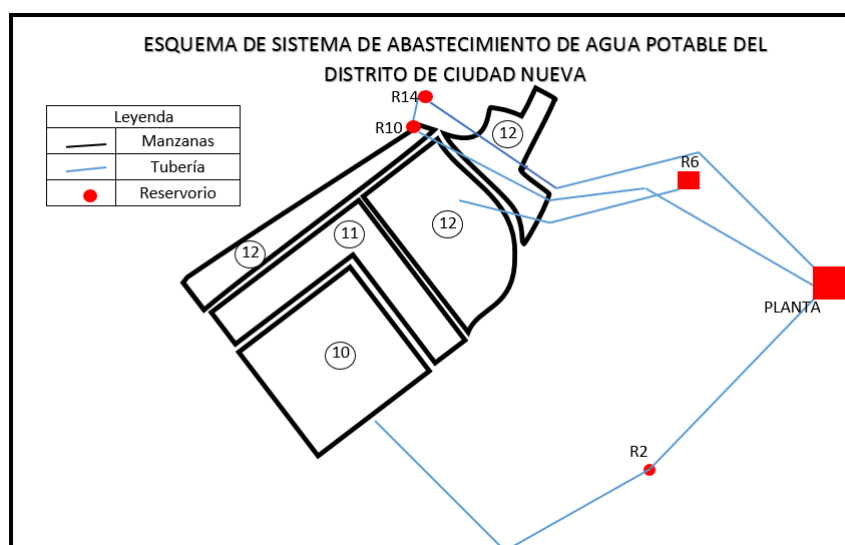


Figura 1: Esquema general de abastecimiento de Ciudad Nueva.

Según la evaluación de riesgos por sismos, derrumbes e incendios urbanos del AA.HH. 12 de diciembre – Ventanilla del año 2016, se determinó un cálculo del nivel de peligro y se obtuvo que las viviendas son vulnerables, principalmente por su exposición, muchas están ubicadas sobre cortes y rellenos con terraplenes artesanales (pircas y sacos de arena sin ningún cementante visible), lo que los hace susceptibles ante cualquier sismo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Peligro

Se determina como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino, que puede originarse de forma natural o por la intervención humana (Figura 2), que se presenta en una zona determina, con intensidad, con la definición de periodo de tiempo y frecuencia definida.

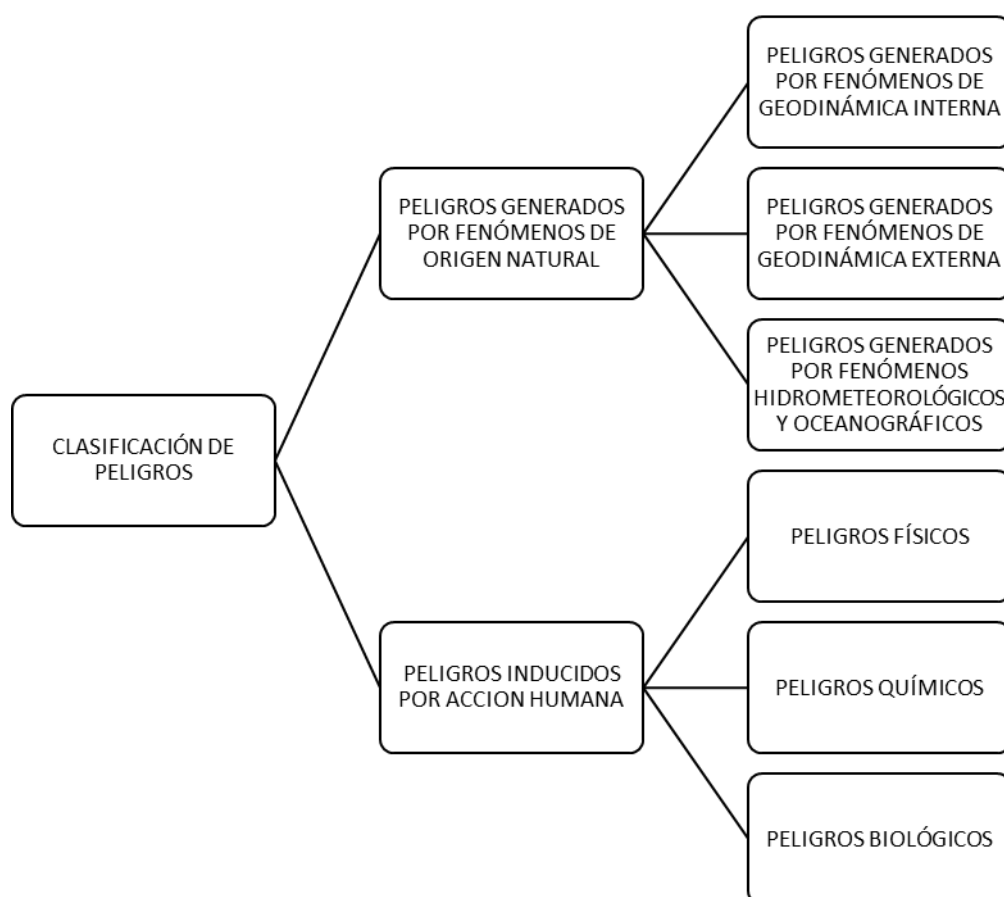


Figura 2: Clasificación de peligros.

Fuente: (CENEPRED, 2018).

2.2.1.1 Definición de peligro natural

“Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso por fenómeno natural (Figura 3), potencialmente dañino que afectaría al bienestar, a la sociedad, a la salud, al estado emocional, como a los bienes y patrimonio en la dimensión física, económica, ambiental y social en un ámbito geográfico específico dentro de un lapso determinado de tiempo y frecuencia” (CENEPRED, 2018).

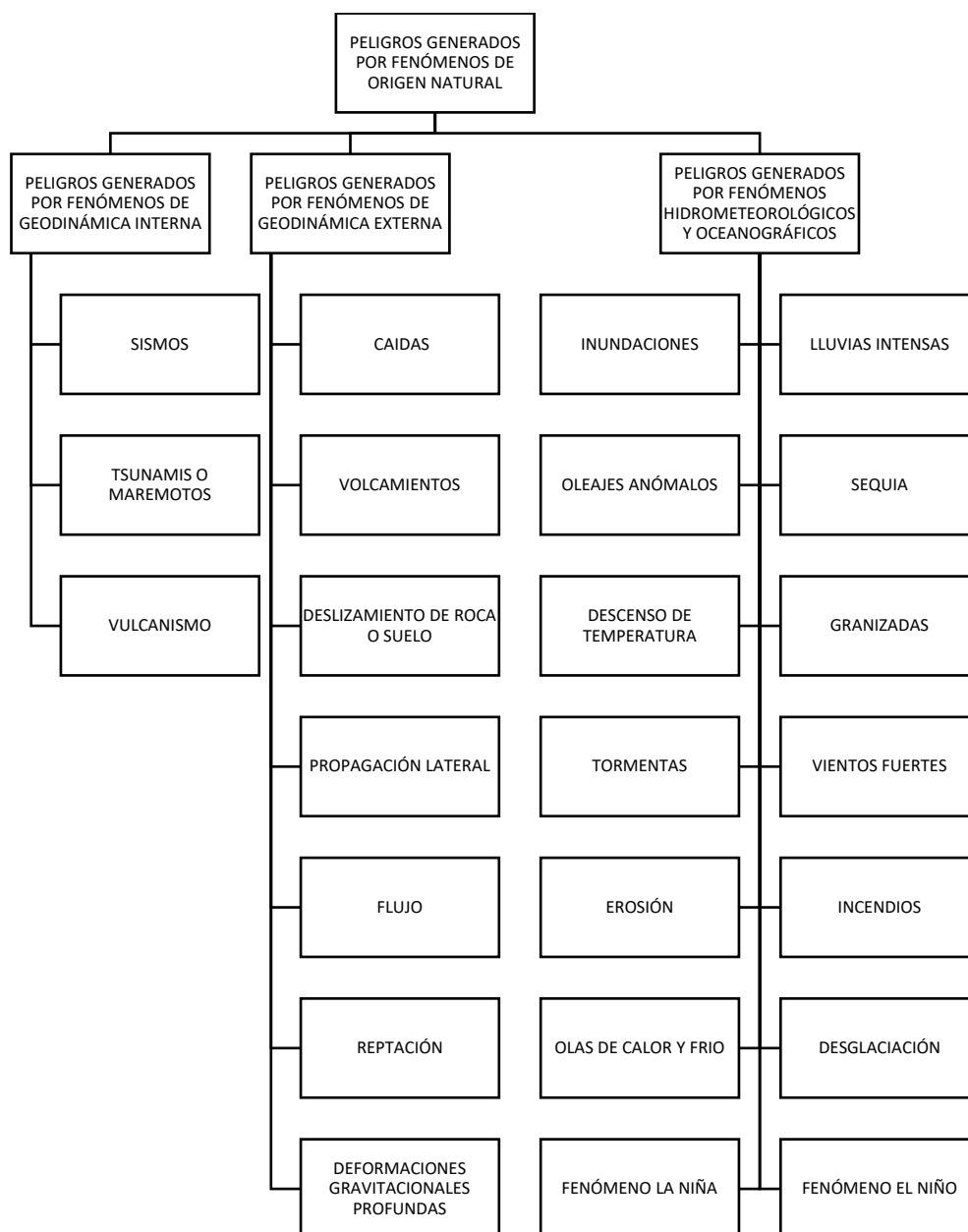


Figura 3: Clasificación de fenómenos naturales.

Fuente: (CENEPRED, 2014).

2.2.1.2 Definición de peligro inducido por acción humana

Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso inducido por la acción humana, potencialmente dañino que afectaría al bienestar, a la sociedad, a la salud, al estado emocional, como a los bienes y patrimonio en la dimensión física, económica, ambiental y social en un ámbito geográfico específico dentro de un período de tiempo y frecuencia. Están directamente relacionados con la actividad y el comportamiento del hombre.

2.2.2. Vulnerabilidad

Se define como la sensibilidad que presenta la población ante la estructura física o no física, para presentar daños que pueden ocasionar la presencia de un peligro.

En cuanto al riesgo en varias oportunidades no se puede actuar cuando se presenta el peligro; desde este punto de vista solo se puede trabajar en disminuir la vulnerabilidad, como se presenta en la figura 4.

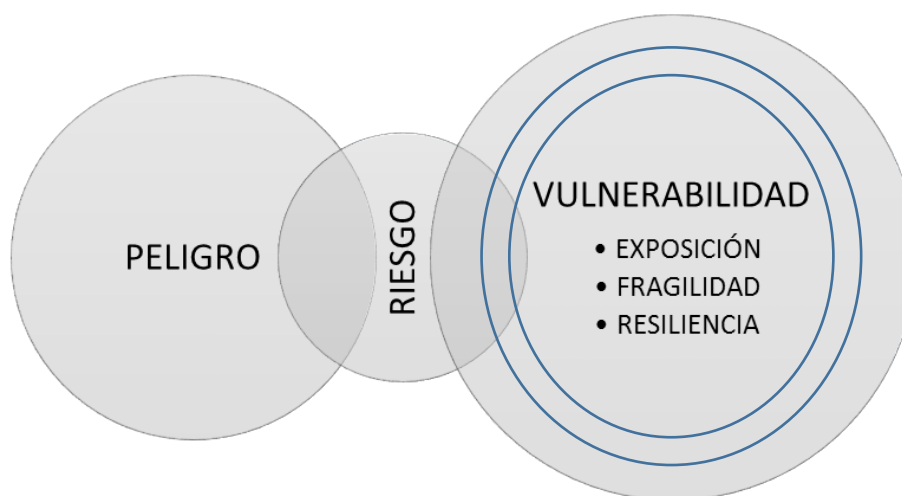


Figura 4: Factores de vulnerabilidad.

Fuente: (Comunidad Andina de Naciones, 2014).

2.2.3.1 Factores de la vulnerabilidad

A. Exposición

Es toda aquella infraestructura física que está expuesta frente a un peligro, que se da por una inapropiada relación entre una planificación inadecuada del crecimiento urbano y el ambiente.

A mayor exposición, mayor vulnerabilidad (Figura 5).

B. Fragilidad

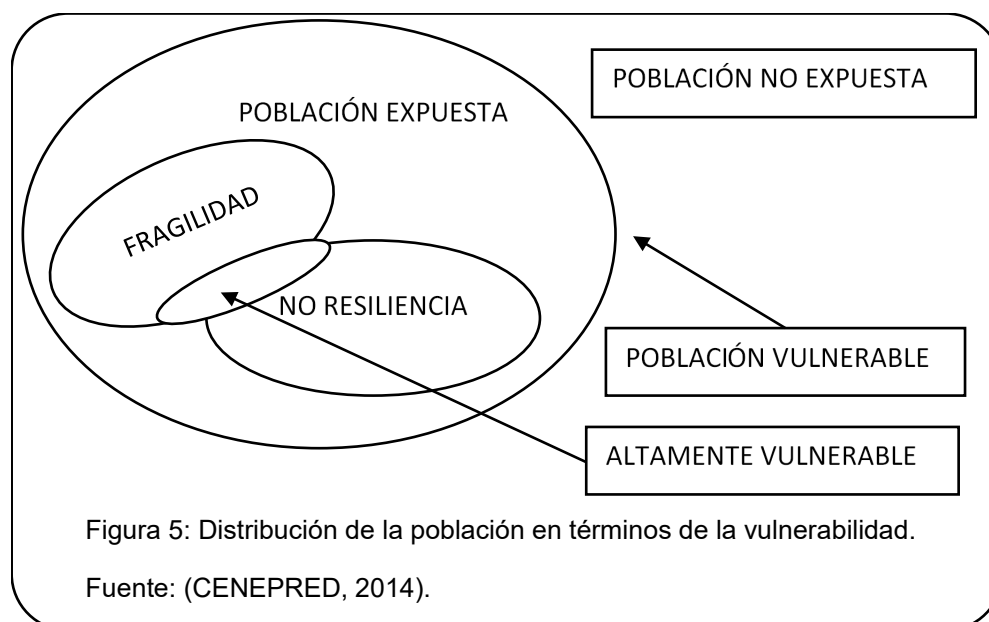
Es la debilidad del ser humano y su entorno frente a la probabilidad de ocurrencia de un peligro, se presenta al no cumplir y no seguir las normas de construcciones y las relaciones sociales.

A mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad (Figura 5).

C. Resiliencia

Es la capacidad que tiene el ser humano para recuperarse cuando se presenta un peligro.

A mayor resiliencia, menor vulnerabilidad (Figura 5).



2.2.3.2 Elementos expuestos

Estos elementos expuestos son decisiones o prácticas cotidianas que ponen a las personas en un escenario de impacto ante un peligro.

A. Dimensión física

Se determina la infraestructura y/o material expuesto dentro del escenario de intervención de los peligros, identificando los componentes de la vulnerabilidad, para después agregar el análisis de la fragilidad y resiliencia física. Esto es importante para identificar los estratos de la vulnerabilidad física.

B. Dimensión social

Se basa en el análisis de la población expuesta en la cual está inmersa la influencia del peligro para lo cual se identifica la población que se encuentra frente a un entorno vulnerable o no, para luego agregar el análisis de la fragilidad y resiliencia social en la población expuesta, en la influencia del peligro y que se encuentra vulnerable. El cual es indispensable para identificar los niveles de vulnerabilidad social (Figura 6).

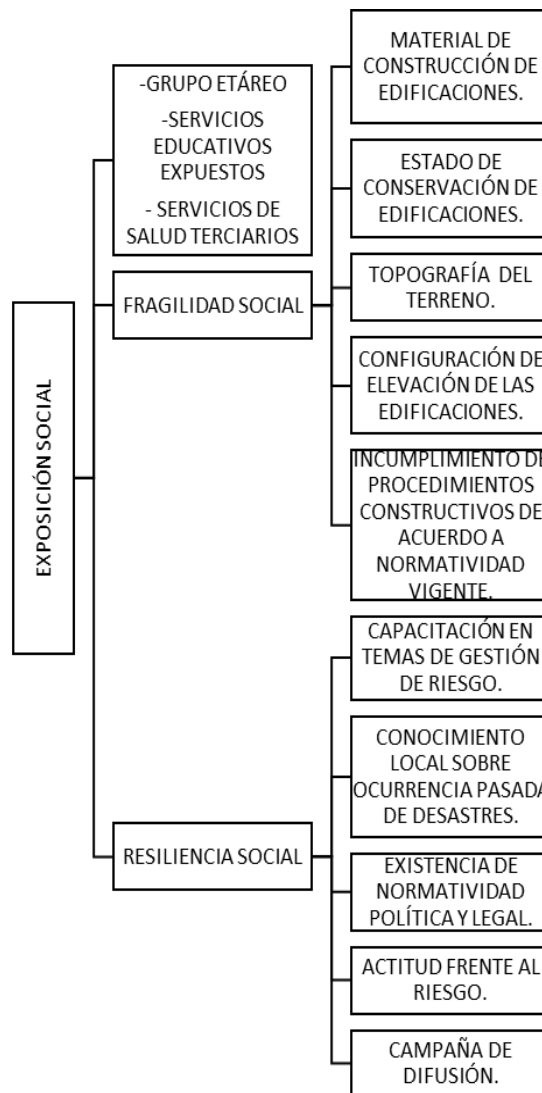


Figura 6: Exposición social.

Fuente: (CENEPRED, 2014).

C. Dimensión económica

Para definir la actividad económica y la infraestructura que se encuentra expuesta en el área en la cual está inmersa la influencia del peligro, se realiza al identificar los elementos expuestos los cuales se encuentra vulnerables o no, para incorporar en el estudio el análisis de la fragilidad y resiliencia económica. Este análisis es las dimensiones es importante puesto que se puede identificar los niveles de vulnerabilidad económica (Figura 7).

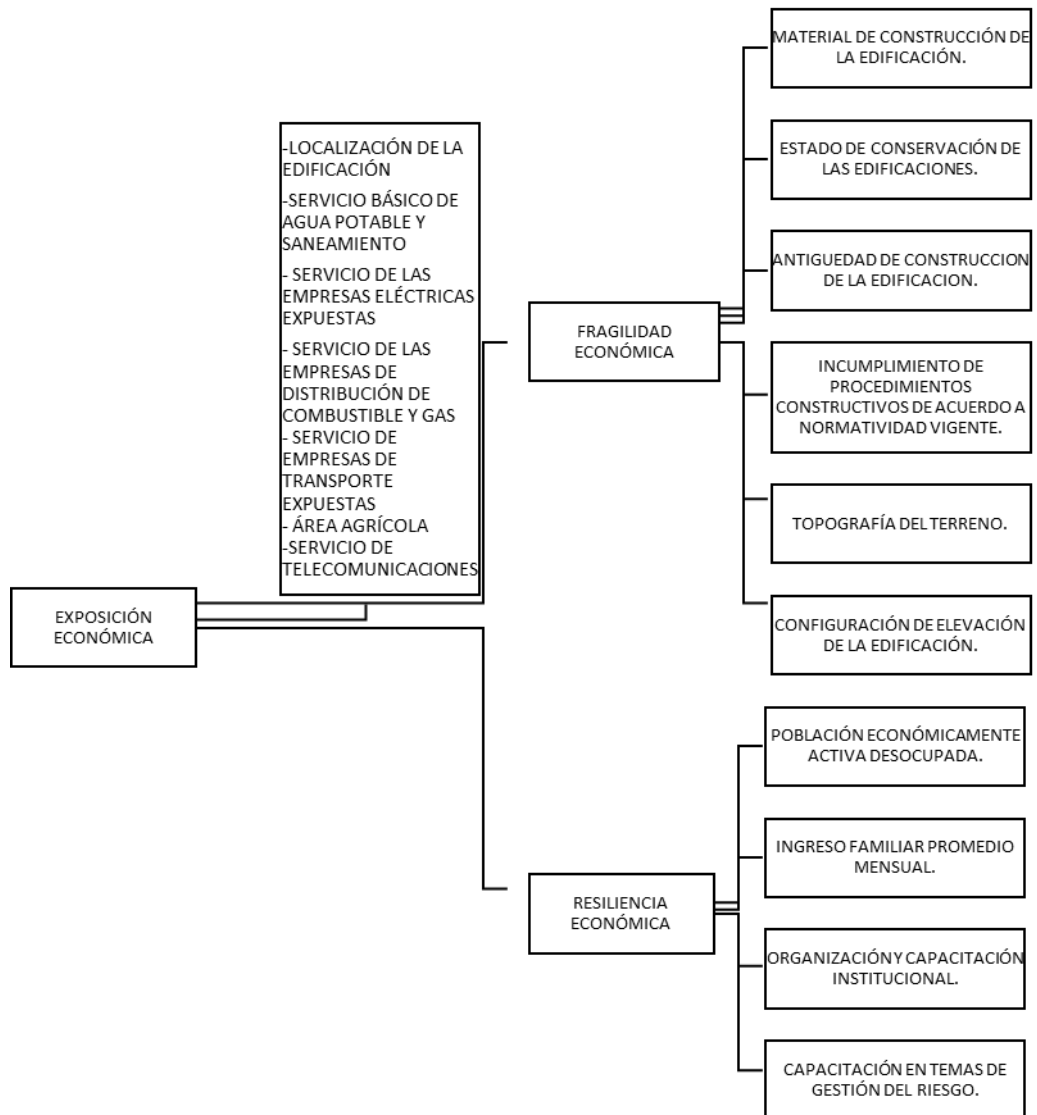


Figura 7: Exposición económica.

Fuente: (CENEPRED, 2014).

D. Dimensión ambiental

Se basa en la identificación los recursos naturales renovables y no renovables ubicados en el área de influencia del peligro, identificando los recursos naturales, para incorporar el análisis de la fragilidad y resiliencia ambiental. (Figura 8).

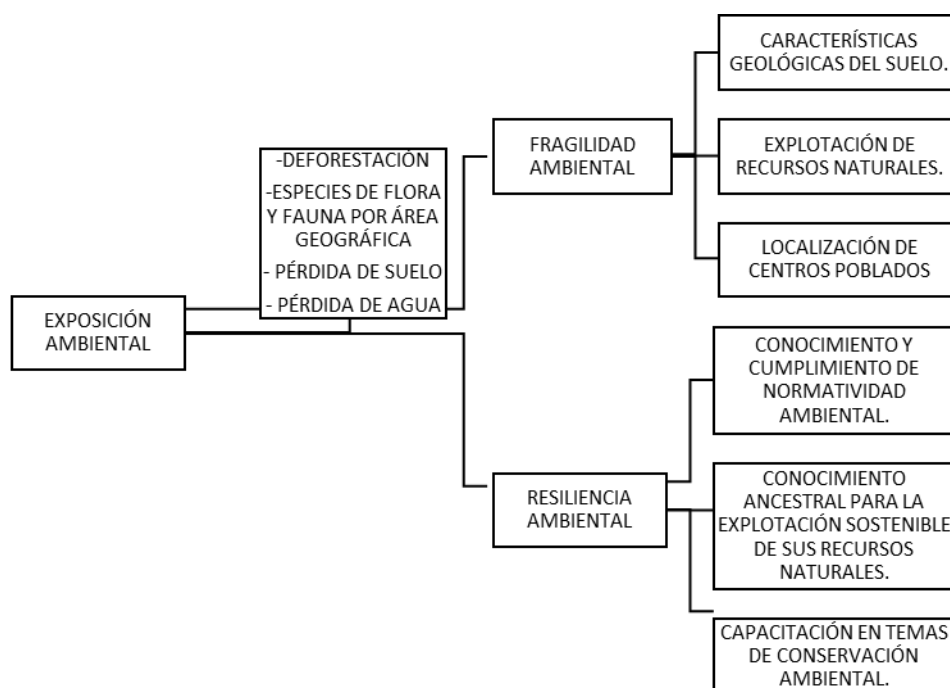


Figura 8: Exposición ambiental.

Fuente: (CENEPRED, 2014).

2.2.3. Riesgo

El riesgo es la medida en el cual un fenómeno puede producir daños, siendo posible determinar el nivel del mismo, analizando el peligro y la vulnerabilidad.

2.2.3.1. Factores y cálculo del riesgo

Una vez identificado los peligros (para lo cual se ha analizado sus factores: la intensidad, magnitud, frecuencia de recurrencia, y el nivel de susceptibilidad) y analizado los componentes de la vulnerabilidad, podemos decir que el riesgo está relacionado con la identificación del peligro y con la determinación de la vulnerabilidad la cual se basa en el análisis de los

elementos expuestos. El cambio en uno o más de los parámetros de vulnerabilidad modifican el riesgo. (Carreño et. al. 2005).

“El nivel de riesgo está en función a la vulnerabilidad de los elementos expuestos susceptibles al potencial impacto del peligro a una cierta intensidad y en un tiempo determinado” (CENEPRED, 2018). La connotación del riesgo se indica así:

$$R_{ie}|_t = f(P_i, V_e)|_t$$

Donde:

R_{ie} = Riesgo, está en función a la vulnerabilidad de los elementos expuestos susceptibles al potencial impacto del peligro a una cierta intensidad y en un tiempo determinado.

f = En función.

P_i = Peligro con la intensidad mayor o igual a una intensidad " i " durante un periodo de exposición " t ".

V_e = Vulnerabilidad de un elemento expuesto " e "

t = Tiempo

Para determinar la estratigrafía del riesgo y determinar su nivel, se utilizará una matriz de doble entrada, en la cual se compara como un plano cartesiano, en donde los valores se relacionan en los ejes x y y, donde los niveles del peligro están representados en el eje X y las vulnerabilidades están representadas en el eje Y, como se muestra en la figura 9.

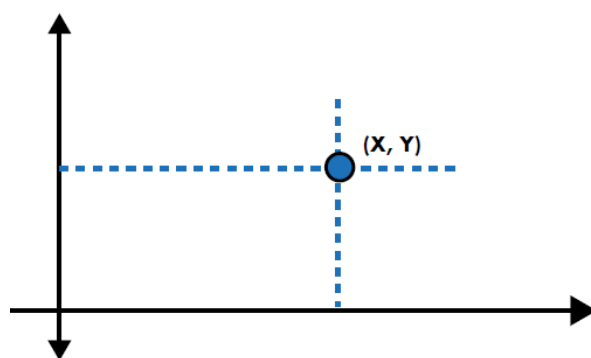


Figura 9: Asociación entre variables del peligro (eje Y) y vulnerabilidad (Eje X).
Fuente: (CENEPRED, 2014).

2.2.4. Componentes del sistema de abastecimiento de agua potable

Existen cinco componentes en el sistema de abastecimiento de agua potable y se muestra en la figura 10.

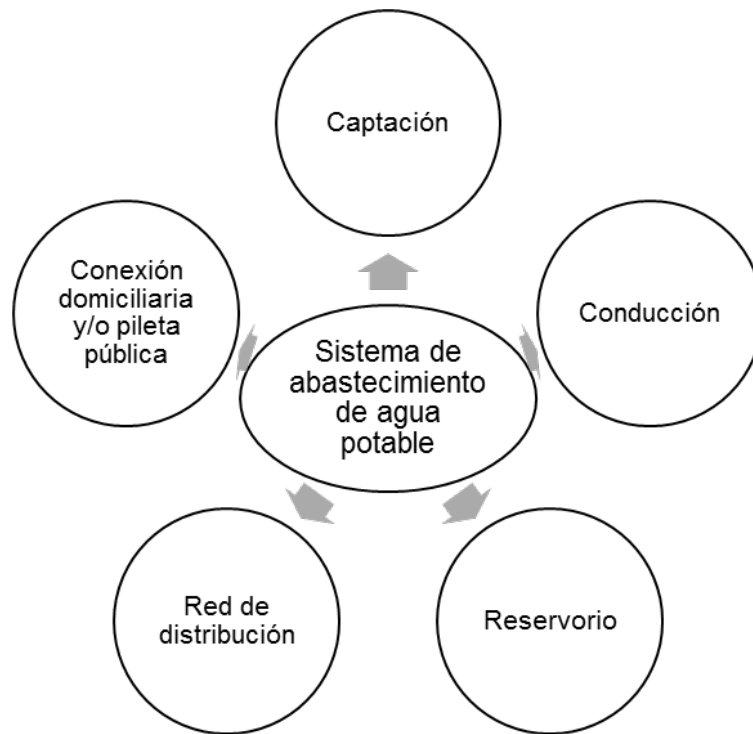


Figura 10: Componentes del sistema de abastecimiento de agua potable.

2.2.5.1. Servicios de Agua potable

A. Servicios de producción:

La Captación y línea de conducción de agua no tratada; el tratamiento y línea de conducción de agua apta para el consumo humano.

B. Servicio de distribución

Almacenamiento, redes de distribución y dispositivos de entrega al usuario; conexiones domiciliarias inclusive la medición, pileta pública, unidad sanitaria u otro.

2.2.5.2. Abastecimiento de agua potable

Cuando existe un conjunto de estructuras hidráulicas por donde circula agua se le denomina sistema de abastecimiento, el cual tiene como finalidad la entrega de agua a la población, el cual debe pasar desde su captación

hasta el consumidor final, el cual debe satisfacer los requerimientos de las personas.

2.2.5.3. Redes de distribución de agua potable

A. Red de distribución de agua potable ramificada o abierta

“Consiste de un conducto principal; el cual va disminuyendo de diámetro a medida que avanza y alimenta conductos laterales que se desprenden de él” (Vierendel, 2009).

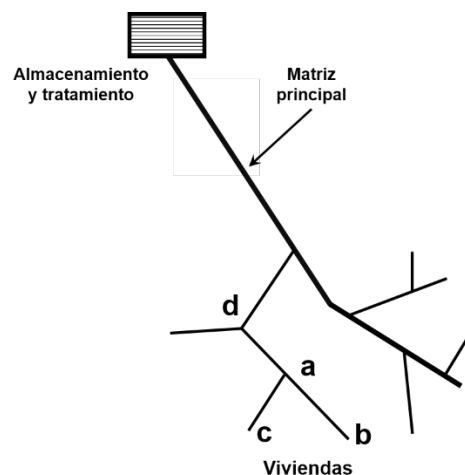


Figura 11: Red de distribución de agua potable abierta o ramificada.

Fuente: (AROCHA RAVELO, 1979).

Como se aprecia en la figura 11 “es adecuada para poblaciones pequeñas de trazo longitudinal y tiene el inconveniente de no dar buenas distribuciones de presiones y requiere mayores diámetros porque todo el flujo es a través de un conducto principal” (Vierendel, 2009).

B. Red de distribución de agua potable cerrada o mallada

“Se caracteriza por la conformación de mallas o circuitos a través de la interconexión entre los ramales de la red de distribución de agua potable” (Vierendel, 2009).

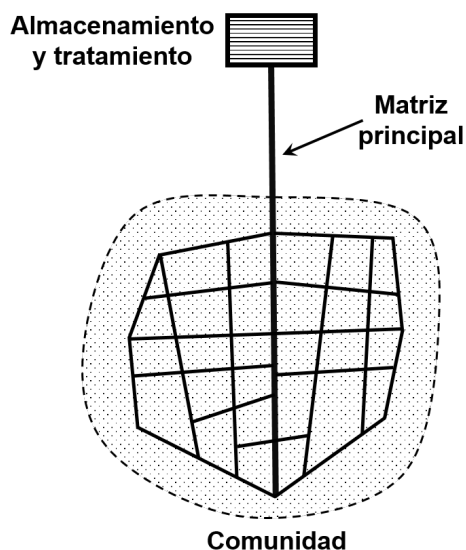


Figura 12: Red de distribución de agua potable cerrada o mallada.

Fuente: (GILES et al, 2003).

“Este sistema es apropiado para ciudades de mediano y gran tamaño tiene la ventaja que como cada tubería es alimentada en sus dos extremos, se disminuye el recorrido, por lo tanto, disminuye la pérdida de carga” (Vierendel, 2009), se puede notar su aplicación en la figura 12.

2.2.5.4. Principales peligros y sus efectos sobre las redes de distribución de agua potable

A. Sismos

En el Perú, el mayor peligro sísmico se presenta a consecuencia de la presencia de la cordillera de los andes, por acción de la placa de Nazca y placa Continental. Se han observado mucha ocurrencia en la zona sur y centro del país por lo cual estamos en un silencio sísmico y existe la posibilidad que se presente uno de gran intensidad.

Las principales manifestaciones negativas en estos sistemas pueden ser:

- Fallas en el subsuelo y suelo.
- Hundimientos que ocasionan daños severos a las tuberías de la red.
- Derrumbe.

Considerando la ubicación de la red de distribución de agua potable, las principales afectaciones pueden ser las siguientes:

Tabla 3 Afectaciones a la red por sismos.

AFECTACIÓN	UBICACIÓN DEL DAÑO
DAÑO ESTRUCTURAL	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto o destrucción total o parcial de zonas de redes de distribución. - Afectación, impacto y roturas de tuberías de distribución; daños en las uniones entre tuberías y en las uniones de las tuberías con tanques.
OTRA AFECTACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Alteración del nivel de capas freáticas. - Interrupciones del fluido eléctrico, las comunicaciones y los caminos de acceso. Incendios, pérdida de comunicaciones, señal de internet y afines.
CALIDAD DE AGUA	<ul style="list-style-type: none"> - Modificaciones momentáneas de la calidad del agua de fuentes superficiales provocadas por deslizamientos de tierra a causa del sismo.

Fuente: (CENEPRED, 2018).

B. Deslizamientos

Los movimientos de masas de tierras o laderas constituyen un peligro tanto a la infraestructura física como a sus habitantes, en especial a los caminos y líneas de conducción de agua. Este peligro se presenta generalmente en las laderas que presentan pendientes muy pronunciadas.

En nuestro país los deslizamientos, son ocasionados principalmente por la saturación del subsuelo debido a las fuertes lluvias y en otros casos debidos a movimientos telúricos. Otro motivo es la presencia de seres humanos, sin un previo ordenamiento y planificación construyen sus viviendas en laderas de cerros y ríos; lo cual pone en riesgo toda la infraestructura de abastecimiento instalada en la zona.

Las principales afectaciones producidas por los deslizamientos pueden ser:

- Desplazamiento del suelo o hundimientos del terreno.
- Cortes y desprendimiento de calzada en caminos.
- Afectación de infraestructura vial, puentes, drenajes, etc.

Tabla 4 Daños a las redes de agua potable por deslizamiento.

AFECTACIÓN	UBICACIÓN DEL DAÑO
<p style="text-align: center;">DAÑO ESTRUCTURAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Daño parcial o total a del sistema de abastecimiento ubicadas en la trayectoria del deslizamiento. - Daños estructurales en reservorios ubicados en laderas que pueden tornarse inestables por causa de fugas o reboses del mismo reservorio, erosión, inadecuada evacuación de aguas lluvias, etc.
<p style="text-align: center;">OTROS DAÑOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Afectaciones y/o suspensión del servicio de energía eléctrica que incide en la interrupción del abastecimiento de agua potable, parcial o totalmente. - Impactos indirectos a los servicios de abastecimiento de agua por daños a caminos y telecomunicaciones. - Pérdidas económicas de la empresa operadora por no brindar el servicio de abastecimiento.
<p style="text-align: center;">CALIDAD DEL AGUA</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Modificaciones de la calidad física y química del agua cruda, que genera problemas en las plantas potabilizadoras.

Fuente: (CENEPRED, 2018).

2.3. Definición de términos

- **Agua potable:** Líquido incoloro que es tratado, para mejorar su calidad química, física y bacteriológica, con la finalidad que se encuentre apta de acuerdo a norma para el consumo de la población.
- **Caracterización de peligros:** Conjunto de actividades posteriores a la identificación de peligros. Detalla las características del evento, así como los factores intrínsecos involucrados que aportan y/o inhiben a la ocurrencia de este y los factores y/o condiciones que inician la ocurrencia del peligro, procesando y calculando cada factor y/o parámetro evaluado, del cual se obtiene la probabilidad de ocurrencia de este.
- **CENEPRED:** Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- **Desastre:** Se presenta cuando el peligro o amenaza genera grandes daños, lo que produce la interrupción en forma súbita y prolongada de los servicios básicos, como el hábitat físico, actividad económica y medio ambiente.

- **Elementos en riesgo o expuestos:** Es el entorno económico, social, físico y ambiental presentado por la sociedad y por los recursos, servicios y ecosistemas que pueden sufrir daño por una amenaza.
- **Emergencia:** Es la interrupción parcial de los servicios ocasionados por la presencia de un fenómeno natural o inducido por las personas y que los gobiernos locales y regionales tiene la capacidad de atenderlo.
- **EPS:** Entidad Prestadora de Servicios: pública, municipal, privada o mixta constituida con el exclusivo propósito de brindar servicios de saneamiento.
- **Evaluación del Riesgo:** Componente del procedimiento técnico del análisis de riesgo, el cual permite calcular y controlar los riesgos, previa identificación del peligro y análisis de la vulnerabilidad, recomendando diversas medidas en forma general tanto para la identificación y prevención de cómo reducir el riesgo de desastres; las cuales deberán ser desarrolladas por los especialistas involucrados.
- **Gestión del riesgo de desastres:** Es un proceso social cuya finalidad es la prevención, reducción y control de los factores de riesgo de desastre en la sociedad, así como la adecuada preparación y respuesta ante situaciones de desastre, considerando las políticas nacionales con especial énfasis en aquellas relativas a materia económica, ambiental, de seguridad, defensa nacional y territorial de manera sostenible.
- **Infraestructura:** Grupo de estructuras de ingeniería e instalaciones, con un diseño de vida útil, que son la base para la prestación de servicios necesarios para el desarrollo de fines productivos, políticos, sociales y personales.
- **Proceso de estimación del riesgo:** Acción y procedimiento que se efectúa para poder obtener un conocimiento amplio de los peligros, analizar la vulnerabilidad y establecer los niveles de riesgo que permitan la toma de decisiones.
- **Vulnerabilidad:** Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

– **Descriptivo**

Se describe fenómenos naturales y situaciones vulnerables que afectan el comportamiento de los sistemas por la cual se distribuye el agua potable ocasionando el riesgo.

– **Explicativo**

Explica procedimientos y parámetros a considerar para la evaluación del riesgo en una red de abastecimiento. Se enfoca en un caso específico de la red considerando la peligrosidad y vulnerabilidad como origen del riesgo.

3.1.2. Nivel de investigación

- **No experimental**

Describe la relación entre variables en determinado momento.

3.2. Población y/o muestra de estudio

3.2.1. Población

La población es el universo que es afectado por la problemática estudiada. La población seleccionada para el análisis es la red de distribución de agua potable de la ciudad de Tacna.

3.2.2. Muestra

La población a analizar es el enmarcado de la red de distribución del distrito de Ciudad Nueva de la ciudad de Tacna.

3.3. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
Infraestructura de la red de distribución de agua potable.	Sistema que permite llevar agua potable.	Elementos expuestos.	- Parámetros de evaluación del peligro. - Parámetros de evaluación de la vulnerabilidad.
Evaluación del riesgo.	Acciones y procedimientos para que se realizan para generar el conocimiento de los peligros y vulnerabilidades.	Método multicriterio: Proceso de análisis jerárquico	-Análisis de la peligrosidad. - Análisis de la vulnerabilidad. - Evaluación del riesgo.

3.4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.4.1. Análisis y evaluación de peligrosidad

“El escenario de riesgo se inicia conceptualmente elaborando un argumento sólido, sustentado en datos y/o registros históricos de la ocurrencia del fenómeno a estudiar, como magnitud, intensidad, recurrencia, etc. (caracterizar el peligro). Evaluar el peligro es valorar la ocurrencia de un fenómeno con base en el estudio de su mecanismo generador, el monitoreo del sistema perturbador y/o el registro de sucesos (se refiere al fenómeno mismo en términos de sus características y su dimensión) en el tiempo y ámbito geográfico determinado” (CENEPRED, 2014).

3.4.1.1. Recopilación de la Información

A. De carácter geográfico

“Consiste de todo el material bibliográfico, datos de campo, y registros digitales (información vectorial, raster y/o satelital) que se encuentren disponibles, proporcionadas por los gobiernos regionales, locales y las instituciones técnico-científicas. Esta información tiene como propósito mostrar las características hidrológicas, meteorológicas, costeras, geográficas y geofísicas del área en evaluación” (CENEPRED, 2014).

B. De carácter urbanístico

Se refiere a toda la información de carácter urbano que puede ser proporcionada por los gobiernos locales mediante sus gerencias de desarrollo urbano y catastro.

C. Infraestructuras básicas y servicios esenciales

Es necesario la recolección de información actualizada y precisa de los organismos estatales y privados encargados de brindar servicios de agua potable y alcantarillado y las empresas de distribución de luz.

D. Información histórica de episodios

Es de importancia el conocimiento de la recurrencia con las que se presentan para generar estrategias para la prevención y/o reducción de los impactos.

E. Estudios previos de peligrosidad y riesgo

Estos estudios sirven como punto de partida para la determinación de niveles de peligrosidad, pues contienen información previa sobre la localidad o región en la que se realiza el estudio, un análisis de daños o impactos producidos, así como la periodicidad de retorno de los fenómenos naturales.

3.4.1.2. Identificación de probable área de influencia del fenómeno en estudio

La identificación de las áreas probables de influencia de los fenómenos naturales se realiza en una primera instancia sobre la base del conocimiento histórico de los impactos producidos por dichos fenómenos naturales en los ámbitos geográficos expuestos. Esto se efectúa básicamente mediante la sistematización de toda la información a detalle recopilada.

3.4.1.3. Peligros generados por fenómenos de origen natural

Identificado el escenario, los peligros que sean de origen natural serán evaluados con parámetros, estos ayudan a su evaluación siguiendo parámetros generales como se muestra en la figura 13.

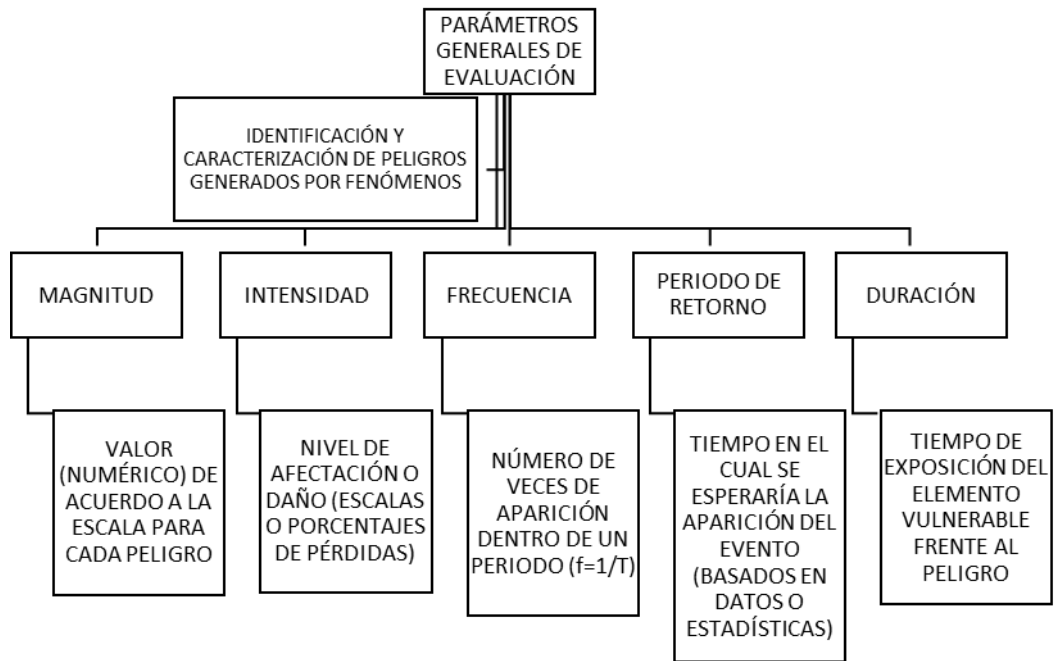


Figura 13: Parámetros para la identificación y caracterización del peligro.

Fuente: (CENEPRED, 2014).

A. Caracterización de peligros generados por fenómenos de origen natural

I. Peligros generados por fenómenos de geodinámica interna de la Tierra

a. Sismo

Los sismos se definen como un proceso paulatino, progresivo y constante de liberación súbita de energía mecánica debido a los cambios en el estado de esfuerzos, de las deformaciones y de los desplazamientos resultantes, regidos además por la resistencia de los materiales rocosos de la corteza terrestre, bien sea en zonas de interacción de placas tectónicas, como dentro de ellas.

– Parámetros de evaluación

Existen parámetros para cara caracterizar el fenómeno natural; el número y complejidad de los parámetros utilizados en un ámbito geográfico específico, los cuales se detallan en la figura 14.

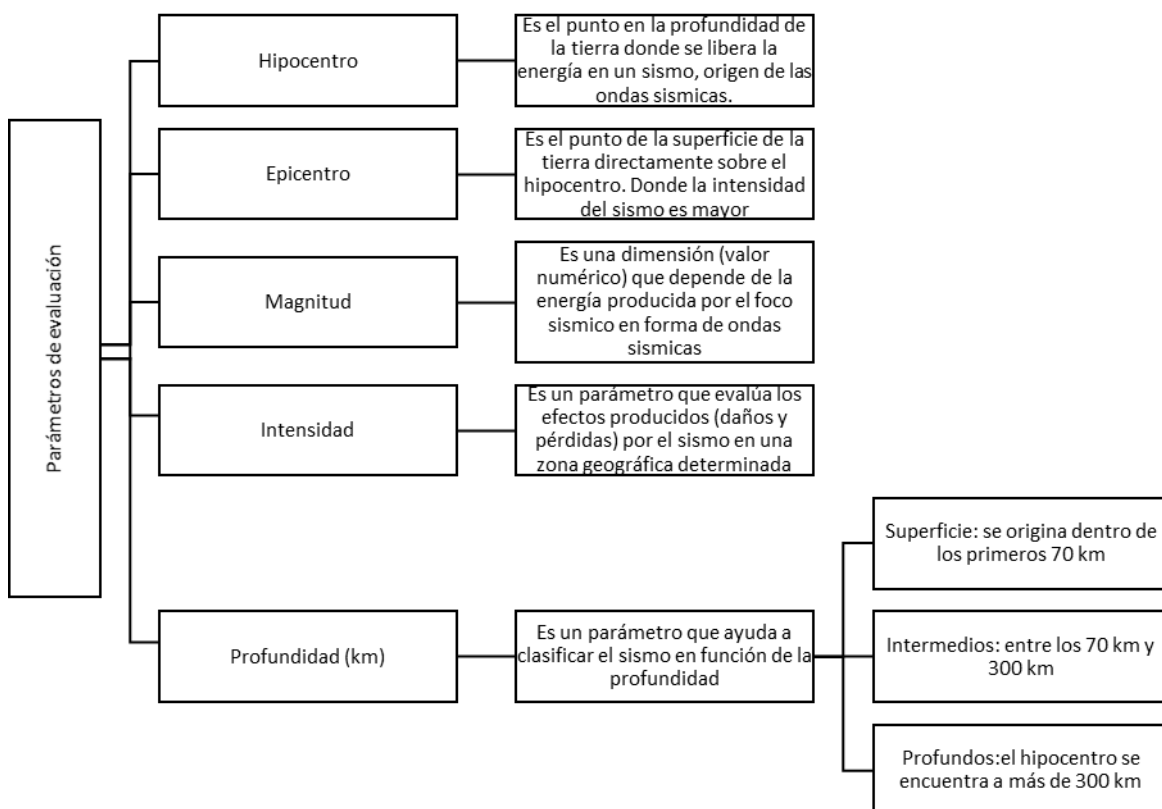


Figura 14: Parámetros de evaluación en sismos.

Fuente: (CENEPRED, 2014).

– **Escalas de medición para sismos**

Tabla 5 Escala modificada de Mercalli – escala de intensidad.

GRADO	DESCRIPCIÓN
I	Casi nadie lo siente.
II	Sentido por una cuantas personas.
III	Notado por muchos, pero sin la seguridad que se trate de un temblor.
IV	Sentido por muchos en el interior de las viviendas. Se siente como si un vehículo pesado golpeará la vivienda.
V	Sentido por casi todos; mucha gente despierta; los árboles y los postes de alumbrado se balancean.
VI	Sentido por todos; mucha gente sale corriendo de sus viviendas; los muebles se desplazan y daños menores se observan.
VII	Todos salen al exterior; se observa daños considerables de pobre construcción. Daños menores en edificios bien construidos.
VIII	Daños ligeros en estructuras de buen diseño; otro tipo de estructuras colapsan. Cambios en pozos de agua.

IX	Todos los edificios resultan con daños severos; muchas edificaciones son desplazadas de su cimentación; grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas.
X	Muchas estructuras son destruidas. El suelo resulta considerablemente fracturado. Movimiento de arena y barro.
XI	Casi todas las estructuras caen. Puentes destruidos. Grandes grietas en el suelo.
XII	Destrucción total. Las ondas sísmicas se observan en el suelo. Los objetos son derribados y lanzados al aire.

Fuente : (Tavera, 2006).

– **Parámetros para la caracterización del fenómeno sísmico**

Tabla 6 Parámetros para la caracterización del fenómeno sísmico.

Parámetros para la caracterización del fenómeno sísmico	Parámetro Magnitud del Sismo	Parámetro Intensidad del Sismo	Parámetro Aceleración natural del suelo
Descriptor	Mayor a 8.0: grandes terremotos.	XI y XII: Destrucción total, puentes destruidos, grandes grietas en el suelo. Las ondas sísmicas se observan en el suelo y objetos son lanzados al aire.	Menor a 0.05 micrones.
Descriptor	6.0 a 7.9: Sismo mayor.	IX y X: Todos los edificios resultan con daños severos, muchas edificaciones son desplazadas de su cimentación. El suelo resulta considerablemente fracturado.	0.05 – 2 micrones.
Descriptor	4.5 a 5.9: Pueden causar daños menores en la localidad.	VI, VII y VIII: Sentido por todos, los muebles se desplazan, daños considerables en estructuras de pobre construcción. Daños ligeros en estructuras de buen diseño.	2 – 5 micrones.
Descriptor	3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente.	III, IV y V: Notado por muchos, sentido en el interior de las viviendas, los árboles y postes se balancean.	5 – 8 micrones.

Descriptor	Menor a 3.4: No es sentido en general pero es registrado en sismógrafos.	I y II: Casi nadie lo siente y/o sentido por unas cuantas personas.	8 – 10 micrones.
-------------------	--	---	------------------

II. Peligros generados por fenómenos de geodinámica externa

a. Movimiento de masa

“Los movimientos en masa en laderas, son procesos de movilización lenta o rápida que involucran suelo, roca o ambos, causados por exceso de agua en el terreno y/o por efecto de la fuerza de gravedad. Los deslizamientos consisten en un descenso masivo o relativamente rápido, a veces de carácter catastrófico, de materiales, a lo largo de una pendiente” (CENEPRED, 2014).

– Parámetro de evaluación

La figura 15, muestra parámetros generales que ayuden a caracterizar el fenómeno de origen natural; el número y complejidad de los parámetros utilizados en un ámbito geográfico específico depende del nivel de detalle (escala) del estudio por lo cual esa lista puede variar.

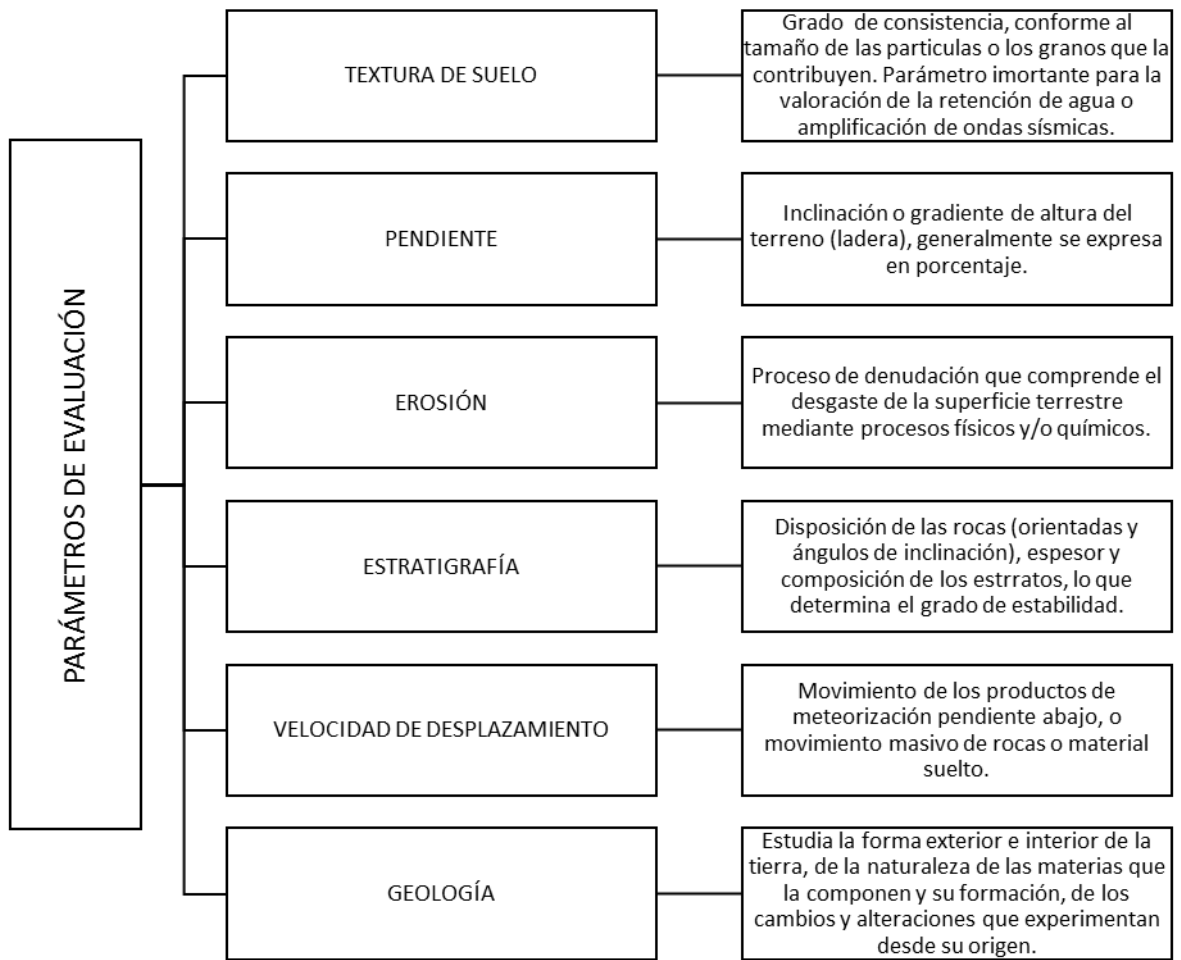


Figura 15: Parámetros de evaluación de la erosión del suelo.

Fuente: (CENEPRED, 2014).

– **Tipos de deslizamiento**

Los movimientos en masa se pueden dar de diferentes maneras, los tipos están en la tabla 7.

Tabla 7 Tipos de movimiento en masas.

TIPO	SUBTIPO	
CAÍDAS	Caída de roca (detritos o suelo)	
VOLCAMIENTO	Volcamiento de roca (bloque)	
	Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso	
DESLIZAMIENTO DE ROCA O SUELO	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña	
	Deslizamiento rotacional	
PROPAGACIÓN LATERAL	Propagación lateral lenta	
	Propagación lateral por licuación (rápida)	
FLUJO	Flujo de detritos	
	Crecida de detritos	
	Flujo de lodo	
	Flujo de tierra	
	Flujo de turba	
	Avalancha de detritos	
	Avalancha de rocas	
	Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)	
	REPTACIÓN	Reptación de suelos
		Soliflucción, geliflucción (en permafrost)

FUENTE: (Cuellar Cárdenas , 2007).

- **Parámetros para la caracterización del fenómeno de movimientos en masas**

Tabla 8 Parámetros para la caracterización del fenómeno de movimientos en masas.

Parámetros para la caracterización del fenómeno de movimientos en masa	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Parámetro
	TEXTURA DEL SUELO	PENDIENTE	EROSIÓN	VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO
Descriptor	Finas: Suelos arcillosos (arcilloso arenoso, arcilloso limonoso, arcilloso)	30° a 40°	Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas)	Extremadamente rápido (v=5m/s)
Descriptor	Moderadamente fina: Suelos francos (franco arcilloso, franco limonoso arcilloso y/o franco limonoso arcilloso)	25° a 45°	Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	Muy rápido (v=0.05m/s)
Descriptor	Mediana: Suelos francos (franco, franco limonoso y/o limonoso)	20° a 30°	Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa a materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados.	Rápido (v=0.0033m/s)
Descriptor	Moderadamente gruesa: Suelos francos (franco arenoso)	10° a 20°	Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturadas.	Moderada (v=3.009x10-4m/s)
Descriptor	Gruesa: Suelos arenosos (arenosos, franco arenosos)	Menor a 5°	Laderas con substrato rocoso no meteorizado. Se pueden presentar inestabilidades en las laderas adyacentes a los ríos y quebradas, por socavamiento y erosión.	Lenta a extremadamente lenta (v=5.144x10-8 m/año a 5.144x10-10m/año)

3.4.1.4. Susceptibilidad

“La susceptibilidad está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado ámbito geográfico (depende de los factores condicionantes y desencadenantes del fenómeno)” (CENEPRED, 2018).

A. Factores condicionantes

“Son factores propios del ámbito geográfico de estudio, el cual contribuye de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno de origen natural o inducido por la acción humana” (CENEPRED, 2018). Existen diversos factores condicionantes, los cuales son detallados en la figura 16.

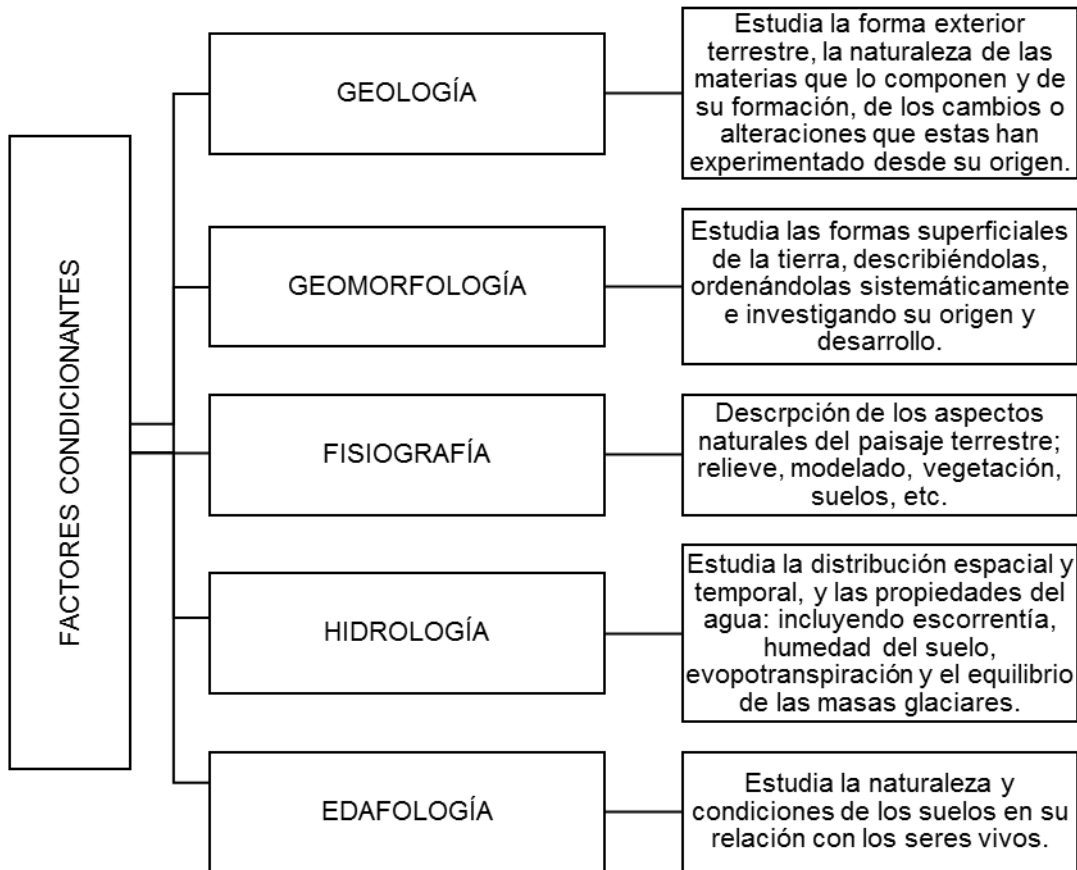


Figura 16: Factores condicionantes del peligro.

FUENTE: (CENEPRED, 2014).

I. Identificación de parámetros susceptibles al fenómeno de estudio, por factores condicionantes

Tabla 9 Identificación de parámetros susceptibles al fenómeno de estudio por factores condicionantes.

Identificación de parámetros susceptibles al fenómeno de estudio por factores condicionantes	PARÁMETRO	PARÁMETRO	PARÁMETRO	PARÁMETRO
	RELIEVE	TIPO DE SUELO	COBERTURA VEGETAL	USO ACTUAL DE SUELOS
Descriptores	Abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares.	Rellenos sanitarios.	70 – 100 %	Áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirven para su normal funcionamiento.
Descriptores	El relieve de esta región es diversa conformado en su mayor parte por mesetas y abundantes lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y lagunas.	Arena eólica y/o limo (con agua).	40 – 70 %	Terrenos cultivados permanentes como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc. Zonas cultivables que se encuentren en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por periodos determinados.
Descriptores	Relieve rocoso, escarpado y empinado el ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos.	Arena eólica y/o limo (sin agua).	20 – 40 %	Plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa boscosa, para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc.
Descriptores	Relieve muy accidentado con valles estrechos y quebradas profundas, numerosas estribaciones andinas. Zona de huaycos. Generalmente montañoso y complejo.	Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial	5 – 20 %	Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del periodo del año y asociada a la presencia de lluvias.
Descriptores	Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica.	Afloramiento rocoso y estratos de grava.	0 – 5 %	Sin uso / improductivos, no pueden ser aprovechadas para ningún tipo de actividad.

B. Factores desencadenantes.

“Son factores que desencadenan eventos o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico” (CENEPRED, 2018). Existen diversos factores desencadenantes, los cuales son detallados en la figura 17.

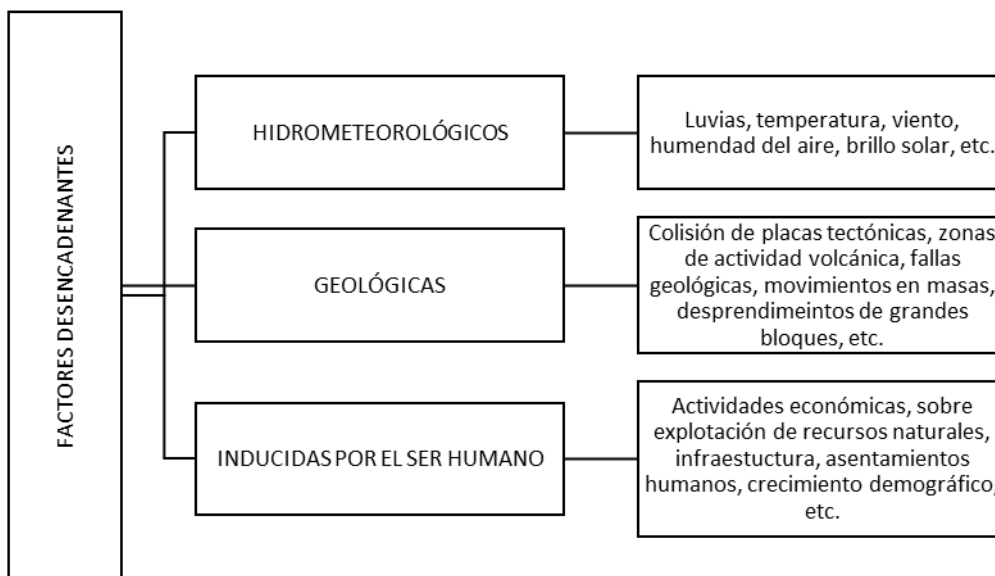


Figura 17: Factores desencadenantes del peligro.

Fuente: (CENEPRED, 2014).

I. Identificación de parámetros susceptibles al fenómeno de estudio, por factores desencadenantes

Tabla 10 Identificación de parámetros susceptibles al fenómeno de estudio por factores desencadenantes.

Identificación de parámetros susceptibles al fenómeno de estudio por factores desencadenantes	Parámetros	Parámetros	Parámetros
	Hidrometeorológicos	Geológico	Inducido por el ser humano
Descriptor	Lluvias	Colisión de placas tectónicas.	Actividades económicas.

Descriptor	Temperatura	Zonas de actividad volcánica.	Sobre explotación de recursos naturales.
Descriptor	Viento	Fallas geológicas.	Infraestructura.
Descriptor	Humedad del aire	Movimientos en masas.	Asentamientos humanos.
Descriptor	Brillo solar	Desprendimiento de grandes bloques (rocas, hielo, etc.)	Crecimientos demográficos.

3.4.1.5. Definición de escenarios

Se establece una hipótesis para determinar el nivel de probabilidad de riesgo antes el fenómeno natural, utilizando los parámetros y los factores condicionantes y desencadenantes, indicando los elementos expuestos susceptibles correspondientes a la dimensión física, social, económica y ambiental. Un resumen esquemático se aprecia en la figura 18.

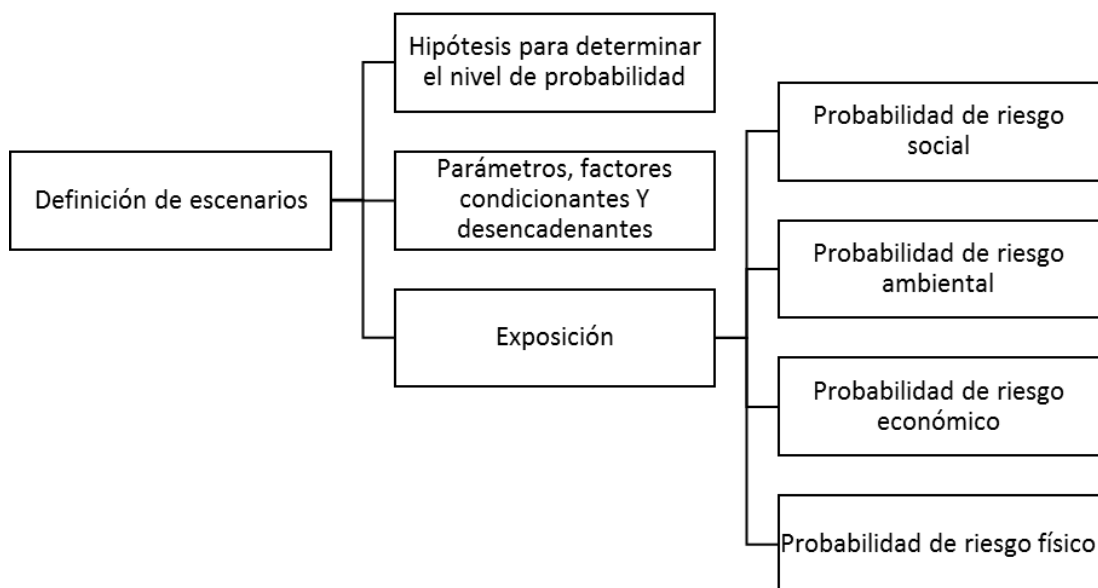


Figura 18: Flujograma para la definición de escenarios.

Fuente: (CENEPRED, 2014).

3.4.1.6. Determinación del nivel de peligro

En la siguiente tabla, se muestran los niveles de peligro y sus respectivos rangos obtenidos a través de utilizar el Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty operativizando previamente las ponderaciones de los factores desencadenantes, factores condicionantes y parámetros de evaluación por fenómeno.

Tabla 11 Niveles de Peligro.

Para redes de distribución de agua potable	
Nivel de peligro	Rango
Muy alto	$0.267 \leq P \leq 0.458$
Alto	$0.133 \leq P < 0.267$
Medio	$0.071 \leq P < 0.133$
Bajo	$0.041 \leq P < 0.071$

3.4.1.7. Análisis de elementos expuestos

Se cuantifica la probable afectación de los elementos expuestos, que están dentro del área de influencia de la amenaza, calculando las probables pérdidas o daños (vidas humanas, infraestructura, bienes y el ambiente), que podrían generarse a consecuencia de la manifestación de los fenómenos naturales.

Es importante el análisis de las posibles pérdidas en las cuatro dimensiones.

- Dimensión física: Infraestructura
- Dimensión Económica: agricultura, industria, comercio, turismo, transporte, comunicaciones y energía.
- Dimensión Ambiental: recursos naturales renovables y no renovables.
- Dimensión Social: educación, salud y población.

A. Dimensión física

Tabla 12 Número de elementos expuestos.

Parámetro	
1	Infraestructura en general (red de agua)
2	Material estructural predominante
3	Tipo de material (Red primaria y secundaria de agua potable)

B. Dimensión económica

Tabla 13 Número de servicios expuestos.

Parámetro	
1	Servicios prestados para abastecer de agua potable
2	Servicios prestados para el sector energía
3	Producción agropecuaria
4	Servicio prestado por el sector transporte y comunicación
5	Comercio, industria y servicios
6	Servicios de telecomunicación
7	Turismo

C. Dimensión ambiental

Tabla 14 Número de elementos expuestos.

Parámetro	
1	Deforestación
2	Especies de flora y fauna por área geográfica expuestas
3	Perdida de suelo
4	Pérdida de fuentes de agua

D. Dimensión social

Tabla 15 Número de elementos expuestos.

Parámetro	
1	Población usuaria
2	Nivel de organización
3	Conocimiento en actividades de conservación del sistema

3.4.2. Análisis de la vulnerabilidad

El análisis de vulnerabilidad permite determinar el nivel de exposición y a su vez el de predisposición a sufrir pérdidas y daños de los componentes de la red de agua ante un peligro específico.

3.4.2.1. Factores de la vulnerabilidad (Figura 19).

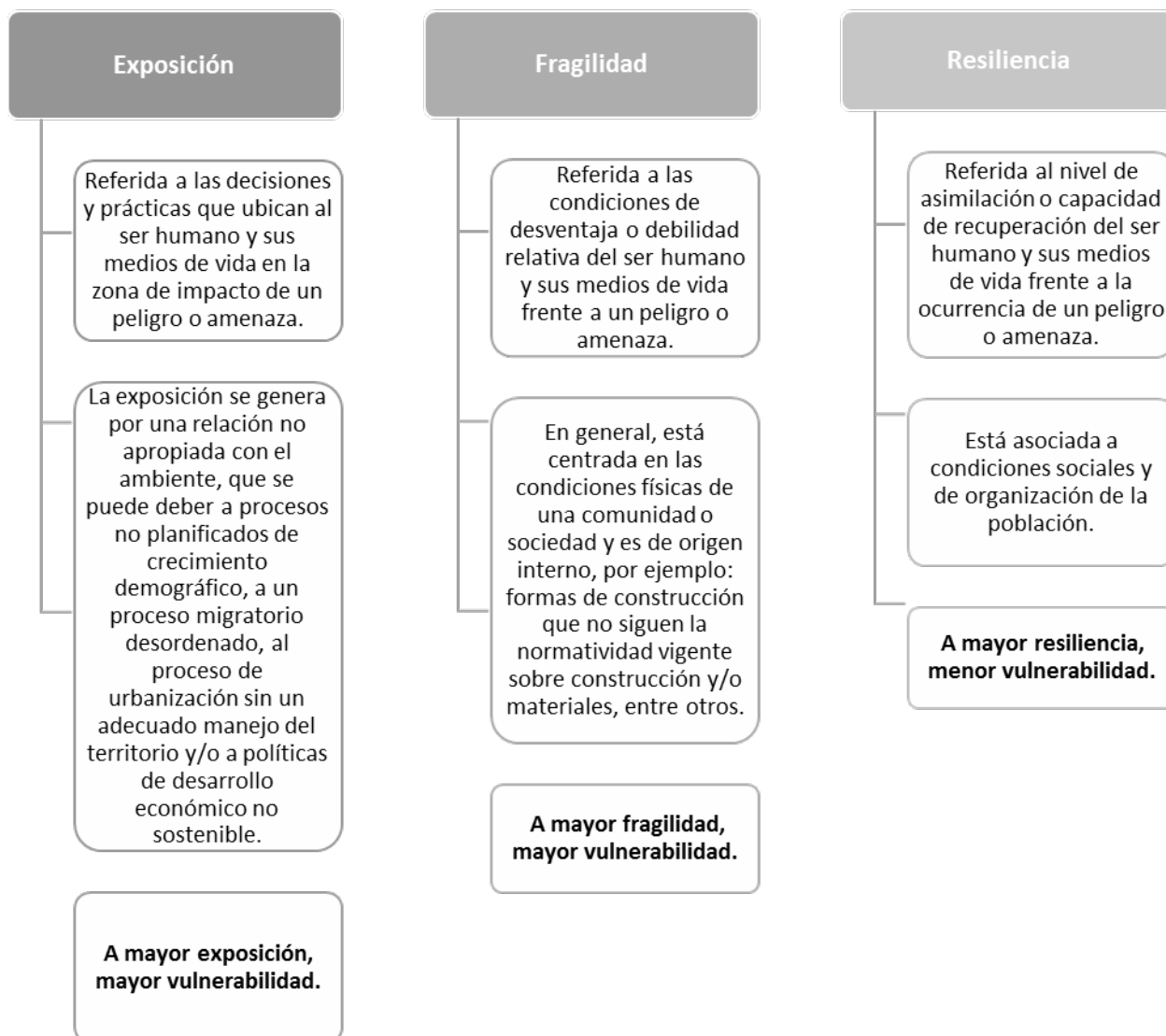


Figura 19: Factores de la vulnerabilidad.

FUENTE: (CENEPRED, 2018).

3.4.2.2. Análisis de los factores de la vulnerabilidad

Para poder realizar un análisis adecuado de los factores que tiene la vulnerabilidad, se realiza lo siguiente:

- Se identifica y cuantifica los elementos expuestos ubicados en el área potencial de impacto del peligro.

- Posteriormente se procede a realizar el análisis de los otros dos factores de la vulnerabilidad (fragilidad y resiliencia), para lo cual se establecen en las dimensiones Físico, Social, Económico y Ambiental (Figura 20).
- En este análisis se identifican los descriptores y parámetros de los factores de fragilidad y resiliencia, en cada una de las dimensiones.



Figura 20: Análisis de los factores de la vulnerabilidad en dimensiones.

FUENTE: (CENEPRED, 2018).

3.4.2.3. Evaluación de las dimensiones de vulnerabilidad

El análisis de vulnerabilidad de los sistemas permite identificar los componentes más vulnerables y críticos (Figura 21 y 22).

Para ello también es importante:

- Cuantificar la capacidad útil remanente de cada componente y subsistema para operar en determinada condición, considerando cantidad, calidad y continuidad.
- Estimar la capacidad organizativa de la población expuesta a prevenir, prepararse y recuperarse ante cualquier desastre.
- Determinar medidas de prevención y reducción para prevenir y revertir el impacto del peligro en la red agua; tanto en aspectos administrativos y operativos como físicos.

ANÁLISIS DE FRAGILIDAD: El análisis de la fragilidad del sistema de abastecimiento de agua potable expuesto puede ser de tipo:	Fragilidad Social. Considera el análisis de parámetros que identifiquen cuan débil estaría el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado a nivel de los usuarios: población y otros usuarios frente al impacto de algún evento.
	Fragilidad Económica. Considera el análisis de parámetros que identifiquen cuan débil económicamente estaría el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado a nivel de los gastos de mantenimiento y funcionamiento entre otros frente al impacto de algún evento y también cuan débil está la infraestructura de dichos sistemas.
	Fragilidad Ambiental. Considera el análisis de parámetros que identifiquen cuan débil estaría los recursos naturales: suelo, agua, aire, flora, y fauna silvestre entre otros en el entorno del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado frente al impacto de algún evento y también cuan débil está la infraestructura de dichos sistemas.
	Fragilidad Física. Considera el análisis de parámetros que identifiquen cuan débil estaría la infraestructura del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillados frente al impacto de algún evento.

Figura 21: Análisis de fragilidad.

Fuente: (CENEPRED, 2018).

ANÁLISIS DE RESILIENCIA: El análisis de la resiliencia del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado expuesto puede ser de tipo:	Resiliencia Social. Considera el análisis de parámetros que identifiquen y midan cuan sólido, es la cualidad humana de la población expuesta presente en todo tipo de situaciones difíciles y contextos desfavorecidos como desastres y sirve para hacerlos frente y salir fortalecido e incluso transformado de la experiencia con un adecuado nivel de organización y de resurgimiento ante el probable impacto de un evento adverso en el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado.
	Resiliencia Económica. Considera el análisis de parámetros que identifiquen y midan cuan sólido y adecuado nivel de organización y de resurgimiento estaría a nivel de los usuarios elementos expuestos de la dimensión social el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado a nivel de los gastos de mantenimiento y funcionamiento e infraestructura entre otros ante el probable impacto de algún evento
	Resiliencia Ambiental. Considera el análisis de parámetros que identifiquen y midan cuan sólido estaría el recurso hídrico y otros recursos naturales en relación al sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado entre otros ante el probable impacto de algún evento.
	Resiliencia Física. Considera el análisis de parámetros que identifiquen y midan cuan sólido y adecuado nivel de aplicabilidad de normativa de construcción y resistencia de la infraestructura en general ante el impacto de algún evento adverso.

Figura 22: Análisis de Resiliencia.

Fuente: (CENEPRED, 2018).

3.4.2.4. Obtención de niveles de vulnerabilidad

Con la información de la exposición, análisis de fragilidad y análisis de resiliencia, se determinan la vulnerabilidad del elemento expuesto susceptible en este caso el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable clasificándose de acuerdo a:

- Vulnerabilidad Social.
- Vulnerabilidad Económica.
- Vulnerabilidad Ambiental.
- Vulnerabilidad Física.

A través de la suma total de la vulnerabilidad social, vulnerabilidad económica, vulnerabilidad ambiental y vulnerabilidad física obtenidas, se obtiene la vulnerabilidad total expuesto para luego, se determinan los niveles de vulnerabilidad, clasificándose de acuerdo a:

- Nivel de Vulnerabilidad Muy Alta.
- Nivel de Vulnerabilidad Alta.
- Nivel de Vulnerabilidad Media.
- Nivel de Vulnerabilidad Baja.

3.4.2.5. Análisis de vulnerabilidad de la red de distribución de agua potable

El análisis de la vulnerabilidad se realiza mediante el análisis de exposición, fragilidad y resiliencia, en las dimensiones: Física, Social, Ambiental y Económica (Figura 23, 24, 25 y 26).

DIMENSIÓN FÍSICA	Parámetros de fragilidad física	– Estado de conservación de infraestructura.
		– Antigüedad de la infraestructura.
		– Estado de limpieza de infraestructura
Está referida a la exposición, fragilidad y resiliencia de la infraestructura de las redes de distribución de agua potable.	Parámetros de resiliencia física:	– Tipo de material
		– Configuración estructural
		– Diseño de obra
	Parámetros de exposición física	– Estado de obra de protección.
		– Mantenimiento del sistema (obras y equipamiento).
		– Operación del sistema.
		– Disponibilidad de sistemas de monitoreo y control. Seguros de infraestructura y equipamiento.
		– Nivel de exposición o ubicación o cercanía a áreas de peligro.
		– Ubicación en zona de alta variabilidad climática.

Figura 23: Dimensión Física.

Fuente: (CENEPRED, 2018).

DIMENSIÓN AMBIENTAL	Parámetros de fragilidad ambiental:	- Estado de fuente de agua.
		- Volumen de agua útil de captación.
		- Estado de suelo donde se encuentra infraestructura.
		- Estado de caudal afluente.
Está referida a la exposición, fragilidad y resiliencia del recurso agua, su entorno, el ecosistema, suelo, aire entre otros que interactúan con las redes de distribución de agua potable.	Parámetros de resiliencia ambiental:	- Estado de caudal efluente.
		- Variabilidad climática de lluvias.
		- Flora y fauna silvestre en cuenca.
		- Conocimiento de conservación ambiental.
		- Aplicación de normativa ambiental.
		- Tenencia de certificados de calidad.
		- Obras para siembra del agua.
		- Reforestación.
	Parámetros de exposición ambiental:	- Actividades de protección de cuenca.
		- Tener un plan de prevención del riesgo de desastres.
		- Tener un plan de remediación ambiental.
		- Actividades de reforestación.
		- Gestión adecuada de residuos.
		- Conocimiento en manejo de cuencas.
		- Actividades de adaptación al cambio climático.
		- Manejo de pasivos ambientales.
- Nivel de seguridad en sanidad animal silvestre y sanidad vegetal de flora silvestre.		
		- Cercanía a áreas naturales protegidas.
		- Cercanía a zonas de reserva natural.

Figura 24: Dimensión ambiental.

Fuente: (CENEPRED, 2018).

DIMENSIÓN SOCIAL Está referida a la Exposición, Fragilidad y Resiliencia de la población y personal en el entorno del componente de redes de agua potable.	Parámetros de fragilidad social:	<ul style="list-style-type: none"> – Nivel de organización. – Calidad del servicio. – Calidad del agua (salubridad, etc.). – Población (Grupo de edades). – No tener acceso al servicio de agua potable. – Nivel de gasto de agua para el usuario sin servicio. – Nivel de migración. – Nivel de asentamiento poblacional. – Nivel de racionamiento del servicio de agua potable.
	Parámetros de resiliencia social:	<ul style="list-style-type: none"> – Estado de salud pública de población en el entorno y usuarios – Conocimiento de gestión de riesgos de desastres. – Aptitud frente al riesgo. – Nivel de capacitación en cuidado de agua. – Nivel de organización para cuidado de agua. – Nivel de acceso al servicio público de abastecimiento de agua potable. – Nivel de cuidado y mantenimiento de instalaciones domiciliarias. – Desconocimiento de reciclaje de agua. – Nivel de existencia de actividades para comunicación social. – Personal de operación y mantenimiento capacitado en gestión de riesgos de desastres. – Nivel de seguridad en salud y protección del trabajador.

Figura 25: Dimensión social.

Fuente: (CENEPRED, 2018).

DIMENSIÓN ECONÓMICA Está referida a la Exposición, Fragilidad y Resiliencia de los medios de vida de la población y su entorno del componente de captación del sistema de abastecimiento de agua potable.	Parámetros de fragilidad económica:	<ul style="list-style-type: none"> – Gasto de las familias por enfermedades de origen hídrico. – Demanda per cápita de agua. – Consumo per cápita de agua. – Costo de tarifa de agua.
	Parámetros de resiliencia económica:	<ul style="list-style-type: none"> – Actividad económica. – Cultura de pago por servicio de agua potable. – Las familias sin servicio, una vez conectados, gastan menos por agua potable presentando ahorros.

Figura 26: Dimensión económica.

Fuente: (CENEPRED, 2018).

3.4.2.6. Determinación de los parámetros de fragilidad y resiliencia de las dimensiones de la vulnerabilidad

Para ello, se determinan los parámetros y descriptores de Fragilidad y Resiliencia y luego se realiza la ponderación de Análisis Jerárquico o de Saaty para determinar los valores de vector de priorización.

A. Vulnerabilidad física de las redes de distribución de agua potable

Tabla 16 Fragilidad Física.

FRAGILIDAD FÍSICA		
	Parámetro	Parámetro
Parámetro	Estado de conservación	Antigüedad de infraestructura
Descriptores	Muy Malo	Más de 50 años
	Malo	Entre 40 a 50 años
	Regular	Entre 30 a 40 años
	Bueno	Entre 20 a 30 años
	Muy Bueno	Menor a 20 años

Tabla 17 Resiliencia física.

RESILIENCIA FISICA		
	Parámetro	Parámetro
Parámetro	Estado de obra de protección	Mantenimiento del sistema
Descriptores	No tiene obras de protección	Muy Malo
	Deteriorada	Malo
	Con obra inconclusa	Regular
	Obra en estado regular	Bueno
	Obra en estado óptimo	Muy Bueno

B. Vulnerabilidad ambiental de las redes de distribución de agua potable

Tabla 18 Fragilidad ambiental.

Fragilidad ambiental	
	Parámetro
Descriptores	Estado del suelo
	Deslizable
	Muy suelto
	Suelto
	Rocoso
	Compacto

Tabla 19 Resiliencia ambiental.

Resiliencia ambiental	
	Parámetro
Descriptores	Actividad de conservación ambiental
	Ninguna
	Mínima
	Eventual
	Frecuente
	Aplica siempre

C. Vulnerabilidad social de las redes de distribución de agua potable

Tabla 20 Fragilidad social.

Fragilidad social	
	Parámetro
Descriptores	Nivel de organización
	Muy deficiente
	deficiente
	Regular
	Bueno
	Muy Bueno

Tabla 21 Resiliencia social.

Resiliencia social	
	Parámetro
Descriptores	Población aplica conservación de sistema
	Nunca aplica
	Rara vez aplica
	Aplica
	Frecuentemente aplica
	Siempre aplica

D. Vulnerabilidad económica de las redes de distribución de agua potable

Tabla 22 Fragilidad económica.

FRAGILIDAD ECONÓMICA	
	Parámetro
Descriptores	Ingresos vs Costo de tarifa por agua potable
	Ingresos no cubren costo de tarifa
	Ingresos cubren hasta un 25 % del costo de tarifa
	Ingresos cubren hasta un 50 % del costo de tarifa
	Ingresos cubren Hasta un 75 % del costo de tarifa
	Ingresos cubren costo de tarifa

Tabla 23 Resiliencia económica.

RESILIENCIA ECONÓMICA	
	Parámetro
Descriptores	Ahorro por gasto de agua
	Mu bajo nivel
	Bajo nivel
	Regular nivel
	Alto nivel
	Muy alto

3.4.2.7. Determinación del nivel de vulnerabilidad

Para determinar los niveles de vulnerabilidad se debe conocer los parámetros y descriptores de Fragilidad y Resiliencia, luego se realiza la ponderación de Análisis Jerárquico o de Saaty para determinar los valores de vector de priorización.

Tabla 24 Niveles de vulnerabilidad.

Para redes de distribución de agua potable	
Nivel de riesgo	Rango
Muy alto	$0.072 \leq R < 0.192$
Alto	$0.022 \leq R < 0.072$
Medio	$0.007 \leq R < 0.022$
Bajo	$0.002 \leq R < 0.007$

3.4.3. Cálculo del riesgo

El cálculo del riesgo es relacionar el peligro y la vulnerabilidad con el fin de determinar los niveles del riesgo ante un determinado peligro que se encuentre expuesto la red de agua.

Esto permite determinar las acciones y procedimientos adecuados para identificar los peligros y la vulnerabilidad de todos los elementos expuestos que permitan determinar la estratigrafía del riesgo.

3.4.3.1. Determinación del nivel de riesgo

Los niveles de riesgos se obtienen de multiplicar o relacionar los niveles de peligro con los niveles de vulnerabilidad del elemento expuesto.

Tabla 25 Niveles de Riesgo.

Para redes de distribución de agua potable	
Nivel de riesgo	Rango
Muy alto	$0.072 \leq R < 0.192$
Alto	$0.022 \leq R < 0.072$
Medio	$0.007 \leq R < 0.022$
Bajo	$0.002 \leq R < 0.007$

3.4.3.2. Matriz de riesgos

La matriz de riesgos se obtiene de relacionar los niveles de peligro y vulnerabilidad.

Tabla 26 Matriz de riesgos (textual).

MATRIZ DE RIESGOS				
Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Ato	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Medio
NIVEL	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

Tabla 27 Matriz de Riesgos.

PMA	0.458	0.042	0.075	0.124	0.192
PA	0.267	0.025	0.044	0.072	0.112
PM	0.133	0.012	0.022	0.036	0.056
PB	0.071	0.007	0.012	0.019	0.030
		0.092	0.163	0.270	0.419
		VB	VM	VA	VMA

3.5. Procesamientos y análisis de datos

3.5.1. Determinación del nivel de peligrosidad

3.5.1.1. Identificación de peligros

Se han identificado los siguientes peligros:

Peligro	:	Sismos
Tipo	:	Peligros generados por fenómenos de origen natural
Origen	:	Geodinámica interna
Peligro	:	Deslizamientos
Tipo	:	Peligros generados por fenómenos de origen natural
Origen	:	Geodinámica externa

3.5.1.2. Evaluación de peligrosidad para sismos

A. Ponderación de los parámetros del peligro de sismo

Se indican los parámetros considerados como parte importante en el cálculo del nivel de peligrosidad sísmica:

I. Pesos ponderados de los parámetros de evaluación del sismo

Se han seleccionado los parámetros: Magnitud de sismo, Intensidad de sismo y Aceleración Natural del suelo, Los valores (pesos) resultaron mediante el PAJ.

Para el análisis de los peligros, se utilizó el análisis multicriterio, denominado proceso jerárquico, que desarrolla el cálculo de los pesos ponderados de los parámetros que caracterizan el peligro cuyo resultado busca indicar la importancia relativa de comparación de parámetros.

Tabla 28 Pesos ponderados de los parámetros de evaluación del peligro sismo.

PARÁMETROS	PESO
MAGNITUD	0.283
INTENSIDAD	0.643
ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO	0.074

a. Pesos ponderados de los descriptores por cada parámetro

Tabla 29 Magnitud de sismo.

DESCRIPTORES	PARÁMETRO	MAGNITUD DEL SISMO	PESO	
			PONDERADO: 0.283	
	M1	Mayor a 8.0: grandes terremotos.	MP1	0.503
	M2	6.0 a 7.9: Sismo mayor.	MP2	0.260
	M3	4.5 a 5.9: Pueden causar daños menores en la localidad.	MP3	0.134
	M4	3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente.	MP4	0.068
	M5	Menor a 3.4: No es sentido en general pero es registrado en sismógrafos.	MP5	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2014).

Tabla 30 Intensidad de sismo.

DESCRIPTORES	PARÁMETRO	INTENSIDAD DEL SISMO	PESO	
			PONDERADO: 0.643	
	I1	XI y XII: Destrucción total, puentes destruidos, grandes grietas en el suelo. Los ondas sísmicas se observan en el suelo y objetos son lanzados al aire.	IP1	0.503
	I2	IX y X: Todos los edificios resultan con daños severos, muchas edificaciones son desplazadas de su cimentación. El suelo resulta considerablemente fracturado.	IP2	0.260
	I3	VI, VII y VIII: Sentido por todos, los muebles se desplazan, daños considerables en estructuras de pobre construcción. Daños ligeros en estructuras de buen diseño.	IP3	0.134
	I4	III, IV y V: Notado por muchos, sentido en el interior de las viviendas, los árboles y postes se balancean.	IP4	0.068
	I5	I y II: Casi nadie lo siente y/o sentido por unas cuantas personas.	IP5	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2014).

Tabla 31 Aceleración natural del suelo.

PARÁMETRO		ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO	PESO PONDERADO: 0.074	
DESCRIPTORES	N1	Menor a 0.05 micrones.	NP1	0.503
	N2	0.05 – 2 micrones.	NP2	0.260
	N3	2 – 5 micrones.	NP3	0.134
	N4	5 – 8 micrones.	NP4	0.068
	N5	8 – 10 micrones.	NP5	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2014).

II. Selección de descriptores para el fenómeno sismo

a. Magnitud del sismo

“A la actualidad existe mucha información científica, que demuestra la existencia de zonas con acumulación de energía sísmica, el área de contacto de las placas tectónicas sudamericana y Nazca. La zona con mayor riesgo a presentar un movimiento telúrico de gran intensidad, es la región central del Perú, se estima que podría generar un sismo de magnitud menor o igual a 8.8 Mw, muy parecido al sismo de 1746” (Instituto Geofísico del Perú, 2014).

El instituto geofísico del Perú – IGP en su publicación “Evaluación del Peligro Sísmico en Perú” publicado en el 2014, señala que para el tipo de sismo producido por fuentes sismogénicas superficiales – Interface, se estima una magnitud máxima de 8.6 Mw. Por lo que se selecciona el parámetro M1: Magnitud de sismos mayor a 8.0 Mw.

Tabla 32 Descriptor de magnitud de sismo seleccionado.

Parámetro	Magnitud del Sismo	Peso ponderado	0.283
M1	Mayor a 8.0: grandes terremotos.	MP1	0.503

b. Intensidad del Sismo

En la publicación “Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú” elaborado por el Instituto Geofísico del Perú – IGP, se presenta el mapa de intensidades máximas para sismos ocurridos durante el periodo 1960 a 2014. Según información, toda la

zona costera del Perú fue afectada con intensidades máximas de VIII. “En general, los sismos que produjeron estos niveles de intensidad en el Perú presentaron magnitudes de 8.0 Mw. para sismos de subducción y de 6.5 Mw. para sismos por fallas geológicas” (Instituto Geofísico del Perú, 2014).

Por lo que se selecciona el descriptor I3 Intensidad VIII con un peso ponderado de IP3: 0.134

Tabla 33 Descriptor de intensidad de sismo seleccionado.

Parámetro	Intensidad del Sismo	Peso Ponderado	0.643
I3	VI, VII y VIII: Sentido por todos, los muebles se desplazan, daños considerables en estructuras de pobre construcción. Daños ligeros en estructuras de buen diseño.	IP3	0.134

c. Aceleración natural del suelo

Según la correlación de la aceleración natural del suelo con la escala Mercalli y parámetros sísmicos, a la intensidad VIII planteada para el presente estudio le corresponde una aceleración de 0.34 a 0.65 g.

Por lo que se selecciona el descriptor N2: 0.05 – 2 micrones.

Escala de Mercalli	Aceleración Sísmica (g)	Velocidad Sísmica (cm/s)	Percepción del temblor	Potencial de daño
I	<0.0017	<0.1	No apreciable	Ninguno
II-III	0.0017-0.014	0.1-1.1	Muy leve	Ninguno
IV	0.014-0.039	1.1-3.4	Leve	Ninguno
V	0.039-0.092	3.4-8.1	Modesto	Muy leve
VI	0.092-0.18	8.1-16	Fuerte	Leve
VII	0.18-0.34	16-31	Muy fuerte	Moderado
VIII	0.34-0.65	31-60	Severo	Moderado a fuerte
IX	0.65-1.24	60-116	Violento	Fuerte

Figura 27: Escala de Mercalli y parámetros sísmicos.

Tabla 34 Descriptor de aceleración natural del suelo seleccionado.

PARÁMETRO	ACERACIÓN NATURAL DEL SUELO	PESO PONDERADO	0.074
N2	0.05 – 2 micrones.	NP2	0.260

B. Susceptibilidad ante los sismos

I. Factores condicionantes

Son parámetros propios del ámbito geográfico; son: relieve, tipo de suelo y uso actual de suelo. Se procedió a realizar el análisis multicriterio para obtener sus pesos ponderados.

Tabla 35 Peso ponderados de los parámetros en la matriz.

PARÁMETRO	PESO PONDERADO
TIPO DE SUELO	0.568
RELIEVE	0.334
USO ACTUAL DE SUELO	0.098

a. Descriptores por parámetro condicionante

Tabla 36 Relieve.

PARÁMETRO	RELIEVE	PESO PONDERADO	0.145	
DESCRIPTORES	CO1	Abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares.	COP1	0.503
	CO2	El relieve de esta región es diversa conformado en su mayor parte por mesetas y abundantes lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y lagunas.	COP2	0.260
	CO3	Relieve rocoso, escarpado y empinado el ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos.	COP3	0.134
	CO4	Relieve muy accidentado con valles estrechos y quebradas profundas, numerosas estribaciones andinas. Zona de huaycos. Generalmente montañoso y complejo.	COP4	0.068
	CO5	Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica.	COP5	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2014).

Tabla 37 Tipo de suelo.

PARÁMETRO		TIPO DE SUELO	PESO PONDERADO: 0.515	
DESCRIPTORES	CO6	Rellenos sanitarios.	COP6	0.503
	CO7	Arena eólica y/o limo (con agua).	COP7	0.260
	CO8	Arena eólica y/o limo (sin agua).	COP8	0.134
	CO9	Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial.	COP9	0.068
	CO10	Afloramiento rocoso y estratos de grava.	COP10	0.035

FUENTE: (Instituto Geofísico del Perú, 2014).

Tabla 38 Uso actual de suelos.

PARÁMETRO		USO ACTUAL DE SUELOS	PESO PONDERADO: 0.340	
DESCRIPTORES	CO11	Áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirven para su normal funcionamiento.	COP11	0.503
	CO12	Terrenos cultivados permanentes como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc. Zonas cultivables que se encuentren en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por periodos determinados.	COP12	0.260
	CO13	Plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa boscosa, para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc.	COP13	0.134
	CO14	Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del periodo del año y asociada a la presencia de lluvias.	COP14	0.068
	CO15	Sin uso / improductivos, no pueden ser aprovechadas para ningún tipo de actividad.	COP15	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2014).

b. Selección de descriptores para los factores condicionantes

– Relieve

En general el distrito presenta un relieve con pendiente, por lo que para caracterizar a susceptibilidad seleccionamos el descriptor CO4.

Tabla 39 Descriptor de relieve seleccionado.

PARAMETRO	RELIEVE	PESO	0.334
		PONDERADO	
CO4	Relieve muy accidentado con valles estrechos y quebradas profundas, numerosas estribaciones andinas. Zona de huaycos. Generalmente montañoso y complejo.	COP4	0.068

– Tipo de Suelo

Encontramos dos zonas diferenciadas, una con afloramiento rocoso al que le correspondería el descriptor CO8.

Tabla 40 Descriptor de tipo de suelo seleccionado.

PARAMETRO	TIPO DE SUELO	PESO	0.515
		PONDERADO	
CO8	Arena eólica y/o limo (sin agua).	COP8	0.134

– Uso actual de suelo

Tabla 41 Descriptor de uso actual de suelos seleccionado.

Parámetro	USO ACTUAL DE SUELOS	Peso	0.340
		Ponderado	
CO11	Areas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirven para su normal funcionamiento.	COP11	0.503

II. Factores desencadenantes

Son parámetros que desencadenan eventos o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico.

Tabla 42 Peso ponderados de los parámetros en la matriz.

PARAMETRO	PESO PONDERADO
Hidrometeorológicos	0.106
Geológico	0.260
Inducido por el ser humano	0.633

a. Descriptores por parámetro condicionante

Tabla 43 Hidrometeorológicos.

PARÁMETRO	HIDROMETEOROLÓGICOS	PESO PONDERADO: 0.106	
DESCRIPTORES	DE1	Lluvias	DEP1 0.503
	DE2	Temperatura	DEP2 0.260
	DE3	Viento	DEP3 0.134
	DE4	Humedad del aire	DEP4 0.068
	DE5	Brillo solar	DEP5 0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2014).

Tabla 44 Geológico.

PARÁMETRO	GEOLÓGICO	PESO PONDERADO: 0.260	
DESCRIPTORES	DE6	Colisión de placas tectónicas.	DEP1 0.503
	DE7	Zonas de actividad volcánica.	DEP2 0.260
	DE8	Fallas geológicas.	DEP3 0.134
	DE9	Movimientos en masas.	DEP4 0.068
	DE10	Desprendimiento de grandes bloques (rocas, hielo, etc.)	DEP5 0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2014).

Tabla 45 Inducido por acción humana.

PARÁMETRO		INDUCIDO POR EL SER HUMANO	PESO PONDERADO:	
			0.633	
DESCRIPTORES	DE11	Actividades económicas.	DEP11	0.503
	DE12	Sobre explotación de recursos naturales.	DEP12	0.260
	DE13	Infraestructura.	DEP13	0.134
	DE14	Asentamientos humanos.	DEP14	0.068
	DE15	Crecimientos demográficos.	DEP15	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2014).

b. Selección de descriptores para el factor desencadenante

Tabla 46 Factor desencadenante hidrometeorológicos.

Parámetro	Hidrometeorológicos	Peso Ponderado	0.106
DE4	Humedad del aire	DEP4	0.068

Tabla 47 Factor desencadenante geológico .

Parámetro	Geología	Peso Ponderado	0.260
DE6	Colisión de placas tectónicas.	DEP6	0.503

Tabla 48 Factor desencadenante Inducido por el ser humano.

Parámetro	Inducido por el ser humano	Peso ponderado	0.633
DE14	Asentamientos humanos.	DEP4	0.068

C. Nivel de susceptibilidad por sismos

Se procedió a calcular el valor de la susceptibilidad de acuerdo al manual del CENEPRED, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 49 Factor condicionante.

Factores condicionantes						Valor
Relieve		Tipo de suelo		Uso actual de suelo		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.334	0.068	0.515	0.134	0.340	0.503	0.2627

Tabla 50 Factor desencadenante.

Factores desencadenante						Valor
Hidrometeorológicos		Geología		Inducido por el ser humano		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.106	0.068	0.260	0.503	0.633	0.068	0.1810

Tabla 51 Nivel de susceptibilidad.

Susceptibilidad				
Factor condicionante		Factor desencadenante		Valor
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.2627	0.5	0.1810	0.5	0.2218

D. Cálculo del nivel de peligro por sismo

En primera instancia se calcula el valor del peligro Sismo, mediante la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^n Fenómeno_i \times Descriptor_i = Valor$$

Tabla 52 Peligro por sismo.

Peligro por sismo						
Magnitud		Intensidad		Aceleración natural		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.283	0.503	0.643	0.134	0.074	0.260	0.2477

Tabla 53 Peligrosidad por sismo.

Peligrosidad por sismo				
Susceptibilidad		Peligro		Valor
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.2218	0.5	0.2477	0.5	0.2347

E. Rango de niveles de peligrosidad

Tabla 54 Rango de Peligrosidad por Sismo.

NIVELES DE PELIGROSIDAD POR SISMO			
MUY ALTO	0.260	R	0.505
ALTO	0.133	R	0.260
MEDIO	0.068	R	0.133
BAJO	0.034	R	0.068

3.5.1.3. Evaluación de peligrosidad para deslizamiento

A. Ponderación de los parámetros de evaluación para el peligro deslizamiento

Se indican los parámetros considerados como parte importante en el cálculo de nivel de peligrosidad por deslizamiento:

Tabla 55 Pesos ponderados peligro por deslizamiento.

PARAMETRO	PESO PONDERADO
Textura de suelo	0.306
Pendiente	0.548
Erosión	0.146

I. Peso ponderados de los descriptores por cada parámetro

a. Pesos ponderados de los descriptores por cada parámetro

Tabla 56 Textura del suelo.

PARÁMETRO		TEXTURA DEL SUELO	PESO PONDERADO: 0.306	
DESCRPTORES	TT1	Finas: Suelos arcillosos (arcilloso arenoso, arcilloso limonoso, arcilloso)	TTP1	0.503
	TT2	Moderadamente fina: Suelos francos (franco arcilloso, franco limonoso arcilloso y/o franco limonoso arcilloso)	TTP2	0.260
	TT3	Mediana: Suelos francos (franco, franco limonoso y/o limonoso)	TTP3	0.134
	TT4	Moderadamente gruesa: Suelos francos (franco arenoso)	TTP4	0.068
	TT5	Gruesa: Suelos arenosos (arenosos, franco arenosos)	TTP5	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2014).

Tabla 57 Pendiente.

PARÁMETRO		PENDIENTE	PESO PONDERADO: 0.548	
DESCRPTORE S	P1	30° a 40°	PP1	0.503
	P2	25° a 45°	PP2	0.260
	P3	20° a 30°	PP3	0.134
	P4	10° a 20°	PP4	0.068
	P5	Menor a 5°	PP5	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2014).

Tabla 58 Erosión.

PARÁMETRO		EROSIÓN	PESO PONDERADO: 0.146	
DESCRIPTORES	ER1	Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas)	ERP1	0.503
	ER2	Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	ERP2	0.260
	ER3	Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa a materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados.	ERP3	0.134
	ER4	Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturadas.	ERP4	0.068
	ER5	Laderas con substrato rocoso no meteorizado. Se pueden presentar inestabilidades en las laderas adyacentes a los ríos y quebradas, por socavamiento y erosión.	ERP5	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2014).

II. Selección de descriptores para el peligro deslizamiento

a. Textura de Suelo

Tabla 59 Descriptor de textura de suelo seleccionado.

PARÁMETRO	TEXTURA DEL SUELO	PESO PONDERADO	0.0306
TT3	Mediana: Suelos francos (franco, franco limonoso y/o limonoso)	TTP3	0.134

b. Pendiente

Tabla 60 Descriptor de pendiente seleccionado.

PARÁMETRO	PENDIENTE	PESO PONDERADO	0.548
P4	10° a 20°	PP4	0.068

c. Erosión

Tabla 61 Descriptor de parámetro erosión seleccionado.

PARÁMETRO	EROSIÓN	PESO PONDERADO	0.146
ER2	Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	ERP2	0.260

B. Susceptibilidad ante los deslizamientos

I. Factor condicionante

Se ha seleccionado como factor condicionante los siguientes parámetros: en primer lugar, el tipo de suelo, seguido del relieve y por último uso actual de suelo.

Tabla 62 Peso ponderados de los parámetros en la matriz por factor condicionante.

PARAMETRO	PESO PONDERADO
Tipo de suelo	0.568
Relieve	0.334
Uso actual de suelo	0.098

II. Factor desencadenante

Son eventos o sucesos que generan un peligro en un área geográfica específica.

Tabla 63 Peso ponderados de los parámetros en la matriz por factor desencadenante.

PARAMETRO	PESO PONDERADO
HIDROMETEOROLOGICOS	0.106
GEOLOGICO	0.260
INDUCIDO POR EL SER HUMANO	0.633

C. Nivel de Susceptibilidad por deslizamiento

Se procedió a calcular el valor de la susceptibilidad, de acuerdo al manual de CENEPRED, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 64 Factor condicionante.

Factores condicionantes							Valor
Relieve		Tipo de suelo		Uso actual de suelo			
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor		
0.334	0.068	0.515	0.134	0.340	0.503	0.2627	

Tabla 65 Factor desencadenante.

Factores desencadenante							Valor
Hidrometeorológicos		Geología		Inducido por el ser humano			
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor		
0.106	0.068	0.260	0.503	0.633	0.068	0.1810	

Tabla 66 Cálculo nivel de susceptibilidad.

Susceptibilidad				
Factor condicionante		Factor desencadenante		Valor
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.2627	0.5	0.1810	0.5	0.2218

D. Cálculo del nivel de peligro por deslizamiento

En primera instancia se calcula el valor del peligro derrumbes, mediante la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^n Fenómeno_i \times Descriptor_i = Valor$$

Tabla 67 Peligro por deslizamiento.

Peligro por deslizamiento						
Textura del suelo		Pendiente		Erosión		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.0306	0.134	0.548	0.068	0.146	0.260	0.079

Tabla 68 Peligrosidad por deslizamiento.

Peligrosidad por deslizamiento				
Susceptibilidad		Peligro		Valor
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.2218	0.5	0.079	0.5	0.150

E. Rango de niveles de peligrosidad

Tabla 69 Rango de peligrosidad por deslizamiento.

NIVELES DE PELIGROSIDAD POR DESLIZAMIENTO			
MUY ALTO	0.198	R	0.384
ALTO	0.102	R	0.198
MEDIO	0.052	R	0.102
BAJO	0.027	R	0.052

3.5.1.4. Identificación de elementos expuestos

Según la información recolectada en campo, se consideró los siguientes parámetros.

A. Dimensión física

Tabla 70 Número de elementos expuestos.

	Parámetro	Cantidad
1	Infraestructura en general (red de agua)	Cerrada
2	Material estructural predominante	PVC
3	Tipo de material (Red primaria y secundaria de agua potable)	PVC

B. Dimensión económica

Tabla 71 Número de servicios expuestos.

	Parámetro	Cantidad
1	Servicios prestados para abastecer de agua potable	EPS
2	Servicios prestados para el sector energía	ELECTROSUR
3	Servicio prestado por el sector transporte y comunicación	PYMES
4	Comercio, industria y servicios	PYMES
5	Servicios de telecomunicación	INTERNET

C. Dimensión ambiental

Tabla 72 Número de elementos expuestos.

	Parámetro	Cantidad
1	Especies de flora y fauna por área geográfica expuestas	80%
2	Perdida de suelo	30%

D. Dimensión social

Tabla 73 Número de elementos expuestos.

	Parámetro	Cantidad
1	Población usuaria	85%
2	Nivel de organización	Bajo
3	Conocimiento en actividades de conservación del sistema	Deficiente

3.5.2. Determinación de vulnerabilidades

Los niveles de vulnerabilidad se determinan por componente del sistema de agua potable. Para ello, se determinan los parámetros y descriptores de fragilidad y resiliencia y luego se realiza la ponderación de análisis Jerárquico o de Saaty para determinar los valores de vector de priorización.

3.5.2.1. Cálculo de la vulnerabilidad física de la red de agua

Tabla 74 Fragilidad física.

FRAGILIDAD FISICA			
Parámetro	0.5	Parámetro	0.5
Estado de conservación	Vector priorización	Antigüedad de infraestructura	Vector priorización
Muy Malo	0.416	Más de 50 años	0.409
Malo	0.262	Entre 40 a 50 años	0.285
Regular	0.161	Entre 30 a 40 años	0.156
Bueno	0.099	Entre 20 a 30 años	0.092
Muy Bueno	0.062	Menor a 20 años	0.059

Tabla 75 Descriptores seleccionados de fragilidad física.

Fragilidad física				
Estado de conservación		Antigüedad de infraestructura		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.5	0.262	0.5	0.059	0.161

Tabla 76 Resiliencia física.

RESILIENCIA FÍSICA			
Parámetro	0.5	Parámetro	0.5
Estado de obra de protección	Vector priorización	Mantenimiento del sistema	Vector priorización
No tiene obras de protección	0.423	Muy Malo	0.406
Deteriorada	0.269	Malo	0.282
Con obra inconclusa	0.157	Regular	0.166
Obra en estado regular	0.096	Bueno	0.090
Obra en estado óptimo	0.056	Muy Bueno	0.056

Tabla 77 Descriptores seleccionados de resiliencia física.

Resiliencia física				
Estado de obra de protección		Mantenimiento del sistema		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.5	0.423	0.5	0.282	0.353

Tabla 78 Dimensión física.

Dimensión física				
Fragilidad física		Resiliencia física		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.5	0.161	0.5	0.353	0.257

3.5.2.2. Cálculo de la vulnerabilidad ambiental de la red de agua

Tabla 79 Fragilidad ambiental.

Fragilidad ambiental	
Parámetro	0.5
Estado del suelo	Vector priorización
Deslizable	0.413
Muy suelto	0.272
Suelto	0.159
Rocoso	0.097
Compacto	0.059

Tabla 80 Resiliencia ambiental.

Resiliencia ambiental	
Parámetro	0.5
Actividad de conservación ambiental	Vector de priorización
	n
Ninguna	0.470
Mínima	0.242
Eventual	0.161
Frecuente	0.076
Aplica siempre	0.050

Tabla 81 Dimensión ambiental.

Dimensión ambiental				
Fragilidad ambiental		Resiliencia ambiental		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.5	0.413	0.5	0.242	0.328

3.5.2.3. Cálculo de la vulnerabilidad social de la red de agua

Tabla 82 Fragilidad social.

FRAGILIDAD SOCIAL	
Parámetro	0.5
Nivel de organización	Vector priorización
Muy deficiente	0.403
deficiente	0.278
Regular	0.180
Bueno	0.084
Muy Bueno	0.055

Tabla 83 Resiliencia social.

RESILIENCIA SOCIAL	
Parámetro	0.5
Población aplica conservación de sistema	Vector priorización
Nunca aplica	0.420
Rara vez aplica	0.266
Aplica	0.156
Frecuentemente aplica	0.106
Siempre aplica	0.052

Tabla 84 Dimensión social.

Dimensión social				
Fragilidad social		Resiliencia social		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.5	0.403	0.5	0.420	0.412

3.5.2.4. Cálculo de la vulnerabilidad económica de la red de agua

Tabla 85 Fragilidad económica.

Fragilidad económica	
Parámetro	0.5
Ingresos vs Costo de tarifa por agua potable	Vector de priorización
Ingresos no cubren costo de tarifa	0.403
Ingresos cubren hasta un 25 % del costo de tarifa	0.278
Ingresos cubren hasta un 50 % del costo de tarifa	0.180
Ingresos cubren Hasta un 75 % del costo de tarifa	0.084
Ingresos cubren costo de tarifa	0.055

Tabla 86 Resiliencia económica.

Resiliencia económica	
Parámetro	0.5
Ahorro por gasto de agua	Vector de priorización
Muy bajo nivel	0.423
Bajo nivel	0.269
Regular nivel	0.157
Alto nivel	0.096
Muy alto	0.56

Tabla 87 Dimensión económica.

Dimensión económica				
Fragilidad económica		Resiliencia económica		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.5	0.180	0.5	0.423	0.302

3.5.2.5. Determinación de los niveles de vulnerabilidad de la red de agua

Tabla 88 Determinación del nivel de vulnerabilidad.

PESO DE IMPORTANCIA				VALOR DE VULNERABILIDAD
0.4	0.2	0.2	0.2	
VULNERABILIDAD FÍSICA	VULNERABILIDAD AMBIENTAL	VULNERABILIDAD SOCIAL	VULNERABILIDAD ECONÓMICA	
0.413	0.442	0.411	0.413	0.419
0.274	0.257	0.272	0.273	0.270
0.160	0.160	0.168	0.169	0.163
0.094	0.087	0.095	0.090	0.092
0.058	0.055	0.054	0.055	0.056

Tabla 89 Valor del nivel de vulnerabilidad.

Vulnerabilidad								Valor
Dimensión física		Dimensión ambiental		Dimensión social		Dimensión económica		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.4	0.257	0.2	0.328	0.2	0.412	0.2	0.302	0.311

3.5.2.6. Cálculo del nivel de vulnerabilidad

Tabla 90 Cálculo del nivel de vulnerabilidad.

Por red de agua	
Nivel de vulnerabilidad	Rango
Muy Alta	$0.270 \leq V \leq 0.419$
Alta	$0.163 \leq V \leq 0.270$
Media	$0.092 \leq V \leq 0.163$
Baja	$0.056 \leq V \leq 0.092$

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

3.6. Cálculo de Riesgo

De la integración de ambos conocimientos tanto de la peligrosidad como vulnerabilidad resultará el cálculo o determinación de los niveles del riesgo. Con los niveles de probabilidad de ocurrencia de los peligros identificados y el análisis de vulnerabilidad promedio, se interrelacionarán ambos porcentajes, siendo el nivel estimado del peligro ubicado verticalmente y el nivel de vulnerabilidad promedio ubicado horizontalmente.

Considerando que el cálculo del riesgo se hace con la intersección de los resultados del peligro y la vulnerabilidad podemos determinarlo por la siguiente relación:

$$RIESGO = PELIGROSIDAD * VULNERABILIDAD$$

RIESGO POR SISMO:

$$0.2347 * 0.311 = 0.073$$

RIESGO POR DESLIZAMIENTO:

$$0.150 * 0.311 = 0.047$$

Tabla 91 Niveles de riesgo.

NIVEL DE RIESGO	
Nivel de vulnerabilidad	Rango
Muy Alto (SISMO)	$0.072 \leq V \leq 0.192$
Alto (DESLIZAMIENTO)	$0.022 \leq V \leq 0.072$
Medio	$0.007 \leq V \leq 0.022$
Bajo	$0.002 \leq V \leq 0.007$

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Uno de los primeros estudios integrales realizados en Tacna es el Proyecto INDECI – PNUD PER/02/051 (2004), en la cual se tuvo como producto final diferentes tipos de mapas que contemplaban los peligros y vulnerabilidades de diferentes peligros. Dentro de sus principales conclusiones que tuvo como base las características del suelo, para el Distrito de Ciudad Nueva el peligro del sismo está representado en tres niveles que son alto, medio y bajo, concluyendo que para dicha zona de peligro es de un nivel alto. En la presente investigación, la cual se basa en la aplicación de una evaluación del peligro en la que se presenta parámetros y descriptores, que ya no solo se basa en las características del suelo y añadiendo el análisis de la vulnerabilidad se determinó y constató que para el distrito de Ciudad Nueva la peligrosidad del sismo es MUY ALTO.

Asimismo, en el Proyecto INDECI – PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles - Programa de prevención y medida de mitigación ante desastres de la ciudad de Tacna (2007), se hace una segunda evaluación a la ladera del Cerro Intiorko (distrito de Ciudad Nueva) concluyendo que la zona antigua de dicho distrito es de riesgo medio y la ampliación es de riesgo alto ambos para peligros de origen geológico – geotécnico. En este proyecto se involucra los peligros de origen geológico – geotécnico, clasificación que es muy amplia, que no se define con exactitud que peligro se está estimando. Un estudio adicional que se realiza en el Proyecto de INDECI es el análisis de la vulnerabilidad basándose en ocho tipos, los cuales son ponderados con la misma importancia generando deficiencias en la importancia de las mismas. En nuestra investigación la cual está basada en parámetros y descriptores para determinar el nivel de peligrosidad y contribuyentes para determinar las vulnerabilidades, en donde se evalúa a detalle cada característica de la zona y comportamiento de la población, pero en ambos estudios se corroboró que el peligro sísmico es MUY ALTO y la vulnerabilidad es MUY ALTA.

En la tesis del Ing. Edgar Chura Arocutipa, titulada “Evaluación y propuesta de un plan de gestión del riesgo de origen sísmico en el distrito de Ciudad Nueva – Tacna” (2012), identifica el peligro en Ciudad Nueva basándose en características estructurales y no estructurales de la zona que en resumen podemos concluir que es la evaluación física de las estructuras y la evaluación del comportamiento de las personas. En nuestro estudio dicha evaluación física de las estructuras está enmarcada en lo que hoy se conoce como elementos expuestos y la evaluación del comportamiento de las personas que viene a ser el análisis de la vulnerabilidad, por lo que se puede decir que existe relación entre los parámetros y descriptores en el cual se determina el nivel del peligro

y el nivel de la vulnerabilidad. En ambos casos se concluye que el peligro y la vulnerabilidad son MUY ALTOS.

Así como lo investigado en la tesis titulada “Estudio de suelos para cimentaciones en edificaciones del cono norte de la ciudad de Tacna” 1998, siendo autores Jorge Farah Berrios Manzur y Juan David Silva Aranibar, se determinó la zonificación por capacidad de resistencia portante del suelo de Tacna identificando cuatro zonas que son la zona D con capacidad portante 0.30 kg/cm^2 a 0.50 kg/cm^2 , la zona C con capacidad portante 0.50 kg/cm^2 a 1.0 kg/cm^2 , la zona B con capacidad portante 1.0 kg/cm^2 a 2.0 kg/cm^2 y la zona A con capacidad portante $> 2.0 \text{ kg/cm}^2$. en la cual el distrito de Ciudad Nueva está en la zona D, dichos estudios son la base del Proyecto INDECI – PNUD PER/02/051 (2004) y el Proyecto INDECI – PNUD PER/02/051 - Programa de Prevención y Medida de Mitigación ante Desastres de la Ciudad de Tacna (2007); ambos Proyectos determinan que el peligro es de nivel ALTO basándose solo en el estudio de suelos y la vulnerabilidad de nivel ALTO considerando la organización de la población. Para el presente estudio uno de los parámetros analizados es el estudio del suelo, con lo que corroboramos que en la zona este parámetro es el más importante, asimismo nuevamente se verifica que el peligro y la vulnerabilidad son MUY ALTOS.

Según el informe de evaluación de riesgos por sismos, derrumbes e incendios urbanos del AA.HH. 12 de diciembre – Ventanilla (2016), en la cual se determinó un cálculo del nivel de peligro y se identificó la ubicación de las viviendas son vulnerables que en muchos casos están ubicadas sobre zonas de cortes y rellenos con terraplenes artesanales (pircas y sacos de arena sin ningún cementante visible), lo que los hace susceptibles ante cualquier sismo. También se identificó los parámetros y descriptores para la evaluación de estructuras. En nuestra evaluación también se identificó zonas de corte y relleno por ser similares en la costa del Perú y además se verificó que los parámetros y descriptores para la evaluación del sistema que son diferentes, sin embargo, ambos procedimientos son iguales.

CONCLUSIONES

- Habiendo definido los procedimientos adecuados para la evaluación del riesgo de las redes de agua potable de Ciudad Nueva, se determinó que dichos parámetros de evaluación frente a fenómenos naturales serán: Primero: El nivel de la **peligrosidad** desarrollada por consecuencia de algún tipo de fenómeno natural; se debe determinar los factores condicionantes en los cuales se puede mencionar relieve, tipo de suelo y uso actual del suelo) y los factores desencadenantes (hidrometeorológicos, geológicas e inducidas por el ser humano), ya que a partir de ellos se analiza si es favorable o no en la presentación de los fenómenos naturales. Segundo: Los parámetros de evaluación de la **vulnerabilidad** a través de sus tres factores (exposición, fragilidad y resiliencia), permite determinar la exposición con el medio que se rodea, las ventajas y desventajas del ser humano y la capacidad que tiene de recuperarse; la vulnerabilidad considera cuatro dimensiones (física, económica, ambiental y social) que determina la exposición de las personas, las actividades económicas, recursos naturales, y la infraestructura física expuestas hacia un tipo de peligro o amenaza.
- Para el sistema de agua potable de Ciudad Nueva, la peligrosidad frente al sismo es 0.2347 que se encuentra en un nivel alto y la peligrosidad de deslizamiento es 0.150 que se encuentra en un nivel de peligrosidad alto.
- En el caso de la vulnerabilidad se encuentra en 0.311 determinado un nivel alto.
- El producto de la peligrosidad con la vulnerabilidad determina el riesgo sísmico en 0.073 que se interpreta como un nivel MUY ALTO y el riesgo de deslizamiento en 0.047 que se interpreta como un nivel ALTO.

RECOMENDACIONES

- Los futuros investigadores tienen que considerar, que la recopilación de la información, debe ser lo más detallada posible ya que es el éxito para poder determinar los parámetros y descriptores que ayudan a determinar los niveles del riesgo.
- Es necesario que el gobierno local (municipalidad y/o gobierno regional), realice una evaluación de riesgo de todas las redes del sistema de distribución de agua, lo que permite identificar los escenarios críticos para poder atender a la población de un desastre. A su vez extender estas evaluaciones de riesgo para todos los escenarios de involucren a la sociedad civil.
- Los profesionales que conforman los Comités Técnicos de Normalización (CTN), deben disponer de una normativa técnica, en el procedimiento de instalación de los sistemas de agua potable, contemplando los escenarios que definen el riesgo, que ayuden a reducir la vulnerabilidad de estos sistemas. Así como, todo lo relacionado al abastecimiento de agua.

BIBLIOGRAFÍA

- AROCHA RAVELO, S. (1979). *Abastecimientos de agua*. Caracas : Universidad Central de Venezuela.
- Arribas, J. (2014). Obtenido de <http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/>
- Berrios Manzur, J., & Silva Aranibar , J. (1998). *Estudio de suelos para cimentaciones en edificaciones el cono norte de la ciudad de Tacna*. Tacna: Universidad Privada de Tacna .
- Carreño, M., Cardona, O., & Barbat, A. (2005). *Sistema de indicadores para la evaluación de riesgos*. Barcelona.
- CENEPRED. (2014). *Manual de valuación de riesgos originados por fenómenos naturales*. Lima .
- CENEPRED. (2018). *Guía para la evaluación del riesgo en el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario*. Lima.
- Chura Arocutipa, E. (2012). *Repositorio Institucional Digital UNJBG*. Obtenido de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/708>
- Comunidad Andina de Naciones. (2014). *Marco de Acción de Hyogo - EIRD*. Obtenido de <http://www.comunidadandina.org/>
- Cuellar Cárdenas , M. A. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- EPS. (2013). *Plan Maestro Optimizado del 2013 EPS Tacna S.A*. Obtenido de Empresa Prestadora de Servicio:
https://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/sunass/regulacion-tarifaria/2013-06-10-16-48-39/doc_download/2538-eps-tacna-s-a-entidad-prestadora-de-servicios-de-saneamiento-de-tacna-plan-maestro-optimizado-2013-2043
- GILES, R. V., EVETT, J. B., & LIU, C. (2003). *Mecánica de los fluidos e hidráulica* . Madrid: Schaum's.
- Gobierno Regional del Callao . (2016). *Informe de evaluación de riesgos por sismos, derrumbes e incendios urbanos del AA.HH. 12 de diciembre-Ventanilla*. Callao.
- Gobierno Regional del Callao. (Diciembre de 2016). *Informe de evaluación de riesgos por sismos, derrumbes e incendios urbanos de AA.HH 12 de Diciembre-Ventanilla*. Callao.
- Gur, E., & Spuhler, D. (02 de Diciembre de 2018). *BID*. Obtenido de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/red-de-distribuci%C3%B3n-comunitaria>
- IngCivilPerú. (2014). *Blog de Ingeniero Civil*. Obtenido de <http://ingcivilperu.blogspot.com/2011/02/nociones-de-sismologia-guia-de-estudio.html>
- Instituto de Defensa Civil. (Diciembre de 2004). *Mapas de peligros de la ciudad de Tacna* . Obtenido de http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_Tacna/tacna/tacna_mp1.pdf

- Instituto Geofísico del Perú. (2014). *Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú*. Lima: IGP.
- INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (INDECI). (2004). *Mapa de peligros de la ciudad de Tacna*. Tacna: INDECI.
- INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (INDECI). (2007). *Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Tacna*. Tacna: INDECI.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (Abril de 2007). *Instituto Nacional de Defensa Civil*.
Obtenido de
http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_Tacna/tacna/tacna.pdf
- Laboratorio de Ingeniería Sísmica del Instituto de Investigaciones en Ingeniería. (2011). *INII*. (U. d. Rica, Editor) Obtenido de <http://www.lis.ucr.ac.cr/index.php?id=Educativo>
- Lagos Lopez, M. (2000). Tsunamis de origen cercano a las costas de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 27: 93-102.
- LEY N° 29664 QUE CREA EL SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES (SINAGERD). (19 de Febrero de 2011). Diario oficial El Peruano. Lima, Perú.
- MacDonald, G. (1972). *Volcanoes. A discussion of volcanoes, volcanic products, and volcanic phenomena*. New Jersey.
- Red Latinoamericana de Gestión de Riesgos y Cambio climático en los Proyectos de Inversión Pública. (19 de Julio de 2016). *red-gricciplac.org*. Obtenido de https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/presentacion_karen_kraft.pdf?fbclid=IwAR1Vgscwes4e358_u45S3JHRvtX6oyL30oOZnDxS3Ckx-XHIF9IA4-qGQhk
- Salas, J. (1978). *Statistical properties of drought. United States-Argentinan workshop od droughts*. Mar del Plata.
- Tavera, H. (2006). *Características sismotectónicas de la crisis sísmica de octubre del 2005*. Instituto Geofísico del Perú.
- Vierendel. (2009). *Abastecimiento de agua y alcantarillado*. Lima: UNI.

ANEXO A

1 Cuadros de estratificaciones del nivel de peligro, vulnerabilidad y riesgo

1.1 Cuadro de estratificación del nivel de peligro

Para fines de la evaluación de riesgos, las zonas de peligro pueden estratificarse en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto, cuyas características y su valor correspondiente se detallan a continuación.

Tabla 1 Cuadro de estratificación de peligro.

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
Peligro muy alto	Relieve abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares. Tipo de suelo de rellenos sanitarios. Falta de cobertura vegetal 70 – 100 %. Uso actual de suelo áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirve para su normal funcionamiento. Tsunami: grado = 4, magnitud del sismo mayor a 7, intensidad, desastroso. Vulcanismo: piroclastos mayor o igual a 1 000 000 000 m ³ , alcance mayor a 1000m, IEV mayor a 4. Descenso de temperatura: menor a -6 °C, altitud 4800 – 6746 msnm, nubosidad N = 0. El cielo estará despejado. Inundación: precipitaciones anómalas positivas mayor a 300%. Sismo: mayor a 8.9: grandes terremotos, intensidad XI y XII. Pendiente 30° a 45°, zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).	$0.267 \leq P < 0.458$

<p style="text-align: center;">Peligro alto</p>	<p>El relieve de esta región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas andinas y abundantes lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y lagunas. Tipo de suelo arena eólica y/o limo (con y sin agua). Falta de cobertura vegetal 40 – 70 %. Uso actual de suelo. Terrenos cultivados permanentemente como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc. Zonas cultivables que se encuentran en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por periodos determinados. Tsunamis: grado = 3, magnitud del sismo 7, intensidad muy grande. Vulcanismo: piroclastos 100 000 000 m³, alcance entre 500 a 1000m, IEV igual a 3. Descenso de temperatura: -6 y -3°C, altitud 4000 – 4800 msnm, nubosidad N es mayor o igual que 1/8 y menor o igual que 3/8, el cielo estará poco nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 100% a 300%, cercanía a la fuente de agua entre 20 y 100m, intensidad media en una hora (mm/h) muy fuertes: mayor a 30 y menor o igual a 60. Sequia: moderada, precipitaciones anómalas negativas 100% a 300%. Sismo: 6.0 a 7.9: sismo mayor, intensidad IX y X. Pendiente 25° a 45°. Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.</p>	<p style="text-align: center;">$0.133 \leq P < 0.267$</p>
<p style="text-align: center;">Peligro medio</p>	<p>Relieve rocoso, escarpado y empinado. El ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos. Tipo de suelo granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial. Falta de cobertura vegetal 20 – 40 %. Uso actual de suelo plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa boscosa, para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc. Tsunamis: grado = 2, magnitud del sismo 6.5, intensidad grande. Vulcanismo: piroclastos 10 000 000 m³, alcance entre 100 a 500m, IEV igual a 2. Descenso de temperatura: -3°C a 0°C, altitud 500 – 4000 msnm, nubosidad N es mayor o igual que 4/8 y menor o igual que 5/8, el cielo estará nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 50% a 100%, cercanía a la fuente de agua entre 100 y 500m, intensidad media en una hora (mm/h) fuertes: mayor a 15 y menor o igual a 30. Sequia: ligera, precipitaciones anómalas negativa 50% a 100%. Sismo 4.05 a 5.9: puede causar daños menores en la localidad, intensidad VI, VII y VIII. Pendiente 20° a 30°, zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados.</p>	<p style="text-align: center;">$0.071 \leq P < 0.133$</p>

Peligro bajo	<p>Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica. Tipo de suelo afloramientos rocosos y estratos de grava. Falta de cobertura vegetal 0 – 20%. Uso actual de suelo pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del periodo del año y asociada a la presencia de lluvias y/o sin uso / improductivos, no pueden ser aprovechadas para ningún tipo de actividad, Tsunamis: grado = 0 o 1, magnitud del sismo menor a 6.5, intensidad algo grande y/o ligeras. Vulcanismo: piroclastos 1 000 000 m³, alcance menor a 100m, IEV menor a 1. Descenso de temperatura: 0°C a 6°C, altitud menor a 3500msnm, nubosidad N es mayor o igual a 6/8 y menor o igual que 7/8, el cielo estará muy nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas menor a 50%, cercanía a la fuente de agua mayor a 1000m, intensidad media en una hora (mm/h) moderadas: menor a 15. Sequia: incipiente, precipitaciones anómalas negativas menor a 50%. Sismo: menor a 4.4: sentido por mucha gente, intensidad menor a V. Pendiente menor a 20°, laderas con material poco fracturados, moderadamente a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturados.</p>	$0.041 \leq P < 0.071$
--------------	--	------------------------

FUENTE: (CENEPRED, 2018).

1.2 Cuadro de estratificación del nivel de vulnerabilidad

Se menciona y describe por cada nivel de vulnerabilidad de cada parámetro y descriptor de fragilidad y resiliencia considerado para las redes de distribución de agua potable, para el análisis de la vulnerabilidad, considerando la vulnerabilidad física, vulnerabilidad ambiental, vulnerabilidad social y vulnerabilidad económica.

Tabla 2 Cuadro de estratificación de la vulnerabilidad.

Nivel	Descripción	Rango
-------	-------------	-------

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Vulnerabilidad muy alta</p>	<p>Grupo etario: de 0 a 5 años y mayor a 65 años. Servicios educativos expuestos: mayor a 75% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: mayor a 60% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: estera/cartón. Estado de conservación de la edificación: muy malo. Topografía del terreno: $50\% \leq p \leq 80\%$. Configuración de elevación de la edificación: 5 pisos. Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a la normatividad vigente: mayor a 80%. Localización de la edificación: muy cerca 0 a 0.20km. Servicios de agua y desagüe: mayor a 75% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: mayor a 75% del servicio expuesto. Servicio de empresas de distribución de combustible y gas: mayor a 75%. Servicio de empresas de transporte expuesto: mayor a 75%. Área agrícola: mayor a 75%. Servicios de telecomunicaciones: mayor a 75%. Antigüedad de construcción: de 40 a 50 años. Pea desocupada: escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo. Organización y capacitación institucional: presentan poca efectividad en su gestión, desprestigio y aprobación popular. Deforestación: áreas sin vegetación, terrenos eriazos. Flora y fauna: 76 a 100% expuesta. Pérdida de suelo: erosión provocada por lluvias. Pérdida de agua: demanda agrícola y pérdida por contaminación.</p>	<p>$0.260 \leq V \leq 0.503$</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Vulnerabilidad alta</p>	<p>Grupo etario: de 5 a 12 años y de 60 a 65 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 75% y mayor a 50% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 60% y mayor a 35% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: madera. Estado de conservación de la edificación: malo. Topografía del terreno: $30\% \leq p \leq 50\%$. Configuración de elevación de la edificación: 4 pisos. Actitud frente al riesgo: escasamente provisoria de la mayoría de la poblacional. Localización de la edificación: cercana 0.20km a 1km. Servicios de agua y desagüe: menor o igual a 75% y mayor a 50% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: menor a 75% y mayor a 50%. Servicio de empresas de distribución de combustible y gas: menor o igual 75% y mayor a 50%. Servicio de empresas de transporte expuesto: menor o igual a 75% y mayor a 50%. Servicios de telecomunicación: menor o igual a 75% y mayor a 50%. Arena agrícola: menor o igual 75% y mayor a 50%.</p>	<p>$0.134 \leq V < 0.260$</p>

Vulnerabilidad media	<p>Grupo etario: de 12 a 15 años y de 50 a 60 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 50% y mayor a 25% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 35% y mayor a 20% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: quincha (caña con barro). Estado de conservación de la edificación: regular. Topografía del terreno: $20\% \leq p \leq 30\%$. Actitud frente al riesgo: parcialmente provisoria de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo sin implementación de medidas para prevenir. Localización de la edificación: medianamente cerca 1 a 3km. Servicios de agua y desagüe: menor o igual a 50% y mayor a 25% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: menor o igual a 25% y mayor a 10%. Servicio de empresas de distribución de combustible y gas: menor o igual a 50% y mayor a 25%.</p>	$0.068 \leq V < 0.134$
Vulnerabilidad baja	<p>Grupo etario: de 15 a 50 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 25% del servicio educativo expuesto. Servicio de salud terciarios expuestos: menor o igual a 20% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: ladrillo o bloque de cemento. Estado de conservación de la edificación: bueno a muy bueno. Topografía del terreno: $p \leq 10\%$. Configuración de elevación de la edificación: menos de 2 pisos. Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente: menor a 40%. Actitud frente al riesgo: parcial y/o provisoria de la mayoría o totalidad de la población, implementando medidas para prevenir el riesgo. Localización de la edificación: alejada a muy alejada mayor a 3km</p>	$0.035 \leq V < 0.068$

FUENTE: (CENEPRED, 2018).

1.3 Cuadro de estratificación del nivel de riesgo

Tabla 3 Cuadro de estratificación del riesgo.

Nivel	Descripción	Rangos
-------	-------------	--------

Riesgo muy alto	<p>Precipitación superior al Percentil 95, se presenta geomorfología de Arroyada, Glacis y/o Montaña intrusivo y/o Colina y loma intrusivo y/o Abanico-aluvial, con pendientes menores a 15°, situado en depósitos fluviales y/o aluviales, con un promedio mayor de 3 eventos asociados a precipitaciones por año y/o por lo menos 1 vez al año cada evento de El Niño</p> <p>Estado de conservación muy malo. Antigüedad de infraestructura de más de 50 años. No tiene obras de protección. Muy mal mantenimiento del sistema. Estado del suelo deslizable. Ninguna actividad de conservación ambiental se aplica. Muy deficiente nivel de organización. Población no aplica actividades de conservación del sistema. Ingresos no cubren el costo de tarifa de agua potable. Muy bajo nivel de ahorro por gasto de agua.</p>	0.072 ≤ R < 0.192
Riesgo alto	<p>Precipitación superior al Percentil 95, presenta geomorfología de colinas y lomas intrusivas, volcano-sedimentario y/o montaña, volcano-sedimentario y/o montaña intrusiva y/o Colina y loma intrusivo y/o Abanico-aluvial, con pendientes desde 15° a 25°, situado en depósitos aluviales y/o lava andesítica con un promedio de 3 a 4 eventos asociados a precipitaciones por año.</p> <p>Estado de conservación malo. Antigüedad de infraestructura entre 40 a 50 años. Tiene obras de protección deterioradas. Mal mantenimiento del sistema. Estado del suelo muy suelto. Evidencia de depredación y deforestación en la zona. Población rara vez aplica prácticas de conservación del sistema. Deficiente nivel de organización. Ingresos cubren hasta un 25% del costo de tarifa de agua potable. Bajo nivel de ahorro por gasto de agua.</p>	0.022 ≤ R < 0.072

Riesgo medio	<p>Precipitación superior al Percentil 95, presenta geomorfología de talud de detritos y/o Colinas y lomas intrusivas, volcano-sedimentario y/o Montaña, volcano-sedimentario, con pendientes desde 15° a 45°, situado en depósitos coluviales y/o lava andesítica y con un promedio de 1 a 3 eventos asociados a precipitaciones por año.</p> <p>Estado de conservación regular. Tiene obras de protección inconclusas. Regular mantenimiento del sistema. Estado del suelo suelto. Eventualmente actividades de conservación ambiental. Población aplica prácticas de conservación del sistema. Regular nivel de organización. Ingresos cubren hasta un 50% del costo de tarifa de agua potable. Regular nivel de ahorro por gasto de agua.</p>	0.007 ≤ R < 0.022
Riesgo bajo	<p>Precipitación superior al Percentil 95, presenta geomorfología de Fondo de Valle y/o Cantera y/o Terraza fluvial y/o Talud de detritos, con pendientes mayores a 25°, situado en depósitos coluviales y/o Intrusivo Básico y con un promedio menor a 2 evento asociados a precipitaciones por año.</p> <p>Estado del suelo rocoso y compacto. Se evidencian reforestación parcial y actividades de conservación ambiental. Población frecuentemente y siempre aplican prácticas de conservación del sistema. Buen y muy buen nivel de organización. Ingresos cubren desde un 75% al 100 % del costo de tarifa de agua potable. Muy alto y alto nivel de ahorro por gasto de agua.</p>	0.002 ≤ R < 0.007

FUENTE: (CENEPRED, 2018).

ANEXO B

1. Método multicriterio

1.1. Proceso de análisis jerárquico

Para la ponderación de los criterios, sub criterios y descriptores se utilizó el proceso de análisis jerárquico el cual es un método multicriterio que permite incorporar criterios cuantitativos (infraestructura expuesta, pérdidas humanas, económicas, etc.) y cualitativas (programas de capacitación, creación y/o aplicación de la normatividad, etc.) que son considerados en la Gestión del Riesgo de Desastres. La matriz que se forma es una matriz cuadrada, es decir el mismo número de filas y columnas.

La notación matemática sería: $A = A_{ij}$

1.2. Cálculo de los pesos ponderados:

Primero: Se construye la matriz de comparaciones pareadas, el que mostraría la comparación entre sub criterios y/o descriptores según el caso de interés. En el caso de ponderación de criterios esta matriz nos permite determinar la importancia de un criterio respecto a otro, lo que nos servirá posteriormente para la ponderación de criterios.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & \dots & \dots & a_{1a} \\ a_{21} & 1 & \dots & \dots & \dots & a_{2a} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{a1} & a_{a2} & \dots & \dots & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Sumamos verticalmente los elementos de cada columna, Así se obtienen los valores

$$v_1, v_2, \dots, v_n = \sum_{i=1}^n a_i$$

Segundo: Construimos la matriz de comparaciones normalizadas. El cual se obtiene de dividir cada elemento de matriz entre la suma obtenida, para conseguir:

$$A_{NORMALIZADA} = \begin{pmatrix} 1/v_1 & a_{12}/v_2 & \dots & \dots & \dots & a_{1a}/v_n \\ a_{21}/v_1 & 1/v_2 & \dots & \dots & \dots & a_{2a}/v_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{a1}/v_1 & a_{a2}/v_2 & \dots & \dots & \dots & 1/v_n \end{pmatrix}$$

Tercero: El siguiente paso consiste en obtener el vector prioridad el cual nos mostrará los pesos ponderados de cada criterio a partir de la matriz normalizada:

Para ello se calcula el vector columna:

$$p = \begin{pmatrix} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{1j} \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{2j} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{nj} \end{pmatrix}$$

Y se obtiene el vector de prioridades de los criterios:

$$p = \begin{pmatrix} P_{c11} \\ P_{c12} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ P_{c1n} \end{pmatrix}$$

Se debe indicar que la suma de los elementos del vector prioridad debe ser igual a 1

$$\sum_{i=1}^n p_{cli} = p_{c11} + p_{c12} + \dots + p_{c1n} = 1$$

1.3. Cálculo de la Relación de Consistencia (RC)

Se pasa a la verificación de la posible existencia de consistencia ente los juicios expresados.

Primero: Multiplicar cada valor de la primera columna de la matriz de comparación pareada por la prioridad relativa del primer elemento que se considera y así sucesivamente. Se deben sumar los valores sobre las filas para obtener un vector de valores, determinado Vector Suma Ponderada(VSP).

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & \dots & \dots & a_{1a} \\ a_{21} & 1 & \dots & \dots & \dots & a_{2a} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{a1} & a_{a2} & \dots & \dots & \dots & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} P_{c11} \\ P_{c12} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ P_{c1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} VSP_{11} \\ VSP_{12} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ VSP_{1n} \end{pmatrix}$$

Segundo: Dividir los elementos del vector de suma ponderada entre el correspondiente valor de prioridad para cada uno de los criterios:

$$\begin{aligned} VSP_{11}/P_{c11} &= \lambda_1 \\ VSP_{12}/P_{c12} &= \lambda_2 \\ &\dots \\ &\dots \\ &\dots \\ VSP_{1n}/P_{c1n} &= \lambda_n \end{aligned}$$

Tercero: Posteriormente se determina la lambda máxima λ_{Max}

$$\lambda_{max} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)/n$$

Esto nos permite halar el índice de consistencia

Cuarto: Calcular el Índice de Consistencia(IC):

$$IC = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)$$

Esto nos permite halar la relación de consistencia de la matriz para verificar si las decisiones fueron adecuadas

Quinto: Determinar la Relación de Consistencia (RC):

$$RC = IC/IA$$

Donde IA es el Índice Aleatorio de una Matriz de Comparaciones Pareadas, generada, como su nombre sugiera, de forma aleatoria.

Los valores del Índice Aleatorio para los diferentes "n", obtenidos mediante la simulación de 500,00 matrices (J.A. ALONSO & M.T. LAMATA, 2006), son:

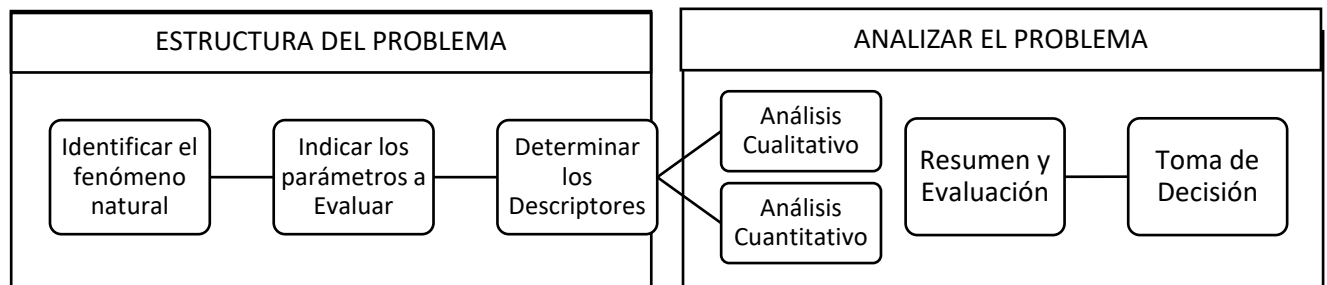
n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IA	0.5247	0.8816	1.1086	1.2479	1.3417	1.4057	1.4499	1.4854	1.5140	1.5365	1.5551	1.5713	1.5838

NOTA: Para matrices con parámetros la RC debe ser menor 0.10.

2. Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ)

Este método fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (1980) diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, mediante la construcción de un modelo jerárquico, que permite a los actores (tomados de decisiones) estructurar el problema de forma visual.

Figura 1 Flujo metodológico a seguir para la toma de decisiones.



Adaptado: Toskano (2005)

Permite combinar lo objetivo, tangible y racional de la ciencia clásica con lo subjetivo, intangible y emocional del compartimiento humano. EN este sentido, se puede conseguir un tratamiento objetivo de lo subjetivo (Keeney, 1992). El punto central del PAJ es el proceso de asignar ponderación a los parámetros y descriptores relacionados con una decisión y calificación final de las diferentes alternativas respecto de los criterios seleccionados.

Para la estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de estos indicadores se recurre a una metodología de comparación de pares, en esto caso se empleó el PAJ (Saaty, 1990) por sus ventajas, flexibilidad y por la facilidad de involucrar a todos los actores en el proceso de decisión (Garfi et al., 2011), la escala es la que se muestra a continuación:

Escala numérica	Escala Verbal	Explicación
-----------------	---------------	-------------

9	Absolutamente o muchísimo más importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a...	Al comparar un elemento con otro , hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o referido que...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo
1/9	Absolutamente o muchísimo...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio ente dos de las intensidades anteriores	

Fuente: Saaty (1980)

Para obtener estos ponderados son necesarias respuestas (numéricas o verbales) a una serie de preguntas que comparan dos parámetros o dos descriptores a una serie de preguntas

Toskano (2005) presenta alguna de las ventajas de PAJ frente a otro método de Decisión Multicriterio y son:

- Presenta un sustento matemático
- Permite desglosar y analizar un problema por partes
- Permite medir criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común
- Incluir la participación de equipos multidisciplinarios y generar un consenso
- Permite verificar el índice de consistencia (IC) y hacer las correcciones, si fuere el caso
- Generar una síntesis y dar una posibilidad de realizar análisis de sensibilidad
- Ser de fácil uso y permitir que su solución se pueda complementar con métodos matemáticos de optimización.

Aplicaciones usuales del PAJ:

Planificación Estratégica	Formulación de políticas
Planificación Territorial	Gestión Ambiental
Planificación por escenarios	Análisis Costo – Beneficio
Evaluación de planes	Formulación de estrategias de mercado
Optimización de procesos	Asignación de recursos, etc.

2.1. Ponderación de los parámetros descriptores: caso sismo

Paso 1: Parámetros. Se identifican los parámetros que permitan caracterizar el fenómeno sísmico. En función del número de parámetros identificados tendremos el número de filas y columnas de la matriz de ponderación (matriz cuadrada).

- Magnitud
- Intensidad
- Aceleración natural del suelo

PARÁMETRO	MAGNITUD DE SISMO	INTENSIDAD DE SISMO	ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO
MAGNITUD DE SISMO			
INTENSIDAD DE SISMO			
ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO			

Paso 2: Matriz de comparación de pares. Se realizan la comparación de pares para la determinación de la importancia relativa usando la escala de Saaty.

PARÁMETRO	MAGNITUD DE SISMO	INTENSIDAD DE SISMO	ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO
MAGNITUD DE SISMO	1.00		
INTENSIDAD DE SISMO		1.00	
ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO			1.00

La comparación de dos parámetros de igual magnitud nos dará la unidad (1: igual importancia).

PARÁMETRO	MAGNITUD DE SISMO	INTENSIDAD DE SISMO	ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO
MAGNITUD DE SISMO	1.00	0.33	
INTENSIDAD DE SISMO	3.00	1.00	
ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO			1.00

La intensidad es 3 veces más importante que la magnitud (moderadamente más importante)

La magnitud es 3 veces menos importante que la intensidad (moderadamente menos importante)

PARÁMETRO	MAGNITUD DE SISMO	INTENSIDAD DE SISMO	ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO
MAGNITUD DE SISMO	1.00	0.33	5.00



INTENSIDAD DE SISMO	3.00	1.00	
ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO	0.20		1.00

La aceleración natural del suelo es 5 veces menos importante que la magnitud (menos importante)

La magnitud es 5 veces más importante que la aceleración natural del suelo (más importante)

PARÁMETRO	MAGNITUD DE SISMO	INTENSIDAD DE SISMO	ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO
MAGNITUD DE SISMO	1.00	0.33	5.00
INTENSIDAD DE SISMO	3.00	1.00	7.00
ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO	0.20	0.14	1.00

La aceleración natural del suelo es 7 veces menos importante que la intensidad (mucho menos importante)

La intensidad es 7 veces más importante que la aceleración natural del suelo (mucho más importante)

Terminada la comparación de pares tenemos la matriz terminada.

PARÁMETRO	MAGNITUD DE SISMO	INTENSIDAD DE SISMO	ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO
MAGNITUD DE SISMO	1.00	0.33	5.00

INTENSIDAD DE SISMO	3.00	1.00	7.00
ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO	0.20	0.14	1.00

Paso 3: Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz para obtener la inversa de las sumas totales.

PARÁMETRO	MAGNITUD DE SISMO	INTENSIDAD DE SISMO	ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO
MAGNITUD DE SISMO	1.00	0.33	5.00
INTENSIDAD DE SISMO	3.00	1.00	7.00
ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO	0.20	0.14	1.00
SUMA	4.200	1.476	13.000
1/SUMA	0.238	0.677	0.077

Paso 4: Matriz de normalización. Se elabora la matriz multiplicando la inversa de las sumas totales por cada elemento de su columna correspondiente.

PARÁMETRO	MAGNITUD DE SISMO	INTENSIDAD DE SISMO	ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO
-----------	-------------------	---------------------	-------------------------------

MAGNITUD DE SISMO	1.00	0.33	5.00
INTENSIDAD DE SISMO	3.00	1.00	7.00
ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO	0.20	0.14	1.00
SUMA	4.200	1.476	13.000
1/SUMA	0.238	0.677	0.077

$$0.238 * 1.00 = 0.238$$

Matriz de normalización.

PARÁMETRO	MAGNITUD DE SISMO	INTENSIDAD DE SISMO	ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO
MAGNITUD DE SISMO	0.238	0.226	0.385
INTENSIDAD DE SISMO	0.714	0.677	0.538
ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO	0.048	0.097	0.077

Paso 5: Se determina el vector priorización (ponderación), mediante la suma promedio de cada fila. Debe cumplir que la suma de cada columna debe ser igual a la unidad.

PARÁMETRO	MAGNITUD DE SISMO	INTENSIDAD DE SISMO	ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
-----------	-------------------	---------------------	-------------------------------	-----------------------------------

MAGNITUD DE SISMO	0.238	0.226	0.385	0.283
INTENSIDAD DE SISMO	0.714	0.677	0.538	0.643
ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO	0.048	0.097	0.077	0.074
	1.000	1.000	1.000	1.000

$$(0.238+0.226+0.385) / 3 = 0.283$$

Indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)	PORCENTAJE
MAGNITUD DE SISMO	0.283	28.28%
INTENSIDAD DE SISMO	0.643	64.34%
ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO	0.074	7.38%

100.00%

-Cálculo de la relación de consistencia (RC)

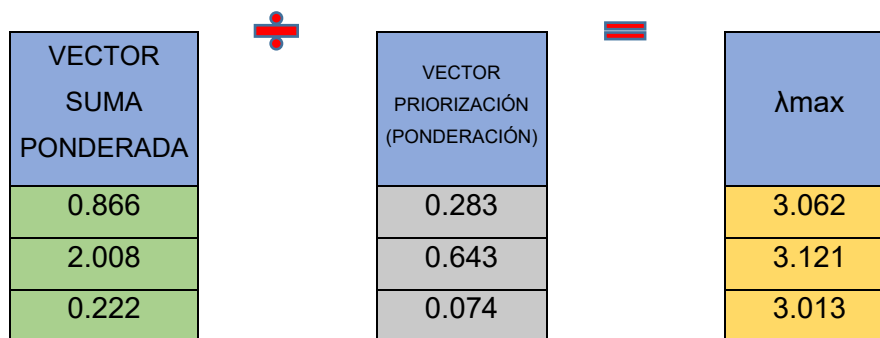
Este coeficiente debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

PASO 1: Hallando el vector suma ponderada. Se obtiene por una multiplicación de matrices.

PARÁMETRO	MAGNITUD DE SISMO	INTENSIDAD DE SISMO	ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)	VECTOR SUMA PONDERADA

MAGNITUD DE SISMO	1.00	0.33	5.00	0.283	0.866
INTENSIDAD DE SISMO	3.00	1.00	7.00	0.643	2.008
ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO	0.20	0.14	1.00	0.074	0.222

PASO 2: Hallando λ_{max} . Se determina al dividir los valores del vector suma ponderada y el vector de priorización



$$\lambda_{max} = \frac{3.062 + 3.121 + 3.013}{3} = 3.066$$

PASO 3: Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = \frac{3.066 - 3}{3 - 1} = 0.033$$

PASO 4: Hallando la relación de consistencia (RC)

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0.033}{0.5245} = 0.062$$

Nota: Los valores del índice aleatorio (IA) para los diferentes "n" obtenidos mediante la simulación de 500,000 matrices (J.A. ALONSO & M.T. LAMATA, 2006).

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IA	0.5247	0.8816	1.1086	1.2479	1.3417	1.4057	1.4499	1.4854	1.5140	1.5365	1.5551	1.5713	1.5838

2.2. Ponderación de los descriptores del parámetro magnitud de sismo.

Paso 1: Descriptores. Se identifican los descriptores del parámetro magnitud. Los descriptores se ordenan en forma descendente del más desfavorable al menos desfavorable. En función del número de descriptores tendremos el número de filas y columnas de la matriz de ponderación (matriz cuadrada).

- Mayor a 8.0: grandes terremotos
- 6.0 a 7.9: sismo mayor
- 4.5 a 5.9: puede causar daños menores en la localidad
- 3.5 a 4.4: sentido por mucha gente
- Menor a 3.4: no es sentido en general, pero es registrado por sismógrafos

Descriptores	Mayor a 8.0: grandes terremotos	6.0 a 7.9: sismo mayor	4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	Menor a 3.4: No es sentido en general, pero es registrado por sismógrafos
Mayor a 8.0: Grandes terremotos	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
6.0 a 7.9: Sismo mayor	1/3	1.00	3.00	5.00	7.00
4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	1/5	1/3	1.00	3.00	5.00
3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	1/7	1/5	1/3	1.00	3.00
Menor a 3.4: No es sentido en general, pero es registrado por sismógrafos	1/9	1/7	1/5	1/3	1.00

Paso 2: Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz para obtener la inversa de las sumas totales.

Descriptores	Mayor a 8.0: grandes terremotos	6.0 a 7.9: sismo mayor	4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	Menor a 3.4: No es sentido en general,...
Mayor a 8.0: Grandes terremotos	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
6.0 a 7.9: Sismo mayor	1/3	1.000	3.000	5.000	7.000
4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	1/5	1/3	1.000	3.000	5.000
3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	1/7	1/5	1/3	1.000	3.000
Menor a 3.4: No es sentido en general, pero es registrado por sismógrafos	1/9	1/7	1/5	1/3	1.000
suma	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/suma	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

Paso 3: matriz de normalización. Se elabora la matriz multiplicando la inversa de las sumas totales por cada elemento de su columna correspondiente. Debe cumplir que la suma de cada columna debe ser igual a la unidad.

Matriz de normalización

Descriptor s	Mayor a 8.0: grandes terremotos	6.0 a 7.9: sismo mayor	4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	3.5 a 4.4: Sentido por muchacha gente	Menor a 3.4: No es sentido en general, pero es registrado por sismógrafos	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
Mayor a 8.0: Grandes terremotos	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
6.0 a 7.9: Sismo mayor	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
3.5 a 4.4: Sentido por muchacha gente	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Menor a 3.4: No es sentido en general, pero es registrado por sismógrafos	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

$$(0.560 + 0.642 + 0.524 + 0.429 + 0.360) / 5 = 0.503$$

Indica la importancia (peso) de cada descriptor en la determinación del nivel de peligro.

	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)	PORCENTAJE
Mayor a 8.0: Grandes terremotos	0.503	50.28%
6.0 a 7.9: Sismo mayor	0.260	26.02%
4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	0.134	13.44%
3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	0.068	6.78%
Menor a 3.4: No es sentido en general, pero es registrado por sismógrafos	0.035	3.48%

100.00%



–Cálculo de la relación de consistencia (RC)

Este coeficiente debe ser menor al 10% (RC<0.1), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

PASO 1: Hallando el vector suma ponderada. Se obtiene por una multiplicación de matrices.

Descriptores	Mayor a 8.0: grandes terremotos	6.0 a 7.9: sismo mayor	4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	Menor a 3.4: No es sentido en general, pero es registrado por sismógrafos	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)	VECTOR SUMA PONDERADA
Mayor a 8.0: Grandes terremotos	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000	0.503	2.743
6.0 a 7.9: Sismo mayor	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000	0.260	1.414
4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000	0.134	0.699
3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000	0.068	0.341
Menor a 3.4: No es sentido en general, pero es registrado por sismógrafos	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000	0.035	0.177

PASO 2: Hallando λ_{max} . Se determina al dividir los valores del vector suma ponderada y el vector de priorización.

VECTOR SUMA PONDERADA		VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)		λ_{max}
2.743		0.503		5.455
1.414		0.260		5.432
0.699		0.134		5.204
0.341		0.068		5.030
0.177		0.035		5.093

$$\lambda_{max} = \frac{5.455 + 5.432 + 5.204 + 5.030 + 5.093}{5} = 0.061$$

PASO 3: Hallando el Índice de consistencia (IC).

$$IC = \frac{5.2358 - 5}{5 - 1} = 0.061$$

PASO 4: Hallando la relación de consistencia (RC).

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0.061}{1.1086} = 0.055$$

Nota: Los valores del índice aleatorio (IA) para los diferentes "n" obtenidos mediante la simulación de 500,00 matrices (J.A. ALONSO & M.T. LAMATA, 2006).

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IA	0.5247	0.8816	1.1086	1.2479	1.3417	1.4057	1.4499	1.4854	1.5140	1.5365	1.5551	1.5713	1.5838

2.3. Cuadro final de ponderación del parámetro y sus descriptores

PARÁMETRO		MAGNITUD DE SISMO	PESO PONDERADO: 0.283	
DESCRIPTORES	S1	Mayor a 8.0: Grandes terremotos	PS1	0.503
	S2	6.0 a 7.9: Sismo mayor	PS2	0.260
	S3	4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	PS3	0.134
	S4	3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	PS4	0.068
	S5	Menor a 3.4: No es sentido generalmente, pero es registrado por sismógrafos	PS5	0.035

Donde:

S1, S2, S3, S4 Y S5: Descriptores del parámetro magnitud de sismo.

PS1, PS2, PS3, PS4 Y PS5: Pesos ponderados de los descriptores.



INFORME TÉCNICO

ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CLASIFICACIÓN E
IDENTIFICACIÓN

PROYECTO
PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO
DE CIUDAD NUEVA, DEPARTAMENTO DE TACNA.

TESISTAS
BACH. YEFRI ERICK HUARACHI YUPANQUI
BACH. CRISTIAN JHAMY HUARACHI YUPANQUI

UBICACIÓN
DISTRITO DE CIUDAD NUEVA
PROVINCIA TACNA
REGIÓN TACNA

2018

INDICE

1.0 Generalidades

Exposición de Motivos

1.1 Objetivos

1.2 Normatividad

1.3 Ubicación y descripción del Área de estudio

1.4 Acceso al Área de estudio

1.5 Condiciones climática y altitud de la zona

2.0 Investigaciones Geognósticas

2.1 Aspectos Geológicos Locales

2.2 Aspectos Geomorfológicos

2.3 Condiciones Hidrogeológicas

2.4 Sismicidad

3.0 Investigaciones de Campo

3.1 Exploración de Suelos

3.2 Reconocimiento de Campo

3.3 Fase de Campo (muestreo)

4.0 Investigaciones en Laboratorio

4.1 Caracterización de Suelos

5.0 Perfiles Estratigráficos

6.0 Análisis de Cimentación

6.1 Profundidad de Cimentación

6.2 Tipo de Cimentación

6.3 Calculo de Capacidad Portante

6.4 Análisis de Asentamientos

7.0 Factor de seguridad

8.0 Nivel freático

9.0 Agresión del suelo a la Cimentación

10.0 Observaciones

11.0 Recomendaciones

12.0 Conclusiones

1.0 GENERALIDADES

EXPOSICIÓN DE MOTIVOS

El presente Informe Técnico desarrolla el estudio de Mecánica de Suelos con fines de Clasificación, identificación y cimentación, para el Proyecto "PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACION DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CIUDAD NUEVA, DEPARTAMENTO DE TACNA" Básicamente se trata del estudio de suelos en las zonas donde se realizara el analisis respectivo del suelo para fines necesarios de la tesis.

1.1 OBJETIVOS

- ✓ Ejecutar el análisis de calidad del suelo donde se desarrolla el proyecto.
- ✓ Determinar la Capacidad de carga de la zona en estudio.
- ✓ Para ello se realizaran:
 - Ejecución de 10 Calicatas hasta una profundidad de 2.00 metros
 - Extracción de muestras representativas de la estratigrafía.
 - Ejecución de ensayos de laboratorio de Mecánica de Suelos en muestras Alteradas.
 - Realización del Perfil estratigráfico.
 - Análisis de las condiciones de cimentación.
 - Conclusiones y Recomendaciones.

1.2 NORMATIVIDAD

El estudio se realiza de acuerdo a las Normas E-050 de Suelos y Cimentaciones del Reglamento de Edificaciones aprobado en junio del año 2006, que es de aplicación obligatoria para edificaciones del ámbito nacional. Los ensayos se realizan de acuerdo a los procedimientos del ASTM y la clasificación de los suelos se realiza en el Sistema Unificado de Suelos.

1.3 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto se ubica en el Sector del distrito de Ciudad Nueva, del Distrito de Ciudad Nueva - Provincia de Tacna.

La topografía es ligeramente inclinada con una pendiente promedio de %S=4.2 de sur-oeste a nor-este, con unos sectores en pendiente



pronunciadas $\%S=1.7$ en la zona más llana y $\%S= 12.7$ ubicados en las faldas del cerro intiorko en sentido sur-este a nor-oeste.

1.4 ACCESO AL AREA DE ESTUDIO ACCESIBILIDAD

Para acceder a la zona de estudio se puede utilizar las vías principales que provienen de la ciudad de Tacna así como las que provienen del distrito de Alto de la Alianza que son vías asfaltada en buen estado de conservación.

1.5 CONDICION CLIMATICA Y ALTITUD DE LA ZONA

Los datos climáticos con un promedio histórico de 30 años en la zona de estudios son los siguientes:

Precipitación: La precipitación mínima se presenta en el mes de junio con un promedio de 2mm, y la máxima se produce el mes de enero con un promedio de 8 mm.

Temperatura: La temperatura máxima en verano se produce en el mes de febrero con $26.4^{\circ}C$ y la máxima en invierno se presenta en el mes de agosto con $19.2^{\circ}C$.

La temperatura mínima en verano se produce en el mes de Febrero con $14.7^{\circ}C$ y la mínima en invierno se presenta en el mes de Julio con $6.5^{\circ}C$.

Humedad Relativa: La humedad relativa máxima diaria es de 81% y se presenta en el mes de Julio y la humedad relativa mínima diaria es del 69% y se produce en el mes de febrero.

Horas de Sol: En el mes de febrero se produce 7.6 horas de sol diarias y en el mes de junio solo 5.5 horas de sol diarias

Con un nivel altitudinal de 554 msnm; datos referidos a la ubicación de la zona de estudio.

2.0 INVESTIGACIONES GEONÓSTICAS

El área de estudio se encuentra enmarcada dentro de los afloramientos del Grupo Moquegua, Formación Huaylillas y depósitos recientes del Cuaternario.

El Grupo Moquegua es un conjunto de rocas sedimentarias continentales, depositadas en el flanco occidental de los Andes y está dividida en dos unidades: el Moquegua Inferior del Eoceno terminal al Oligoceno inferior (entre 30 y 40 millones

de años) y el Moquegua superior del Oligoceno superior (entre 20 y 24 MA), ambos separados por una discordancia angular. El Moquegua superior está conformado por dos secuencias: una secuencia inferior que es esencialmente lacustre y una superior que corresponde a conos o deltas lacustres, que alternan con ignimbritas de un vulcanismo explosivo que revelan un ambiente de movilidad tectónica que correspondería al levantamiento de los Andes.

La Formación Huaylillas corresponde a un evento de vulcanismo explosivo que por su posición estratigráfica se le asigna una edad entre el plioceno Inferior y Medio. Está compuesta por depósitos piroclásticos.

2.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS LOCALES

2.1.1 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

2.1.1.1 Formación Moquegua superior (T Mo_s)

La mayor parte de los afloramientos están cubiertos por depósitos cuaternarios recientes de ladera y solo se les puede apreciar en los cortes de carretera de los Cerros: Arunta e Intiorko (Salida de Tacna y carretera a Tarata) de la Ciudad de Tacna. De esta manera, se hace difícil determinar su extensión en Tacna y alrededores.

En el corte de la carretera del Cerro Arunta que sale del Cuartel Tarapacá al este de la ciudad los afloramientos comprenden una secuencia dominada por un medio deposicional fluvial efímero. No obstante esta secuencia presenta una variante en su tope, la sedimentación se torna más gruesa, presentando rasgos litológicos de un ambiente deposicional fluvial más marcado. Los estratos de esta formación tienen una inclinación de 4 grados al Oeste.

La secuencia fluvial efímera esta formada por capas de arena limosa gris clara y microconglomerados de hasta 1 m. de espesor. Presentan estratificación planoparalela e intercalaciones centimétricas de arcillas marrones que en algunos horizontes se presentan como grietas de desecación. En esta secuencia se pudo notar la presencia de gran contenido de sales y sulfatos como parte de la matriz y en forma de cristales en fracturas y oquedades, formando superficies muy duras en los afloramientos.

El tope de esta secuencia corresponde a una sedimentación más fluvial de depósitos residuales de canal. Los conglomerados en los canales están formados por guijarros subredondeados de rocas ígneas y volcánicas con

relleno arenoso que en conjunto dan una coloración gris oscura, los cuales gradan hacia el tope a arenas tufáceas gruesas y microconglomerados de tonalidad rojiza. Este sistema de canales presenta coloraciones rojizas en conjunto, lo que sugiere que estuvo dominado por un intenso período de exposición aérea de los depósitos, causando su oxidación.

2.1.1.2 Formación Huaylillas (T_Hy)

Se encuentra cubierta por una capa delgada de suelos eólico y residual. La mayor exposición de los afloramiento de esta formación se hallan ubicados en los cortes de la carreteras del Cerro Arunta, Cerro Intiorko y cerros ubicados al Nor-Oeste de la irrigación Alto Magollo. Igualmente se la puede apreciar en la cascada de la Quebrada Caramolle, ubicada en la parte alta del distrito Ciudad Nueva.

Esta formación se encuentra suprayaciendo a la Formación Moquegua Superior en discordancia paralela, y consiste básicamente de rocas volcánicas que corresponden a depósitos piroclásticos con cierta diferencia en su color y textura.

1. Ignimbritas friables de color crema que varían entre 3 y 15 m. de espesor; contienen abundante pómez y líticos en la base, los cuales gradan a una toba con mayor contenido de matriz de ceniza color rosada salmón. Este paquete presenta una intercalación de una secuencia fluvial de unos 2 m. aproximadamente.
2. Ignimbrita violácea muy compacta de aspecto macizo de 12 a 23 m. de espesor, conformada principalmente por pómez, cuarzo, vidrio y biotitas.
3. Ignimbrita blanca de grano fino con cristales de cuarzo de 2 a 6 m. de potencia.

En la cascada de la Quebrada Caramolle se puede apreciar claramente solo los dos primeros miembros. Se puede notar que el miembro inferior presenta tonalidades blancas que gradan a rosado salmón y se presentan en estado friable; estas ignimbritas presentan una capa de areniscas tufáceas de 30 cm. color marrón oscuro. Así mismo, se aprecia en el tope la ignimbrita violácea muy resistente a la erosión. Aparentemente el tercer miembro, conformado por la ignimbrita blanca de grano fino, ha sido completamente erosionada en este lugar.

2.1.2 DEPÓSITOS CUATERNARIOS

2.1.2.1 Unidad conglomerádica (Q Uc)

Esta unidad se encuentra suprayaciendo a la Formación Huaylillas, a manera de una terraza colgada antigua, y se le puede distinguir por su tonalidad gris oscura que cubre parcialmente los cerros de la ciudad de Tacna. Tiene un espesor aproximado de 30 m. Se puede notar que de la base al tope existe una disminución del tamaño de grano en general, comenzando con conglomerados y areniscas de grano grueso y fino.

En el corte de la carretera que conduce al Monumento de los Héroes Caídos en el Alto de la Alianza, se puede notar que esta unidad está definida claramente por tres secuencias:

La primera corresponde a secuencias de canales efímeros formada por depósitos residuales de conglomerados que gradan hacia arenas gruesas. El conjunto presenta una secuencia gris clara y tiene un espesor de 4 m. A continuación una segunda secuencia de 12 m. aproximadamente, formada por arenas gruesas de color gris oscuro, con intercalaciones de capas de conglomerados de hasta 20 cm. La tercera secuencia tiene 10 m. aproximadamente y corresponde a un evento de actividad volcánica formada por intercalaciones de 50 cm. de arenas tufáceas de tonalidades verdes con ignimbritas cremas de Lapilli.

2.1.2.2 Depósitos de cenizas volcánicas

Al Nor-Este de la ciudad de Tacna se encuentran grandes depósitos de cenizas volcánicas que ocupan los distritos de Pocollay y Calana. Al parecer estos depósitos conformaban una sola capa que rellenaba el Valle de Tacna antiguamente, la cual fué erosionada parcialmente por el Río Caplina, quedando en la actualidad lomas con formas de grandes lenguas a lo largo del valle. Tienen una tonalidad rosada y contienen abundante pómez y fragmentos angulosos de rocas volcánicas andesíticas.

En los distritos de Alto de Alianza y Ciudad Nueva los depósitos de ceniza volcánica afloran parcialmente y se encuentran debajo de los depósitos aluviales e interdigitada con los depósitos deluviales de la ladera del Cerro Intiorko,

2.1.2.3 Depósitos aluviales

Los depósitos aluviales en el valle de Tacna, están cubriendo las quebradas

Caramolle, El Diablo y Malos Nombres y están compuestas por horizontes de arenas con limos marrón claro más o menos compactadas. Los depósitos aluviales en la Quebrada Caramolle, presentan además capas de 20 cm. de flujos de barro con clastos de ignimbritas. En este tipo de depósitos se halla asentado el Cono Norte, parte de la Urb. La Florida, el Centro Comercial La Rotonda, el Mercado Grau y el Terminal Terrestre. En el Cono Norte cuentan con un espesor aproximado de 3 m. los cuales están cubriendo el depósito de cenizas volcánicas.

El depósito aluvial del Cono Norte presenta gran contenido de sales y sulfatos las cuales se encuentran aglutinando las arenas en terrones y formando lentes de 30 - 50 cm. muy compactos y competentes (en estado seco) conocidos como "caliche"

2.1.2.4 Depósitos fluviales

Dentro de estos depósitos cuaternarios se consideran aquellos formados por las corrientes de los ríos. Se ubican a lo largo del Valle del Río Caplina, el cual ha definido claramente depósitos de canal y depósitos de llanura de inundación.

Los depósitos fluviales de canal son aquellos que definen el curso de los ríos, están conformados principalmente de gravas y guijarros con relleno arenoso. Con la ayuda de fotografías aéreas y excavación de calicatas se pudo definir su extensión. Se pudo notar que su mayor desarrollo se extiende a lo largo del distrito Gregorio Albarracín (Cono Sur), donde parte de ellos, son explotados como agregados para construcción. En el distrito de Tacna estos depósitos ocupan parte del cauce antiguo de la Quebrada Caramolle, donde en la actualidad se encuentra la Av. Leguía.

Los depósitos de llanura de inundación se forman en períodos de crecida de los ríos, los cuales desbordan el canal, inundando sus márgenes a grandes distancias y depositando sedimentos finos que lleva en suspensión en grandes playas. Los sedimentos están formados por limos y arcillas cremas. Gran parte del Distrito de Tacna se halla asentado en este tipo de depósitos, alcanzando en algunos lugares espesores mayores de 2 m. En la actualidad parte de ellos son ocupados por terrenos de cultivo, tanto en el C.P.M. La Natividad como en el distrito de Tacna.

2.1.2.5 Depósitos deluviales

Estos depósitos se forman por la erosión de suelos, gravedad y viento y comprenden capas de suelo fino con arenas limosas con inclusiones de fragmentos pequeños a medianos de ignimbritas soldadas violáceas de la Formación Huaylillas, que se depositan y cubren las laderas de los cerros. Estos suelos pueden alcanzar hasta 2 m. de espesor y en algunos casos están reposando sobre una secuencia residual de areniscas grises de la Formación.

Su mayor extensión se ubica en las laderas del Cerro Intiorko a lo largo de los Distritos del Alto de la Alianza y Ciudad Nueva. Estos suelos presentan tonalidades rosadas y marrón claras y tienen alto contenido de sales y sulfatos.

2.1.2.6 Depósitos antropogénicos

Dentro de este tipo de depósitos están incluidos aquellos generados por el hombre y están formados por desmonte y basurales. Se encuentran repartidos mayormente en el Cono Norte, Cono Sur y el distrito de Pocollay, así como a lo largo de la Quebrada del Diablo.

Los depósitos de desmonte están representados por escombros de viviendas, y canteras abandonadas de ignimbritas de la Formación Huaylillas, mientras que en los depósitos de basura se consideran además los antiguos botaderos municipales.

Los depósitos de desmonte se presentan mayormente con geometrías linguiformes que en algunos casos están rellenando antiguos cauces, como sucede en el Cono Norte. Sus dimensiones varían de 20 a 100 m. de ancho por 300 hasta 1000 m. de extensión. Sin embargo, en otros casos estos depósitos han sido arrojados en extensos descampados, donde posteriormente han sido nivelados, como se puede apreciar en el Parque Industrial de la ciudad. Se pudo notar que la urbanización La Florida, ubicada a la salida de Tacna, se halla asentada en su totalidad sobre

este tipo de depósitos, los cuales han rellenado parcialmente la Quebrada del Diablo. De igual forma, en el Cerro Intiorko se puede apreciar depósitos de canteras de ignimbritas abandonadas.

Los depósitos de basura se hallan localizados a lo largo de la Quebrada del Diablo, la cual ha servido como Botadero Municipal por mucho tiempo

2.2 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

La zona de estudio se encuentra enmarcada en un contexto geomorfológico que corresponde a las pampas costaneras, las cuales ocupan una extensa depresión entre la Cordillera de la Costa y el frente occidental de los Andes, resultado de la acumulación de sedimentos clásticos del Grupo Moquegua, rocas volcánicas de la Formación Huaylillas y depósitos cuaternarios recientes. Se presenta como un territorio suavemente ondulado inclinado hacia el Sur-Oeste, con una pendiente aproximada de 2% a 4% aproximadamente. Están cubiertas por conos de deyección fluvial y depósitos eólicos.

La Ciudad de Tacna se desarrolla en el Valle del Río Caplina, a una altura de 550 m.s.n.m, en medio de los Cerros Arunta e Intiorko, que oscilan entre lo 850 y 950 m.s.n.m.

La superficie de estos cerros forman grandes llanuras denominadas Planicies del Huaylillas. Están cubiertas por suelos residuales y arenas eólicas que les dan una tonalidad rosada - marrón clara. Las faldas de los cerros forman laderas que tienen pendientes que fluctúan entre 40% y 64% y están cubiertas por depósitos deluviales.

En la Quebrada Caramolle se ha podido notar que su último evento aluvial ha cortado y cubierto el depósito de cenizas volcánicas, dejando un canal de hasta 50 m. de ancho, donde se halla asentado parte del distrito de Ciudad Nueva en el Cono Norte. En el punto donde cambia su dirección al Valle, esta quebrada presenta una cascada con un salto de 25 m. aproximadamente.

A lo largo de la Quebrada del Diablo, en el tramo que está por desembocar al Valle de Tacna, se pueden observar dos cascadas escalonadas entre sí y distantes a 1500 m. Ambas tienen un salto de aproximadamente 8 m y han servido de botadero municipal por largo tiempo. Ya en la desembocadura, con la ayuda de fotografías aéreas, se pudo identificar tres eventos de conos aluviales. El primer evento está casi totalmente erosionado conservándose sólo la parte superior del cono a manera de una pseudo terraza colgada. Sin embargo, el segundo evento aluvial se ve mejor desarrollado el cual se extiende hasta la altura del Cementerio de Tacna, Terminal Terrestre Manuel A. Odría, CTAR-Tacna y el Colegio Modesto Basadre. Un tercer cono aluvial más reciente y de menor tamaño se asienta el Centro Comercial La Rotonda y el Mercado Grau.



Los depósitos de ceniza volcánica se extienden a manera de lomas en el valle formando lenguas longitudinales. Estos depósitos presentan un drenaje subparalelo de dirección Nor-Este Sur-Oeste que desemboca en el cauce antiguo de la Quebrada Caramolle. En la actualidad, los cauces antiguos de estos depósitos son depresiones por donde circula un tráfico vehicular regular.

2.3 CONSIDERACIONES HIDROGEOLOGICAS

La ciudad de Tacna geomorfológicamente se encuentra ubicada en el valle del río Caplina, labrado en la gran unidad geomorfológica denominada Pampas Costaneras.

Longitudinalmente en el valle, la ciudad de Tacna se encuentra en la parte terminal del canal de desagüe, zona de transición a la parte del delta o desembocadura que se inicia en la zona de Magollo, al SW.

El conjunto de la ciudad se encuentra emplazada en las terrazas fluviales de la llanura de inundación del río Caplina, y en terrazas aluviales antiguas de un curso anterior al actual. Así, la zona del Cono Norte, que comprende los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, se encuentra en las terrazas antiguas citadas, encontrándose por tanto, a mayor altura que el centro de la ciudad.

En este marco geomorfológico, es conocida la existencia de aguas subterráneas en todo el valle, pues son explotadas mediante pozos tubulares profundos desde el Cono Norte, zona del parque industrial, y latitudes correspondientes en el Distrito de Pocollay al NE, zona de Sobraya, a profundidades mayores de 100m.; hasta la línea de playa, en el delta del río Caplina, conocido como Pampas de La Yarada, donde se encuentran a pequeñas profundidades.

En tal sentido, aún cuando está probada la existencia de aguas subterráneas en toda la ciudad, éstas se encuentran a profundidades del orden de 100 m., no constituyendo por tanto problema geotécnico alguno para las edificaciones, pues no tienen ningún contacto con los suelos en la zona utilizable de fundación.

2.4 SISMICIDAD

De acuerdo al mapa de Zonificación Sísmica del Perú, la zona de estudio se encuentra ubicada en Tacna, por tanto, en la Zona 4, correspondiéndole una Sismicidad alta con intensidad mayor de VII en la escala modificada de Mercalli, los

registros históricos dan una aceleración de la gravedad del terreno de hasta 0.45 g; y del desplazamiento continental relacionada a la tectónica de placas, un coeficiente que varía desde 0.10 hasta 0.30.

2.4.1 PARÁMETROS DE SISMOS

Según análisis sismo tectónicos, existen en el mundo dos zonas muy importantes de actividad sísmica conocidas como: el Círculo Alpino imalayo y el Circulo Pacifico. En esta última zona han ocurrido el 80 % de los eventos sísmicos, quedando el 15 % para el Circulo Alpino Himalayo, y el 5 % restante se reparte en todo el mundo.

La fuente básica de datos de intensidades sísmicas es el trabajo del Silgado (1978), que describe los principales eventos sísmicos ocurridos en el Perú. De lo anterior se concluye que de acuerdo al área sísmica donde se ubica la zona en estudio existe la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades del orden VIII en la escala de Mercalli Modificada.

Conforme lo mencionado en la norma sismo-Resistente E-030, el país se encuentra dividido en las zonas siguientes:



A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N° 1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Zona 1.- Comprende la ciudad de Iquitos, y parte del Departamento de Iquitos, parte del Departamento de Ucayali y Madre de Dios; en esta región la sismicidad es baja.

Zona 2.- En esta zona la sismicidad es medía. Comprende el resto de la región de la selva, Puno, Madre de Dios, y parte del Cusco. En esta región los sismos se presentan con mucha frecuencia, pero no son percibidos por las personas en la mayoría de las veces.

Zona 3.- Es la zona de la sierra Comprende toda la Sierra peruana, de Tumbes a Tacna, la sierra norte y central, así como, parte de ceja de selva.

Zona 4.- Es la zona de más alta sismicidad. Comprende toda la costa peruana, de Tumbes a Tacna, es la zona más afectada por los fenómenos telúricos. De acuerdo al mapa de Zonificación Sísmica del Perú, la zona de estudio se encuentra ubicada en Tacna, por tanto, en la Zona 4, correspondiéndole una Sismicidad alta con intensidad mayor de VII en la escala modificada de Mercalli, los registros históricos dan una aceleración de la gravedad del terreno de hasta 0.45 g; y del desplazamiento continental relacionada a la tectónica de placas, un coeficiente que varía desde 0.10 hasta 0.30. Las Fuerzas sísmicas horizontales cortantes en la base pueden calcularse de acuerdo a las normas de diseño sismo resistente E-030, del Reglamento Nacional de Edificaciones, según la siguiente relación:

$$V = \frac{Z_x U_x S_x C_x P}{R}$$

Donde:

V = CORTANTE BASAL

Z= FACTOR DE ZONA

U= FACTOR DE USO

S= FACTOR DE AMPLIFICACIÓN DEL SUELO

C= FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA

R =COEFICIENTE DE REDUCCIÓN

P= PESO DE LA EDIFICACIÓN

En el mapa de Zonificación Sísmica de la Zona, se observa que el perfil de suelo para la zona de estudio es tipo S3, el cual corresponde a estratos flexibles. Esto es válido para la zona en donde se proyecta emplazar la estructura proyectada. El valor del periodo predominante del suelo es adoptado de la norma E-030 del RNE.

CUADRO I

COEFICIENTES SÍSMICOS

De acuerdo al reglamento nacional de construcciones se tiene:

Tipo de Suelo: Blandos, medianamente flexibles

ZONA 4	Z	=	0.45
FACTOR DE USO	U	=	1.0
FACTOR DE AMPLIACIÓN DEL SUELO	S	=	1.10
PERIODO PREDOMINANTE	Tp(s)	=	1.0
	Tl (s)	=	1.6

3.0 INVESTIGACIONES DE CAMPO

3.1 EXPLORACIÓN DE SUELOS

La fase de exploración de suelos enmarcado en el firme objetivo de investigar las características físico químicas de las calicatas que se han explorado, las cuales tienen la siguiente secuencia:

3.2 RECONOCIMIENTO DE CAMPO

Esta fase tuvo como objetivo reconocer el terreno en el cual se establecería el estudio, asimismo el grado de dificultad y los inconvenientes posibles en la ejecución, período en el cual se trabajó a tiempo completo para conseguir los fines del estudio.

- En una primera apreciación de esta salida se pudo observar que el area de estudio es variada en donde existe zonas con pendientes leves y pendientes fuertes estando en su totalidad urbanizadas.
- Reconocimiento de la zona a intervenir, en donde se realizó la ubicación de las calicatas mediante la utilización de un plano y coordenadas GPS.

CUADRO DE CALICATAS

Calicata	Prof. (m)	COORDENADAS ESTE	COORDENADAS NORTE
CALICATA 01	0.0 – 1.20	369585.52	8012534.94
CALICATA 02	0.0 – 1.20	369068.71	8012167.38
CALICATA 03	0.0 – 1.20	368515.44	8011771.88
CALICATA 04	0.0 – 1.20	370091.25	8012257.26
CALICATA 05	0.0 – 1.20	369814.61	8012398.29
CALICATA 06	0.0 – 1.20	369533.39	8012345.77
CALICATA 07	0.0 – 1.20	368837.92	8011895.47
CALICATA 08	0.0 – 1.20	368289.70	8011505.76
CALICATA 09	0.0 – 1.20	369994.64	8012580.26
CALICATA 10	0.0 – 1.20	369979.34	8011789.07

Nota : Las coordenadas fueron tomadas utilizando el sistema WGS – 84 UTM

- Excavación de las Calicatas, teniendo que realizarlas en zonas libres en donde se pueda realizar la excavación.
- Se verificó la existencia y el espesor de los estratos encontrados.
- Se tomo muestra alteradas de las diferentes estratos para su posterior análisis de identificación en laboratorio.
- Se realizó el perfil estratigráfico de la calicata ejecutada, tomando nota de las características visuales de las diferentes capas y estratos encontrados.
- Se restituyó las muestras extraídas a las calicatas.

4.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos de Laboratorio para pavimentación se realizan de acuerdo a los procedimientos del ASTM y la clasificación de los suelos se realiza en el Sistema Unificado de Suelos; y el sistema AASTHO.

Con las muestras obtenidas se realizaron los siguientes ensayos de acuerdo a las Normas Standard de la American Society for Testing and Materials.

ENSAYOS ESTÁNDAR

- Análisis Granulométrico Norma ASTM D 422

- Clasificación de Suelos Norma ASTM D 2487
- Ensayos de Límites de Consistencia Norma ASTM D 4318
- Ensayo de Humedad Natural Norma ASTM C-70

ENSAYOS ESPECIALES

- Ensayo de Corte Directo Norma ASTM D 3060
- Ensayos químicos de contenido de sales solubles totales
- Ensayo químico de contenido de Cloruros
- Ensayo Químico de contenido de sulfatos

Estos ensayos permitirán conocer las propiedades del suelo tales como: Características físicas, de resistencia y químicas.

ENSAYOS STANDAR

Los formatos de reportes de Laboratorio se muestran en el Anexo de Suelos correspondiente.

GRANULOMETRIA

El análisis del tamaño de los granos consiste en la separación y clasificación por tamaños de las partículas que conforman el suelo. La minuciosidad de este ensayo conlleva a que se realice una buena clasificación de suelos, para ello se cumplió las recomendaciones de la Norma ASTM D-422-

Se realizaron 30 ensayos granulométricos mecánicos y de la observación de las curvas granulométricas se ha determinado que los suelos están en el orden de gradación gruesa.

LIMITES DE CONSISTENCIA

El fin inmediato de este ensayo es encontrar la plasticidad de los suelos. El límite líquido es el contenido de agua tal que, para un material dado, fija la división entre el estado casi líquido y el plástico.

El límite plástico es el contenido de agua que limita el estado plástico del estado semisólido resistente. El índice plástico es la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico. Para estas determinaciones se siguió las recomendaciones de la norma ASTM D-4318.

Posterior a esto, con los resultados de la granulometría y los límites de consistencia se puede obtener la clasificación correcta de los suelos sea por el método SUCS, AASHTO.

CLASIFICACION DE SUELOS Y LIMITES DE CONSISTENCIA DEL SUELO DE

FUNDACION

Calicata	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASTHO	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
C – 01	SM	A-2-4 (0)	19.1	N.P.	N.P.
C – 02	SM	A-2-4 (0)	19.4	N.P.	N.P.
C – 03	SM	A-2-4 (0)	19.0	N.P.	N.P.
C – 04	SM	A-2-4 (0)	18.7	N.P.	N.P.
C – 05	SM	A-2-4 (0)	18.9	N.P.	N.P.
C – 06	SM	A-2-4 (0)	18.6	N.P.	N.P.
C – 07	SM	A-2-4 (0)	18.1	N.P.	N.P.
C – 08	SM	A-2-4 (0)	17.3	N.P.	N.P.
C – 09	SM	A-2-4 (0)	19.5	N.P.	N.P.
C – 10	SM	A-2-4 (0)	19.7	N.P.	N.P.

HUMEDAD NATURAL

El contenido de humedad o la humedad natural en la muestra de un suelo, es la relación entre el peso de agua contenida en la muestra y el peso de la muestra después de ser secada al horno.

El presente ensayo ha sido desarrollado bajo las recomendaciones de la norma ASTM C-70.

RESUMEN DE LA HUMEDAD NATURAL

Calicata	HUMEDAD DEL SUELO PROPIO
C – 01	1.98
C – 02	2.05
C – 03	1.59
C – 04	2.66
C – 05	2.12
C – 06	1.89
C – 07	2.07
C – 08	1.66
C – 09	1.83
C – 10	2.26

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

La finalidad de este ensayo, es determinar El ángulo de fricción Interna y la Cohesión del suelo en laboratorio, con una humedad, densidad y condiciones

iguales a las encontradas en Campo.

CARACTERISTICAS DEL SUELOS OBTENIDAS EN EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Calicata	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA	COHESIÓN
C – 01	20.92	0.175
C – 02	20.73	0.200
C – 03	20.49	0.228
C – 04	20.53	0.277
C – 05	20.61	0.174
C – 06	20.81	0.211
C – 07	20.27	0.204
C – 08	20.63	0.259
C – 09	20.48	0.212
C – 10	20.53	0.169

5.0 CARACTERISTICAS DEL SUB SUELO

La zona está conformada por suelos de origen diluvial, color marrón claro con partículas de caliche el mismo que hace que en algunos sectores se encuentre en estado semi denso. Presenta bajo contenido de humedad natural, siendo el encontrado producto des filtraciones tuberías mal conectadas y de jardines cercanos. Según datos referenciales la capacidad portante de la zona está entre 0.7 a 1.2 kg/cm². En Algunas zonas presenta rellenos antropogénicos (zona de la quebrada al pie del Cerro intiorko).

5.1 PERFIL DEL SUELO.

CALICATA 01

ESTRATO 01 DE 0.00 A 2.00 M.

Suelo de fundación o suelo propio, conformado por arenas limosas con finos No plásticos, en estado semi denso color marrón claro.

CALICATA 02

ESTRATO 01 DE 0.00 A 2.00 M.

Suelo de fundación o suelo propio, conformado por arenas limosas con finos No plásticos, en estado semi denso color marrón claro.

CALICATA 03

ESTRATO 01 DE 0.0 A 0.30 M.



Suelo de relleno en estado semi suelto, conformado por arenas, gravas
Y partículas inorgánicas

ESTRATO 02 DE 0.30 A 2.00 M.

Suelo de fundación o suelo propio, conformado por arenas limosas con finos
No plásticos, en estado semi denso color marrón claro. Presenta

CALICATA 04

ESTRATO 01 DE 0.00 A 2.00 M.

Suelo de fundación o suelo propio, conformado por arenas limosas y finos No
plásticos color marrón en estado semi denso.

CALICATA 05

ESTRATO 01 DE 0.00 A 2.00 M.

Suelo de fundación o suelo propio, conformado por arenas limosas y finos No
plásticos color marrón en estado semi denso.

CALICATA 06

ESTRATO 01 DE 0.00 A 2.00 M.

Suelo de fundación o suelo propio, conformado por arenas limosas y finos No
plásticos color marrón en estado semi denso.

CALICATA 07

ESTRATO 01 DE 0.00 A 2.00 M.

Suelo de fundación o suelo propio, conformado por arenas limosas y finos No
plásticos color marrón en estado semi denso.

CALICATA 08

ESTRATO 01 DE 0.00 A 2.00 M.

Suelo de fundación o suelo propio, conformado por arenas limosas y finos No
plásticos color marrón en estado semi denso.

CALICATA 09

ESTRATO 01 DE 0.00 2.00 M.

Suelo de fundación o suelo propio, conformado por arenas limosas y finos No
plásticos color marrón en estado semi denso.

CALICATA 10

ESTRATO 01 DE 0.00 A 2.00 M.

Suelo de fundación o suelo propio, conformado por arenas limosas y finos No
plásticos color marrón en estado semi denso.

CALICATA 29

5.2 PROFUNDIDAD DE LA NAPA FREÁTICA

El Nivel Freático no fue alcanzado, hasta la profundidad estudiada mediante las calicatas ejecutadas. Con ello podemos garantizar que el suelo no, podrá sufrir el problema de adensamiento con la saturación o el problema de Licuación de suelos ante la presencia de un eventual sismo.

6.0 CARACTERISTICAS DE LA SUB RASANTE EXISTENTE

Los suelos encontrados en la sub rasante están conformados por suelos granulares con finos No plásticos, en donde predominan las arenas limosas, variando de tonos de marrón claro a marrón oscuro, con partículas de carbonato de calcio (caliche), presentan bajo contenido de humedad y están en compacidad de semi densos a denso.

6.0 AGRESIVIDAD DE LAS SALES DEL SUB SUELO

La agresión que ocasiona el suelo a la cimentación de las estructuras, está en función de la presencia de elementos químicos (sulfato y cloruros principalmente) que actúen sobre el concreto y la estructura del pavimento, causándole efectos nocivos y hasta destructivos, embargo la acción química del suelo esto ocurre a través del agua subterránea que reacciona con las sales existentes, causando de este modo el deterioro de las estructuras. Esta reacción se da bajo el nivel freático zona de ascensión capilar o presencia de agua filtrada por otra razón (rotura de tuberías lluvias extraordinarias inundaciones, etc.) los Principales elementos químicos a evaluar son los sulfatos y cloruros por su acción química sobre el concreto y pavimento las sales solubles totales por su acción mecánica sobre el cimiento al ocasionar asentamientos bruscos por lixiviación (lavado de sales en contacto con el agua).

En el suelo existente y según los reportes de laboratorio encontramos que el suelo presenta moderada concentración de sales totales, por lo tanto, se puede determinar que no habrá problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lavado de sales (lixiviación). Debido a que este valor incluye también la concentración de cloruros y sulfatos, se puede concluir que a la profundidad de cimentación recomendada se tiene una moderada concentración de cloruros y



sulfatos que ocasiona efectos perjudiciales de moderada magnitud a los elementos de la pavimentación, por lo tanto, no se requiere de materiales especiales, pudiendo usarse cemento tipo IP para el concreto de las obras de arte.

CALICATA N°	P.P.M. DE SALES TOTALES	P.P.M. DE SULFATOS	P.P.M. DE CLORUROS
1	1740	703	859
2	1820	747	904
3	1680	673	824
4	1530	603	795
5	1640	631	807
6	1830	725	856
7	1490	583	716
8	1580	624	759
9	1620	684	803
10	1760	733	815

NOTA: Los ensayos se realizaron al estrato o suelo de fundación.

Para interpretar los resultados obtenidos se han usado los siguientes cuadros:

REQUISITOS PARA CONCRETO EXPUESTO A SOLUCIONES DE SULFATOS

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO ₄) presente en el suelo, porcentaje en peso	Sulfato (SO ₄) en el agua, ppm	Tipo de Cemento	Relación máxima agua - material cementante (en peso) para concretos de peso normal*	f _c mínimo (MPa) para concretos de peso normal y ligero*
Insignificante	0,0 ≤ SO ₄ < 0,1	0 ≤ SO ₄ < 150	—	—	—
Moderada**	0,1 ≤ SO ₄ < 0,2	150 ≤ SO ₄ < 1500	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0,50	28
Severa	0,2 ≤ SO ₄ < 2,0	1500 ≤ SO ₄ < 10000	V	0,45	31
Muy severa	2,0 < SO ₄	10000 < SO ₄	Tipo V más puzolana***	0,45	31

Cuadro Obtenido de la Norma Técnica Peruana E-060



Presencia en el Suelo	p.p.m	Grado de Ataque	Observación
*Sulfatos	0 -1000	Leve	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación.
	1000 - 2000	Moderado	
	2000 - 20000	Severo	
	> 20000	Muy Severo	
*Cloruros	> 6000	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión de armaduras o elementos metálicos.
*Sales Solubles Totales	> 15000	Perjudicial	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problema de lixiviación.

* Comité 318 - 83 ACI

7.0 ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN

7.1 TIPO Y PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN.

El suelo matriz está compuesto en su mayoría por arenas limosas que conforman suelos flexibles. Por lo cual se recomienda el uso de Cimentaciones armadas a una profundidad mínima de 1.50 Siendo el Ing. Especialista en estructuras quien define el tipo y profundidad de cimentación. Para el caso de la cimentación de estructuras secundarias como cerco y otros que transmitan poca carga y de menor importancia podrán cimentarse a 1.00 m. de profundidad como mínimo.

7.2 CAPACIDAD PORTANTE Y CAPACIDAD ADMISIBLE

Para la aplicación de la capacidad portante, se aplica la teoría de Terzaghi para el caso de zapatas aisladas (cuadradas).

[Ver formato de capacidad portante](#)

En donde:

Qult. = Capacidad ultima de Carga

Qadm = Capacidad de Carga Admisible

FS = Factor de Seguridad

Yd = Peso específico o Densidad Natural seca (Kg/m³)

B = Ancho de la Cimentación

DF = Profundidad de la Cimentación

Nc, Nqs, Ny = Factores de Capacidad de carga

CALICATA N^a 01
(DF = 1.50 – B = 1.50)

$$Q_{adm} = 0.83 \text{ Kg/cm}^2$$



CALICATA N^a 02
(DF = 1.50 – B = 1.50)

$$Q_{adm} = 0.84 \text{ Kg/cm}^2$$

CALICATA N^a 03
(DF = 1.50 – B = 1.50)

$$Q_{adm} = 0.81 \text{ Kg/cm}^2$$

CALICATA N^a 04
(DF = 1.50 – B = 1.50)

$$Q_{adm} = 0.88 \text{ Kg/cm}^2$$

CALICATA N^a 05
(DF = 1.50 – B = 1.50)

$$Q_{adm} = 0.81 \text{ Kg/cm}^2$$

CALICATA N^a 06
(DF = 1.50 – B = 1.50)

$$Q_{adm} = 0.85 \text{ Kg/cm}^2$$

CALICATA N^a 07
(DF = 1.50 – B = 1.50)

$$Q_{adm} = 0.79 \text{ Kg/cm}^2$$

CALICATA N^a 08
(DF = 1.50 – B = 1.50)

$$Q_{adm} = 0.87 \text{ Kg/cm}^2$$

CALICATA N^o 09
(DF = 1.50 – B = 1.50)

$$Q_{adm} = 0.80 \text{ Kg/cm}^2$$

CALICATA N^o 10
(DF = 1.50 – B = 1.50)

$$Q_{adm} = 0.77 \text{ Kg/cm}^2$$

7.3 CRITERIOS DE ASENTAMIENTO ADMISIBLE

Los asentamientos que se presentarán en los suelos granulares son Instantáneos, los cuales se producen durante la construcción, no existirán Asentamientos a largo plazo por consolidación.

8.0 POTENCIAL DE EXPANSIÓN.

El grado o potencial de expansión del suelo es relativamente bajo o nulo por tratarse de suelos granulares y No plásticos, altamente permeables.

9.0 CONCLUSIONES

- Los Trabajos de campo han consistido en la excavación de 10 calicatas hasta alcanzar una profundidad de 2.00 m. Las calicatas se han ubicado convenientemente en el área del terreno y así poder contar con la información y resultados correctos. De la calicata se extrajo muestras alteradas para realizar ensayos Análisis Granulométrico por tamizado, Límites de Consistencia, Humedad natural, Clasificación de Suelos SUCS, Análisis Químicos (Sulfatos y Cloruros).
- El Perfil Estratigráfico que se presenta ha sido elaborado mediante la interpretación de la estratigrafía encontrada en las calicatas. El subsuelo del área de estudio está conformado por un estrato de suelo superficial areno limosos CON FINOS No Plásticos de origen diluvial.
- En base a las características del perfil estratigráfico, se recomienda cimentar a la profundidad mínima de Df = 1.50 metros.; a esta profundidad se cimentarán sobre suelos granulares, no se cimentará sobre suelos de relleno o arcillosos, siendo el ingeniero estructuralista quien decide el tipo y la profundidad de la cimentación.
- En lo referente a la sismicidad del área de estudio, ésta se encuentra ubicada dentro de la Zona Sísmica 4 (Zona de Sismicidad Alta), por lo que se deberá tener



presente la posibilidad de que ocurran sismos de gran magnitud.

- Para el análisis sismo-resistente según el RE se recomienda considerar un suelo de un perfil tipo S3, con un periodo $T_p(s) = 1.10$ seg., $T_l(s) = 1.0$; factor de suelo $S = 1.6$

- El tipo de cimentación recomendada por su economía es a base de cimentaciones, pudiéndose utilizar cualquier tipo de cimentación según lo recomiende el Ing. Proyectista en estructuras dependiendo de los niveles a construir y las cargas estructurales a transmitir.

- La capacidad de carga admisible para el tipo y profundidad de cimentación recomendada después de realizar los ensayos de campo y laboratorio, obteniéndose los parámetros geotécnicos del suelo y utilizando la teoría de Terzaghi fue de:

C – 1 = 0.83 Kg/cm². (DF = 1.50 m)

C – 2 = 0.84 Kg/cm². (DF = 1.50 m)

C – 3 = 0.81 Kg/cm². (DF = 1.50 m)

C – 4 = 0.88 Kg/cm². (DF = 1.50 m)

C – 5 = 0.81 Kg/cm². (DF = 1.50 m)

C – 6 = 0.85 Kg/cm². (DF = 1.50 m)

C – 7 = 0.79 Kg/cm². (DF = 1.50 m)

C – 8 = 0.87 Kg/cm². (DF = 1.50 m)

C – 9 = 0.80 Kg/cm². (DF = 1.50 m)

C – 10 = 0.77 Kg/cm². (DF = 1.50 m)

- Según la clasificación de suelos encontrados son de tipo normal siendo necesario para el movimiento de tierras herramientas del tipo normal o estándar tales como pala, pico, barreno, etc.

- Es conveniente tener presente el cuidado necesario para que los empalmes de las tuberías de agua y desagüe estén bien instalados de tal forma evitar fugas que pueden generar la reacción de los sulfatos y cloruros.

- De los análisis de suelos (químicos) realizados a la muestra del suelo donde irá desplantada la cimentación y de la inspección de la zona en estudio se recomienda el uso de CEMENTO TIPO IP para el concreto en contacto con el suelo de la cimentación.

- Las conclusiones y recomendaciones presentes, sólo se aplican al terreno estudiado, no pudiendo aplicarla para otros fines o a otros sectores.



ANEXO 01

ENSAYOS DE LABORATORIO



ANEXO 02

PERFIL ESTRATIGRÁFICO



ANEXO 03

UBICACIÓN DE CALICATAS

ANEXO D

Panel fotográfico

Foto 1 Ubicación de calicatas según planos



Foto 2 Marcado de calicatas



Foto 3

Ubicación de calicatas



Foto 4

Ubicación de calicatas



Foto 5 Verificación de calicatas



Foto 6 Excavación de calicatas

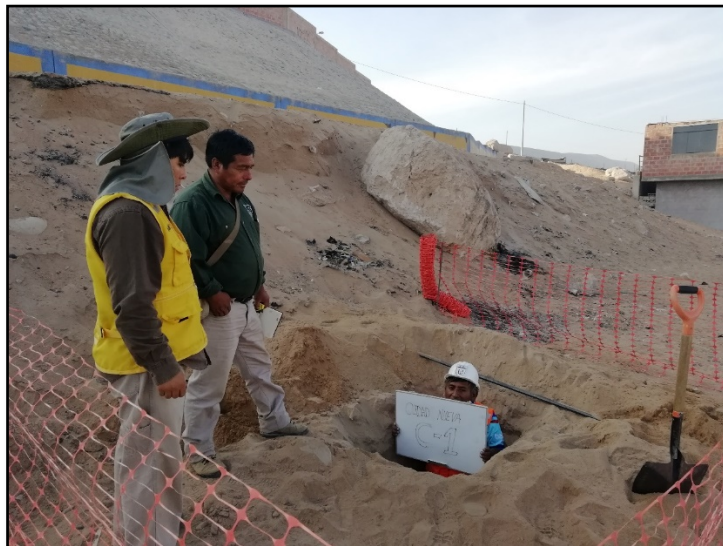


Foto 7 Ensayo de densidad insitu



Foto 8 Densidad dentro de la calicata



Foto 9 Recolección de muestra



Foto 20 Recolección de muestra



Foto 31

Tapado de calicatas



Foto 42

Desarrollo de ensayos en laboratorio (limite liquido)



Foto 53 Desarrollo de ensayos en laboratorio (corte directo)



Foto 64 Desarrollo de ensayos en laboratorio (humedad)



Foto 75 Desarrollo de ensayos en laboratorio (análisis granulométrico)



Foto 86 Desarrollo de ensayos en laboratorio (humedad)



Foto 97

Desarrollo de ensayos en laboratorio (límite plástico)



Foto 108

Desarrollo de ensayos en laboratorio (corte directo)

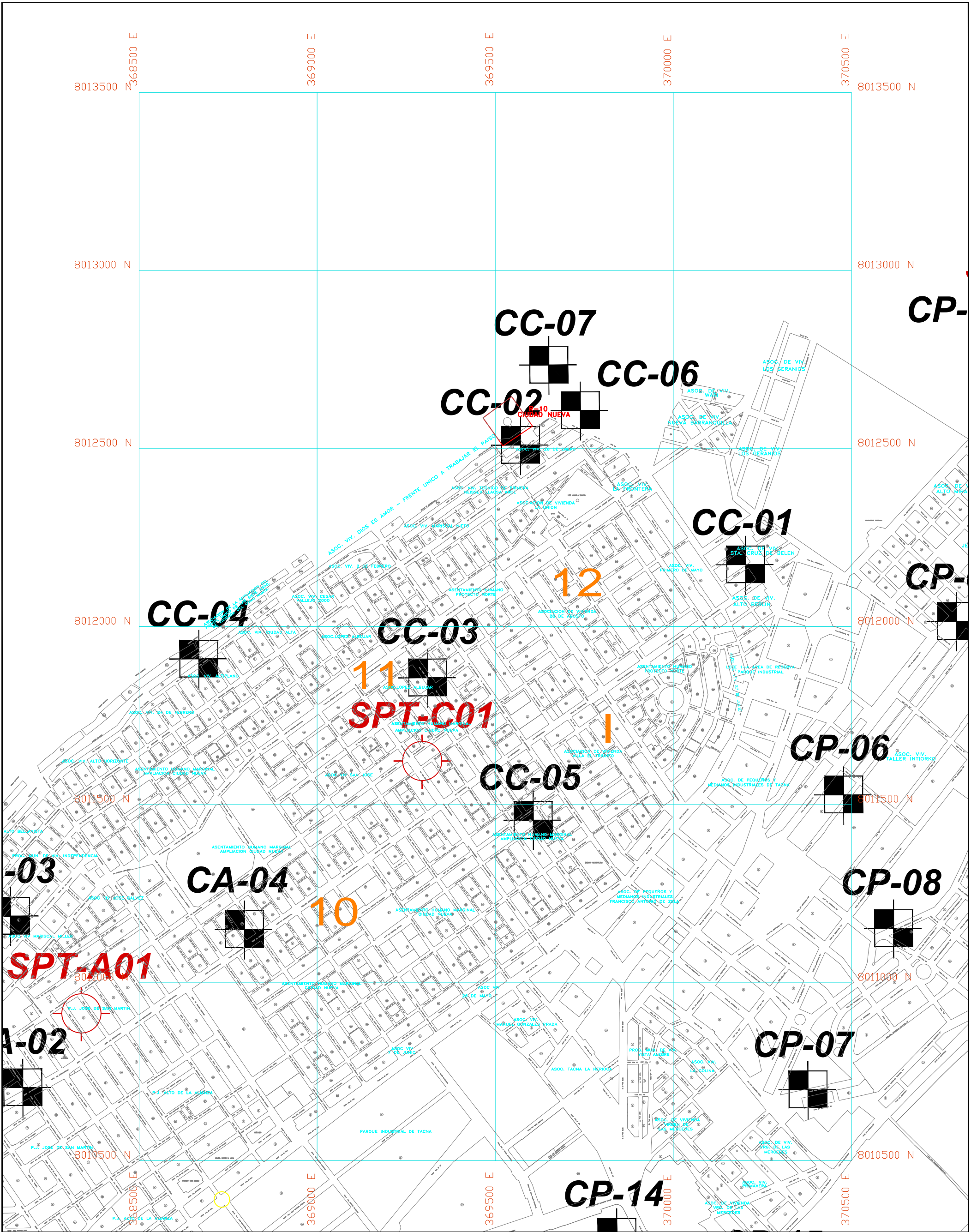


Foto 119 Desarrollo de ensayos en laboratorio (corte directo)



ANEXO E

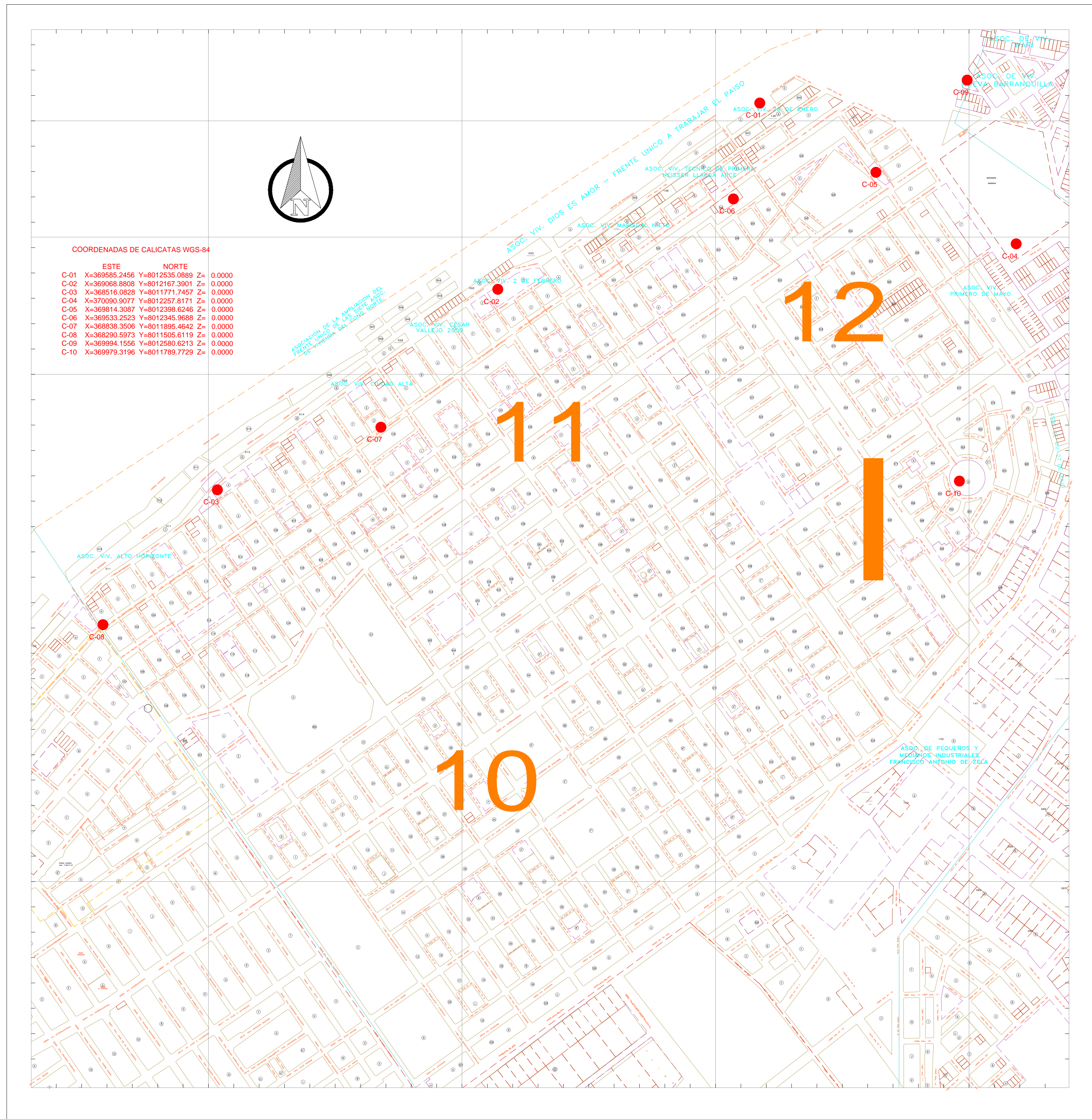
- I. PLANO DE LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN**
- II. PLANO DE CALICATAS**
- III. PLANO DE REDES DE AGUA**



LEYENDA	
	Predios urbanos
	Curvas de nivel
	Límite distrital
	Vías de Acceso
	Drenaje natural principal
	Drenaje natural secundario

SIMBOLOGÍA	
	CG-07 Calicata
	SPT-T03 SPT

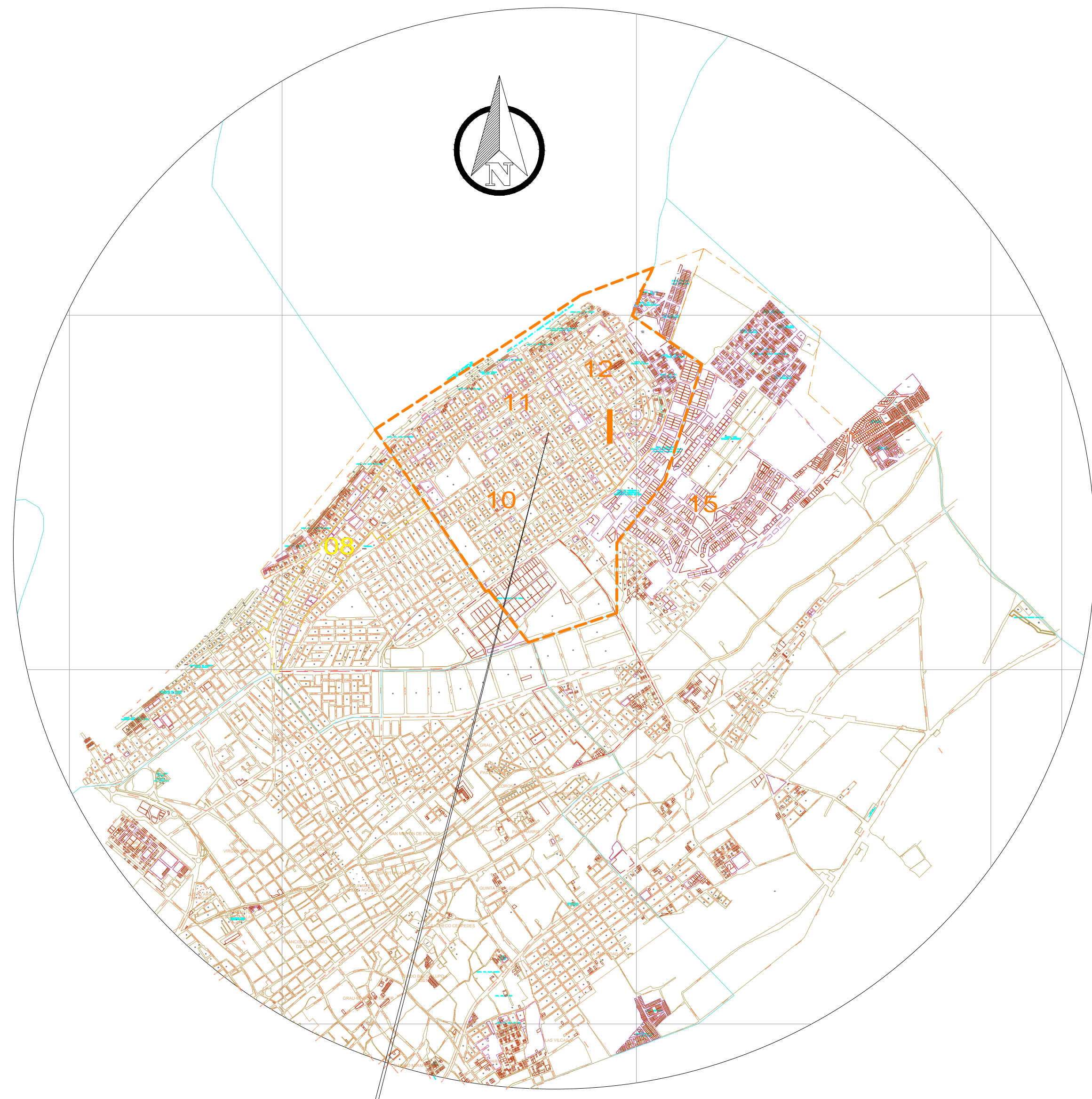
UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA			
FACULTAD DE INGENIERIA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
Presentado por:	Bach. Cristian Jhamy HUARACHI YUPANQUI Bach. Yefri Erick HUARACHI YUPANQUI		
Plano:	UBICACIÓN DE CALICATAS RECOPIADAS		
PROYECTO DE TESIS		Distrito :	CIUDAD NUEVA
"PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CIUDAD NUEVA, DEPARTAMENTO DE TACNA"		Provincia :	TACNA
Fecha:	NOVIEMBRE 2018	Departamento :	TACNA
Datum:	WGS84 19 k	Escala:	1/10 000
			Lámina: P-03



COORDENADAS DE CALICATAS WGS-84

	ESTE	NORTE	Z
C-01	X=369585.2486	Y=8012535.0889	Z= 0.0000
C-02	X=369068.8808	Y=8012167.3901	Z= 0.0000
C-03	X=368516.0828	Y=8011771.7457	Z= 0.0000
C-04	X=370090.9077	Y=8012257.8171	Z= 0.0000
C-05	X=369614.3057	Y=8012398.6246	Z= 0.0000
C-06	X=369535.2523	Y=8012345.9698	Z= 0.0000
C-07	X=368838.3506	Y=8011895.4642	Z= 0.0000
C-08	X=368290.5973	Y=8011505.6119	Z= 0.0000
C-09	X=369994.1556	Y=8012580.6213	Z= 0.0000
C-10	X=369979.3196	Y=8011789.7729	Z= 0.0000

PLANO DE PERIMETRAL
ESC 1/10000



PLANO DE UBICACION
ESC 1/25000

UBICACION	
DEPARTAMENTO	: TACNA
PROVINCIA	: TACNA
DISTRITO	: CIUDAD NUEVA
LUGAR	: Ampl. A.H.M. Ciudad Nueva

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 Presentado por: **Bach. Cristian Jhamy HUARACHI YUPANQUI**
Bach. Yefri Erick HUARACHI YUPANQUI

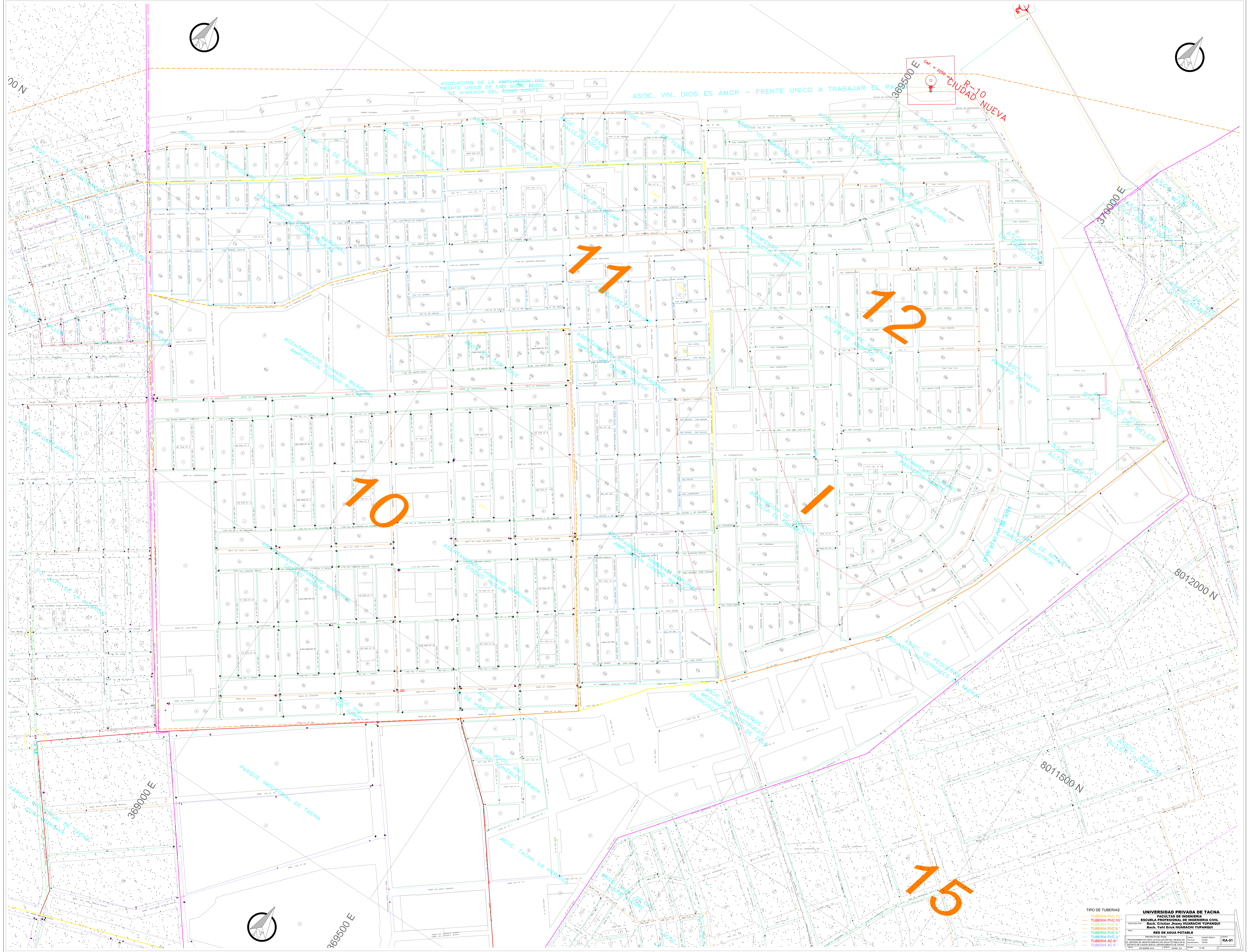
Plan: **UBICACION DE CALICATAS PROPIAS**

PROYECTO DE TESIS: **PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACION DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CIUDAD NUEVA, DEPARTAMENTO DE TACNA**

Distrito: CIUDAD NUEVA
 Provincia: TACNA
 Departamento: TACNA

Fecha: NOVIEMBRE 2018
 Escala: 1/10 000

P-02



TIPO DE TUBERIAS	
[Red Line]	TUBERIA PVC 12"
[Orange Line]	TUBERIA PVC 10"
[Yellow Line]	TUBERIA PVC 8"
[Green Line]	TUBERIA PVC 6"
[Blue Line]	TUBERIA PVC 4"
[Purple Line]	TUBERIA PVC 3"
[Black Line]	TUBERIA PVC 2"

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 Bach. Cristian Jhonny HUARACHI YUPANQUI
 Bach. Yefri Erick HUARACHI YUPANQUI
RED DE AGUA POTABLE
 PROYECTO DE TUBERIAS PARA EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE SAN JUAN DE LOS RIOS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 TACNA - PERU
 2024