

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“REDUCCIÓN DEL IMPACTO DE LOS FENÓMENOS
SISMICOS EN LA SOSTENIBILIDAD DE LOS SISTEMAS
RURALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO

PRESENTADO POR:

JESUS ANTONIO TRELLES BAUTISTA

LIMA, PERÚ

2006

**"VOCATUS ATQUE NON VOCATUS
DEUS ADERIT"**

DEDICATORIA

A mis padres, por su paciencia y confianza; por su amor y dedicación que han hecho de mi lo que soy hasta el momento.
A mi hermano por su alegría e ímpetu que hacen que me esfuerce cada día por ser mejor.

A mis grandes amigos y amigas, de amistad forjada a través de los años en la Universidad Nacional de Ingeniería, con quienes he compartido experiencias inolvidables que están grabadas en la memoria y el alma.

A María Vargas Vásquez, por su vigilia y cuidado permanente.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial al Ing. Claudio Osorio Urzúa, por su asesoramiento, apoyo y amistad; sin cuyos valiosos aportes no se hubiera podido realizar el presente trabajo.

Al Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, en especial al apoyo de los ingenieros Gerardo Galvis y Luis Valencia.

A la Organización Panamericana de la Salud, que facilitó los recursos para el levantamiento de información de campo de la presente investigación.

A mi asesor, el Ing. Roberto O'Connor La Rosa, por su aporte en la revisión de la tesis y demás apoyo brindado.

A las autoridades y pobladores de las localidades visitadas durante el desarrollo de la tesis, por su apertura y ayuda al realizarse el levantamiento de información.

A aquellos profesionales que brindaron información valiosa para este trabajo.

A mis padres, amigos y amigas que han colaborado conmigo en la elaboración del presente documento, por su apoyo en todo sentido.

Gracias

RESUMEN

El presente trabajo busca ser un aporte para la sostenibilidad de los sistemas rurales de abastecimiento de agua potable mediante la propuesta de criterios para la reducción de su vulnerabilidad frente a amenazas de origen natural.

La investigación de campo se basa en la recopilación de información de los daños ocurridos, a raíz del terremoto del 23 de junio del 2001, en una muestra de sistemas de agua potable de la zona rural del sur peruano; y su sistematización en la forma de patrones de daños. De estos patrones se identificaron los componentes con mayor afectación (líneas de conducción, captaciones, reservorios y redes de distribución) y los daños más recurrentes.

El análisis de los daños ha permitido determinar las causas de los impactos, que son atribuibles a factores naturales y humanos en las distintas etapas del proyecto (desde el diseño hasta la operación y mantenimiento). Luego se ha elaborado una propuesta de criterios técnicos y se muestran metodologías para incorporar las amenazas naturales en base al trabajo con la propia comunidad.

Además se desarrolló, para una de las localidades analizadas, la aproximación de costos para la inclusión de los criterios planteados en el sistema de agua. Comparados con los costos iniciales de instalación, el resultado obtenido es mayor en 27%; sin embargo, si se toma en cuenta la inversión real, incluyendo rehabilitaciones y reconstrucción de componentes dañados, y otras medidas para la atención de la emergencia, se tiene un beneficio del 9%. Este beneficio aumenta si se considera los riesgos en salud y el deterioro de la calidad de vida dada la restricción y suspensión del servicio debido a estos daños.

En nuestro país, donde es necesario el aumento de coberturas de una manera sostenible y donde los planes de acción del sector están orientados hacia dicho fin, la incorporación de las medidas planteadas así como el desarrollo de otras orientadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas, debe ser considerado una de acción impostergable.

INDICE

CARATULA	
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
INDICE	

CONTENIDO DE LA TESIS.

INTRODUCCION	1
CAPITULO I: ABASTECIMIENTO DE AGUA EN EL AMBITO RURAL	2
I.1. CONTEXTO REGIONAL Y NACIONAL DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL AMBITO RURAL.	2
I.2. ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL AMBITO RURAL PERUANO.	4
I.2.1. Situación socioeconómica de las poblaciones rurales en el Perú.	4
I.2.2. Cronología del sector agua y saneamiento en el ámbito rural.	5
I.2.3. Situación actual de la provisión de servicios en el ámbito rural peruano.	8
I.3. OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL AMBITO RURAL.	9
I.3.1. Sistemas convencionales de abastecimiento de agua en zonas rurales	10
I.3.2. Sistemas no convencionales de abastecimiento de agua en zonas rurales	13
I.4. SOSTENIBILIDAD DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE EN EL AMBITO RURAL	13
I.4.1. Dimensiones de sostenibilidad en servicios de agua saneamiento rural.	16
I.5. PARTICIPACIÓN COMUNITARIA EN LA IMPLEMENTACION DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE EN EL ÁMBITO RURAL.	19
CAPITULO II: FENOMENOS SÍSMICOS Y PELIGRO GEOLOGICO	23
II.1. PELIGRO GEOLOGICO.	23
II.2. TERREMOTOS.	24
II.2.1. Origen de los movimientos sísmicos	25
II.2.2. Cuantificación de un movimiento sísmico.	26
II.2.3. Efectos de los terremotos	28
II.3. DESLIZAMIENTOS.	31
II.3.1. Caída de rocas.	32

II.3.2. Deslizamientos y flujos.	33
II.4. PELIGROS GEOLOGICOS EN EL TERRITORIO PERUANO.	35
II.4.1. Principales eventos sísmicos en el Perú.	36
II.4.2. Zonificación sísmica en el Perú.	38
II.4.3. Zonificación de peligro geológico en el Perú.	42
II.5. IMPACTO EN LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE DEBIDO A FENÓMENOS SISMICOS.	45
CAPITULO III: IMPACTO DE LOS FENÓMENOS GEOLÓGICOS EN SISTEMAS RURALES DE AGUA POTABLE.	48
III.1. OBJETIVO GENERAL.	48
III.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.	48
III.3. HIPOTESIS.	48
III.4. METODOLOGIA.	49
III.4.1. Fuentes de información.	49
III.4.2. Área de estudio	50
III.4.3. Estudio de caso: 23 de junio del 2001	50
III.4.4. Selección de la muestra	54
III.4.5. Información recopilada	56
III.4.6. Levantamiento de información	56
III.4.7. Análisis de la información	56
III.5. RESULTADOS OBTENIDOS	57
III.5.1. Daños por componente.	57
III.5.2. Administración de sistemas rurales de agua potable y rehabilitación de los sistemas afectados.	66
III.6. DISCUSION: ANALISIS DE LOS IMPACTOS ENCONTRADOS.	68
III.6.1. Impacto en las fuentes de abastecimiento	68
III.6.2. Impacto en unidades de captación y almacenamiento.	72
III.6.3. Impacto sobre las líneas de conducción, aducción y redes de distribución.	78
III.7. IDENTIFICACION DE CAUSAS SEGÚN COMPONENTE.	87
III.8. CONSECUENCIA SOBRE EL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.	90
III.9. OTRAS CONSECUENCIAS DE LA SUSPENSION DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE.	94
CAPITULO IV: PROPUESTAS PARA LA REDUCCION DEL IMPACTO DE FENOMENOS GEOLOGICOS EN SISTEMAS RURALES DE AGUA POTABLE.	96
IV.1. CRITERIOS TECNICOS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN EL AMBITO RURAL.	96

IV.2. ADMINISTRACION DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL AMBITO RURAL.	100
IV.3. PROPUESTA DE CRITERIOS PARA LA REDUCCION DEL IMPACTO DE FENOMENOS GEOLOGICOS EN SISTEMAS RURALES DE AGUA POTABLE	102
IV.3.1. Fuentes de abastecimiento.	102
IV.3.2. Unidades de captación y almacenamiento.	106
IV.3.3. Líneas de conducción, aducción y redes de distribución	109
IV.3.4. Administración de servicios y participación comunitaria.	113
IV.3.5. Mapas comunitarios de riesgo.Recomendaciones para la reducción de impacto en los servicios de agua rurales. RESUMEN.	113
IV.3.6. Plan de emergencia para sistemas de abastecimiento de agua potable rural	118
IV.3.7. Recomendaciones para la reducción de impacto en los servicios de agua rurales. RESUMEN.	119
CAPITULO V: RELACIÓN BENEFICIO-COSTO DE LA INCLUSIÓN DE MEDIDAS DE REDUCCION DEL RIESGO EN SISTEMAS RURALES DE AGUA POTABLE.	124
V.1. ESTUDIO DE CASO. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE ORLAQUE.	125
V.1.1. Cálculo de la relación beneficio costo.	128
CAPITULO VI: PERSPECTIVAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTIÓN DE RIESGO EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN ZONAS RURALES	132
VI.1. PLAN NACIONAL DE SANEAMIENTO 2006-2015	132
VI.1.1.Perspectivas del ámbito de aplicación..	132
VI.1.2. Manejo de Información y participación comunitaria	133
VI.1.3. La gestión del riesgo como parte a la sostenibilidad	134
V.1.4. Programa Nacional de Agua y Saneamiento Rural	134
VI.2. SISTEMA NACIONAL DE DEFENSA CIVIL	134
VI.3. ACTIVIDADES Y PROYECTOS DESARROLLADOS LA COOPERACION INTERNACIONAL.	135
CONCLUSIONES	137
RECOMENDACIONES	140
REFERENCIAS	142

ANEXOS

ANEXO 1: PATRONES DE DAÑOS EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE RURAL: OTRAS EXPERIENCIAS EN AMERICA LATINA	147
A1.1. El Salvador. Terremotos del 13 de enero y 13 de febrero del 2001.	147
A1.2. Ecuador. Terremotos del 28 de marzo de 1996.	149
ANEXO 2: LEVANTAMIENTO DE INFORMACION DE CAMPO.	150
A2.1. Recopilación de información de campo.	151
A2.1. Información de campo recopilada.	160
ANEXO 3: PROPUESTA PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZAS, VULNERABILIDAD, CAPACIDADES Y VALORACION DEL RIESGO EN SISTEMAS RURALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.	165
A3.1. Valoración de amenazas.	165
A3.2. Valoración de vulnerabilidades	166
A3.3. Valoración de capacidades	168
A3.4. Valoración del riesgo	170
ANEXO 4: CALCULOS AUXILIARES PARA LA EVALUACION BENEFICIO-COSTO.	171
ANEXO 5: PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO APLICABLE A LOS PROYECTOS DE INVERSION PUBLICA EN CASO DE PREVENCION Y ATENCION DE DESASTRES	177
ANEXO 6: GLOSARIO	187
ANEXO 5: LISTADO DE FIGURAS, TABLAS Y CUADROS	189
A5.1. Listado de figuras	189
A5.2. Listado de tablas	190
A5.3. Listado de cuadros	193

INTRODUCCION

La baja sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural, que en el Perú empezó a ser analizada en los últimos años de la década pasada, ha llevado a que muchos de los esfuerzos y recursos disponibles se concentren en rehabilitar sistemas que han colapsado sin cumplir su período de diseño. Uno de los factores por el que estos sistemas presentan esta situación son las fallas en la infraestructura física de sus componentes; siendo una de las causas de este problema, los daños por desastres naturales.

Actualmente, donde las condiciones de riesgo frente a amenazas naturales van en aumento (debido a la degradación ambiental, erosión de los suelos, ubicación de poblaciones en zonas vulnerables), su inclusión en las intervenciones es un aporte a la sostenibilidad de los servicios de agua y saneamiento, en especial en poblaciones predominantemente pobres que ven en la instalación de estos servicios un avance sustancial en la mejora de calidad de vida.

Existen muchos ejemplos y casos de sistemas que se han visto afectados e incluso han sido abandonados por los daños ocasionados por los desastres naturales. En el otro extremo, existen prácticas basadas en el conocimiento e innovaciones locales que pueden ser replicadas en otros sistemas para reducir su vulnerabilidad. El principal problema es que estos no son documentados y menos aún analizados para obtener lecciones a aplicar en lo sucesivo.

El presente trabajo se basa en recopilar esta información dispersa, obtenida primariamente de campo o de proyectos de reconstrucción (específicamente para el caso de terremotos, una amenaza constante en el sur peruano), y busca plantear criterios que reduzcan las vulnerabilidades que los sistemas rurales de agua presentan.

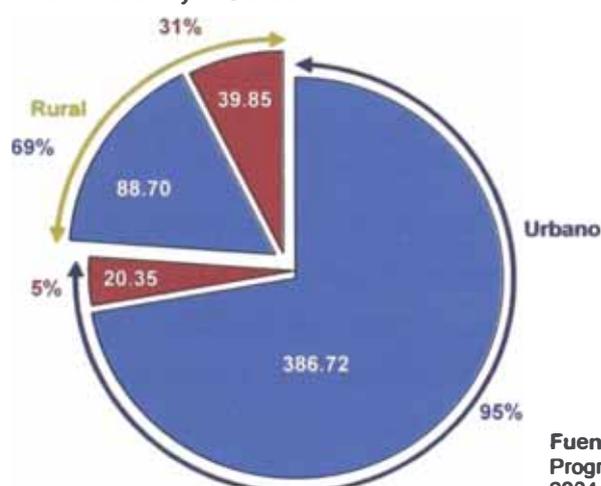
CAPITULO I:

ABASTECIMIENTO DE AGUA EN EL AMBITO RURAL

I.1.CONTEXTO REGIONAL Y NACIONAL DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL AMBITO RURAL.

Tanto a nivel mundial, regional y nacional, la cobertura de servicios básicos en el área rural son menores que en el área urbana. Según la información del Programa de Monitoreo Conjunto de OMS/UNICEF, en Latinoamérica y el Caribe (LAC) existen 60 millones de personas sin acceso a una fuente de agua mejorada¹, de los cuales más del 67% se encuentran ubicadas en zonas rurales; además, la proporción de población no servida es 6.2 veces mayor en el área rural que la urbana (CEPIS-OPS/OMS, 2005). Esta situación es más crítica al considerar que las condiciones en que se presta este servicio no se ajustan a los requisitos de calidad del agua, y las instalaciones no son utilizadas conforme a lo planificado (Guerrero, 2002; Calderón, 2004).

Figura 1.1. Población servida y no servida con fuentes de agua mejorada, en millones de habitantes. América Latina y el Caribe.

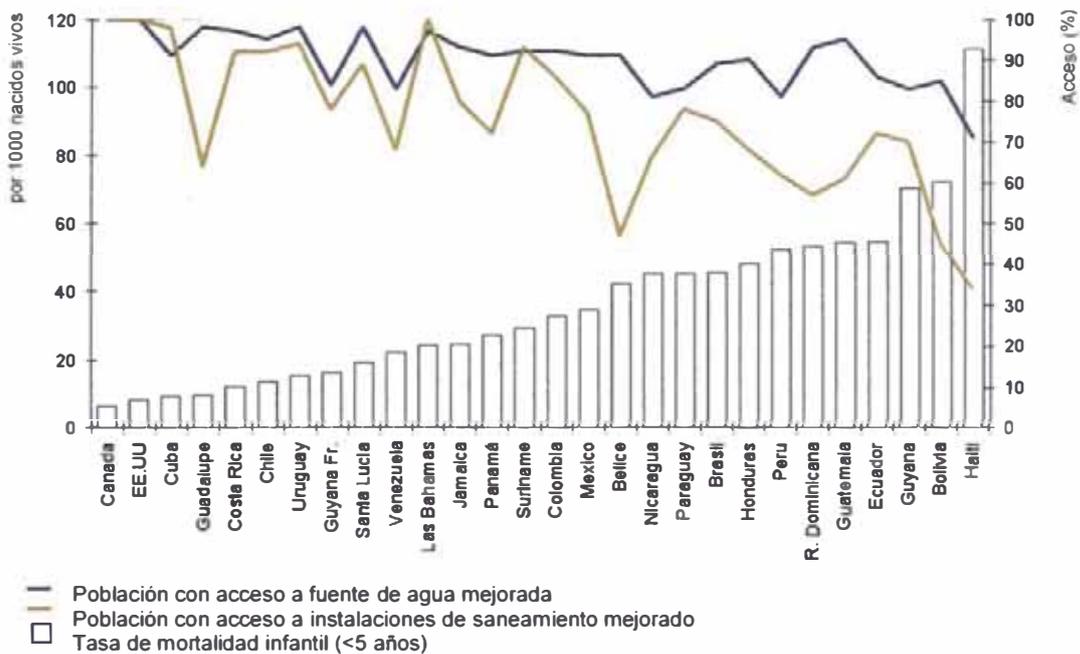


Fuente: Elaboración propia en base a los datos del Programa Conjunto de Monitoreo (OMS-UNICEF), 2004.

¹ Según el Programa de Monitoreo Conjunto (Joint Monitoring Program) de OMS/UNICEF, una fuente de agua mejorada es aquella que permite la disponibilidad de por lo menos 20 litros de agua por persona al día proveniente de una fuente segura ubicada a lo más a 1 km. de distancia.

La salud de la población se encuentra directamente relacionada con la provisión de servicios de agua potable segura, teniendo un mayor impacto en los índices como la mortalidad infantil y materna.

Figura 1.2. Acceso a servicios de agua y saneamiento vs. mortalidad infantil.



Fuente: El Agua, Fuente de Vida, Equidad y Calidad en los Servicios, DIAA 2005. CEPIS/OPS-OMS (2005)

En poblaciones rurales, donde los niveles de pobreza suelen ser altos, la provisión de servicios básicos tiene un carácter social y de salud pública.

Los trabajos dirigidos a la protección del funcionamiento adecuado y correcto uso de los servicios básicos no son una búsqueda exclusiva de mejoras en las condiciones físicas del sistema, sino que deben orientarse a los usuarios y el fortalecimiento de sus capacidades, y de esa manera acercarse al mejoramiento de sus condiciones de salud y calidad de vida.

I.2. ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL AMBITO RURAL PERUANO.

I.2.1. SITUACION SOCIOECONOMICA DE LAS POBLACIONES RURALES EN EL PERU.

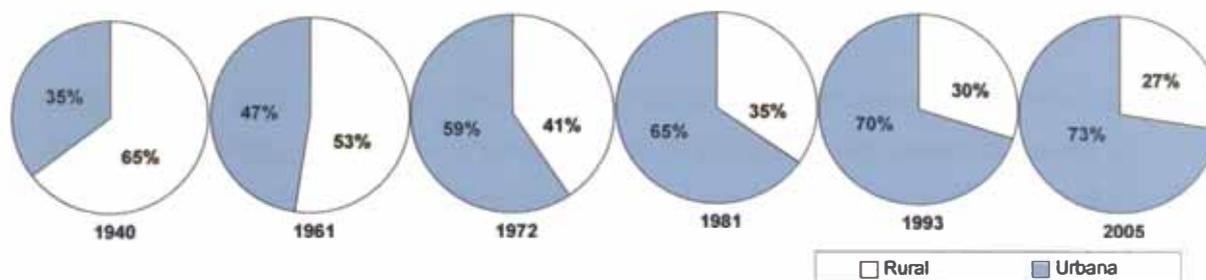
Según la División de Naciones Unidas para la Población (United Nations Population Division – UNPD) se define a la población rural como “la diferencia entre la población total de un país y su población urbana”, donde la población urbana “es clasificada de acuerdo a criterios determinados por cada país”. Una limitación de dicha definición viene dada por el hecho que las áreas *no urbanas* a menudo incluyen pueblos que pueden presentar características urbanas; es por ello que su interpretación debe ser flexible y prescrita de manera local (Lockwood, 2004).

En el caso del Perú, el concepto de *población rural* tiene distintas acepciones dependiendo del uso que se aplique. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) se considera como centro poblado rural a *aquel que tiene menos de 100 viviendas reunidas contiguamente y no es capital de distrito, o que, teniendo más de 100 viviendas, éstas se encuentran dispersas sin formar bloques o núcleos urbanos*. Por su parte, el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS), los define como *aquellos de población menor a los 2000 habitantes, teniendo la categoría de pequeñas localidades* para centros urbanos entre 2000 y 30000 habitantes (ACDI/PAS-BM, 2003; Calderón, 2004). Se estima que el 35% de la población total del Perú se encuentra al ámbito rural (8.9 millones de habitantes), de los cuales el 41% se ubica en la sierra, el 34% en la selva y un 25% en la costa (MVCS, 2005).

No obstante el crecimiento de las áreas urbanas, una fracción importante de la población de la Región vive en núcleos rurales o municipales pequeños, donde las inequidades son evidentes. La dispersión es el principal problema en la

provisión de servicios, incluso por sobre las diferencias entre los niveles de ingreso que pueda haber entre estas comunidades² (OPS, 2001).

Figura 1.3: Censos de población. Distribución de la Población en Perú 1950-2005.



Fuente: INEI – Censos de población – Estimación de Población 1950-2005.

En las poblaciones rurales en el Perú la condición de pobreza es característica. Según la Encuesta Nacional de Hogares sobre Medición de Niveles de Vida del 2000 (ENNIV-2000), más del 66% de los hogares del ámbito rural se encuentran en condición de pobreza, y el 30% se encuentra en pobreza extrema, no pueden cubrir el costo de una canasta básica alimentaria, menos aún los servicios básicos, como los de agua y saneamiento (Instituto CUANTO, 2000)

Tabla 1.1. Porcentaje de Población Pobre

	Total Pobres	Pobres Extremos	Pobres No Extremos
TOTAL	54.1	14.8	39.3
Lima Metropolitana	45.2	4.7	40.4
Resto Urbano	49.8	8.4	41.4
Área Rural	66.1	30.1	36.0

Fuente: Adaptado de Encuesta Nacional de Niveles de Vida 2000, Instituto CUANTO.

I.2.2. CRONOLOGIA DEL SECTOR AGUA Y SANEAMIENTO EN EL AMBITO RURAL.

A partir de 1962, donde se promulga la Ley General de Saneamiento Básico Rural (Ley 13997), han pasado más de 40 años en la provisión de servicios de agua y saneamiento a las poblaciones rurales, con distintos enfoques en la

² En países como Perú y Brasil, aún las familias urbanas más pobres presentan mayores niveles de conexión domiciliar que las familias rurales con el mayor gasto per cápita.

dotación de estos servicios (MVCS, 2003). Dicha Ley dispuso que el Ministerio de Salud, a través de la Dirección de Saneamiento Básico Rural (DISABAR) atendiera la atención en el ámbito rural, traspasando la infraestructura construida a la población usuaria a través de Juntas Administradoras (JA) (Guerrero, 2002; Calderón, 2004).

Durante los 70's, tanto el área urbana como rural estuvieron a cargo del Gobierno Central; la primera, manejado por el Ministerio de Vivienda; mientras que para el ámbito rural, el Ministerio de Salud era quien seguía en la atención de los servicios (ACDI/PAS-BM, 2003). Para la década de 1980, los mayores cambios se vieron en el área urbana, donde se intentó orientar hacia un manejo empresarial, manteniendo la dirección, control y propiedad en poder del Estado, para lo cual se creó el Servicio Nacional de Agua Potable y Alcantarillado (SENAPA), adscrito al Ministerio de Vivienda. Por otra parte, el ámbito rural, permaneció a cargo del Gobierno Central a través del Ministerio de Salud (Calderón, 2004).

Entre la década del 60 y el 80, y mediante el Plan Nacional de Agua Potable Rural, se empezó con la provisión de servicios de agua y saneamiento en el ámbito rural, contándose, hasta 1990, un aproximado de 2500 pequeños sistemas de agua potable.

Es en la década pasada, bajo la coyuntura propiciada por la epidemia del cólera en el año 1991, que el sector agua y saneamiento toma especial importancia (Calderón, 2004). A nivel nacional, entre los años 1988 y 1998, se dio un incremento de cobertura del 58.4% a 75.4% (OPS, 2001) y el nivel de inversiones que se dio estuvo por encima de los 2000 millones de dólares (ACDI/PAS-BM, 2003). Sólo para el ámbito rural, 336 millones fueron invertidos; la gran mayoría por parte del Gobierno Central, a través del Fondo Nacional de Compensación y Desarrollo Social – FONCODES (que canalizó cerca del 80%) y otras entidades como el MINSA, PROMUDEH; además de agencias de cooperación internacional y ONG's (Calderón, 2004). Sólo FONCODES reporta el financiamiento para más de 15000 sistemas de agua potable, alcantarillado y letrinas (FONCODES, 2005). Este incremento en la prestación del servicio, sin

embargo, no logró la mejora que se esperaba alcanzar en las condiciones de salud y calidad de vida en las poblaciones beneficiarias.

En cuanto a la organización; los sistemas urbanos fueron transferidos a los gobiernos municipales provinciales, mediante las Empresas Prestadoras de Servicios (EPS); desactivándose el SENAPA; todo ello contemplado en la Ley General de Servicios de Saneamiento (Ley 26338) y su Reglamento. De modo similar, bajo este marco legal, la responsabilidad de los servicios en el ámbito rural fue transferida del Ministerio de Salud a los municipios provinciales, delegando la operación de los sistemas a las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS), las cuales deben autofinanciarse a través de cuotas familiares (SUNASS, 1999).

El año 2000, con la promulgación de la Ley de Fomento del Sector Saneamiento, se crea la dirección General de Saneamiento, inicialmente adscrita al Ministerio de la Presidencia (PRES) y luego trasladada al Viceministerio de Saneamiento, creado a fines del 2001 como parte del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (MVCS, 2003)

En julio del 2002 se crea el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS), el Viceministerio de Construcción y Saneamiento (VMCS) y la Dirección Nacional de Saneamiento (DNS), los cuales marcan el contexto actual del sector. En el ámbito rural, la creación del Programa Nacional de Agua y Saneamiento Rural (PRONASAR), concebido desde finales de la década de los noventa, establece los lineamientos de la política sectorial actual que plantea un cambio en la visión para la provisión de servicios (MVCS, 2003).

En la actualidad es el PRONASAR quien se encuentra en ejecución de los proyectos de agua y saneamiento en el ámbito rural, y de pequeñas comunidades, en todo el territorio nacional. Con un horizonte de 6 años, hasta el 2008, busca contribuir en la mejora de la salud de la población y su calidad de vida, mediante la construcción de nuevos sistemas y el mejoramiento de la calidad de los servicios existentes (MVCS, 2003; Calderón, 2004).

I.2.3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROVISIÓN DE SERVICIOS EN EL ÁMBITO RURAL PERUANO.

La cobertura de abastecimiento de agua potable en el área rural oscila en 65% con una población no servida de más de 3 millones de habitantes (MVCS, 2005). A pesar del crecimiento en las últimas décadas, la brecha existente en la provisión de servicios de agua potable es significativa (Guerrero, 2002; ACDI/PAS-BM, 2003).

Tabla 1.2. Evolución de la Cobertura de los Servicios de Agua en el Ámbito Rural.

Año	1988	1993	1998	2000 ^a	2002 ^b
Perú: Cobertura de Agua Potable	22.3%	36.2%	50.6%	57.9%	66%

^a Información de la ENNIV 2000: abastecimiento de agua dentro y fuera de la vivienda y con pilones.

^b Información del JMP (UNICEF/OMS) para el Monitoreo de la Meta 10 de los ODM.

Fuente: Adaptado de "Perú: cobertura nacional de los servicios de agua y saneamiento, 1988-1988", en *Agua y Saneamiento: El caso del Perú Rural*. Calderón, 2004.

Además, una proporción de los sistemas instalados han demostrado no ser sostenibles en el tiempo, reduciendo los beneficios esperados en la salud y calidad de vida de la población (Soto, 1999; COWATER, 2001). Como parte de la preparación del PRONASAR, la DNS evaluó la situación de los servicios de agua y saneamiento en el ámbito rural, que confirmaron que sólo el 30% de los sistemas pueden ser considerados sostenibles, entre un 65 y 68% presentan algún nivel de deterioro, y entre 2 y 3% de los sistemas se encuentra colapsados. En estas evaluaciones, se tomó en cuenta la infraestructura de los sistemas, calidad del agua suministrada, cobertura y continuidad del servicio (Soto, 1999; COWATER, 2001).

Tabla 1.3. Sostenibilidad de los Sistemas de Agua Potable Rural

	Sostenible	En deterioro	En deterioro grave	Colapsado
COWATER Int. Inc. (2001)	28.8%	56.1%	12.1%	3.0%
Francisco Soto (1999)	31.7%	44.3%	22.1%	1.9%

Fuente: Elaboración propia con datos del Vice-Ministerio Construcción y Saneamiento – Min. Vivienda Construcción y Saneamiento, 2003

Estos resultados mostraron la necesidad de un cambio de enfoque en la provisión de servicios; y en base a ellos se identificaron metodologías para los

nuevos modelos de implementación a futuro (MVCS, 2003). Entre las principales lecciones obtenidas en dichos estudios se resaltan: (Soto, 1999)

la necesidad del involucramiento de la comunidad en el proyecto, que fortalece la apropiación del sistema por parte de los usuarios.

la gestión de los servicios de agua en la zona rural **necesita ser fortalecida**, para que sea eficiente luego que las instituciones facilitadoras de los sistemas se retiren.

la calidad de infraestructura de los sistemas **presenta deficiencias**, por lo que es necesario fortalecer la supervisión en campo, en especial aquellas obras realizadas con mano no calificada.

En base a ello se identifican los siguientes elementos necesarios para la sostenibilidad de las intervenciones en dotación de servicios de agua a las poblaciones rurales:

la participación de la comunidad en la implementación del sistema.

el fortalecimiento de la gestión y administración de los servicios por parte de los usuarios.

el mejoramiento en la calidad de la infraestructura de los sistemas.

Son estos aspectos los que deben guiar las metodologías de intervención y criterios de ingeniería en la búsqueda de soluciones sostenibles, brindando sistemas más confiables, más fácil de operar y reduciendo su vulnerabilidad ante un prematuro deterioro.

I.3.OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL AMBITO RURAL.

El objetivo principal de un sistema de abastecimiento de agua es la protección de la salud pública reduciendo la prevalencia de enfermedades de origen hídrico, mejorando la calidad de vida y contribuyendo al desarrollo de la población. Los sistemas que abastecen a pequeñas comunidades, población rural y dispersa son los más susceptibles a su contaminación, deterioro y colapso, y por ello

plantea un consistente riesgo a la salud (OMS, 2005). Debido a ello, la identificación de una Opción Tecnológica³ adecuada, y su instalación, debe incluir criterios que prevean las causas de estos problemas, pudiendo ser de orden técnico, económico, social y cultural; aumentando la probabilidad de un uso continuo en tiempo el para el cual fueron proyectados.

Estas soluciones de ingeniería se orientan a satisfacer la demanda de agua de una población, entre las cuales se deberá elegir la más adecuada según las características y capacidades locales.

Las siguientes opciones tecnológicas han venido siendo aplicadas para el abastecimiento de agua en el ámbito rural.

I.3.1. SISTEMAS CONVENCIONALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN ZONAS RURALES⁴

Los sistemas convencionales⁵ se caracterizan por contar con redes de tuberías, sean abiertas o cerradas, para la distribución de agua; los que a su vez pueden ser por gravedad o bombeo.

A. SISTEMAS POR GRAVEDAD. Aprovechan las diferencias naturales de nivel entre la fuente de abastecimiento y la población para distribuir el agua hasta las conexiones domiciliarias y/o piletas públicas. El tipo de fuente y la calidad del agua definen si se requiere de tratamiento.

- **Sin Tratamiento.** Son sistemas cuyas fuentes son aguas subterráneas o subálveas. Las primeras afloran a la superficie del terreno bajo la forma de

³ Se define como Opción Tecnológica a la solución de ingeniería que pueda aplicarse en función de las condiciones físicas, económicas y sociales de la comunidad. Son ejemplos de opción tecnológica los sistemas de abastecimiento de agua con o sin tratamiento y por bombeo o gravedad (CEPIS, 2002)

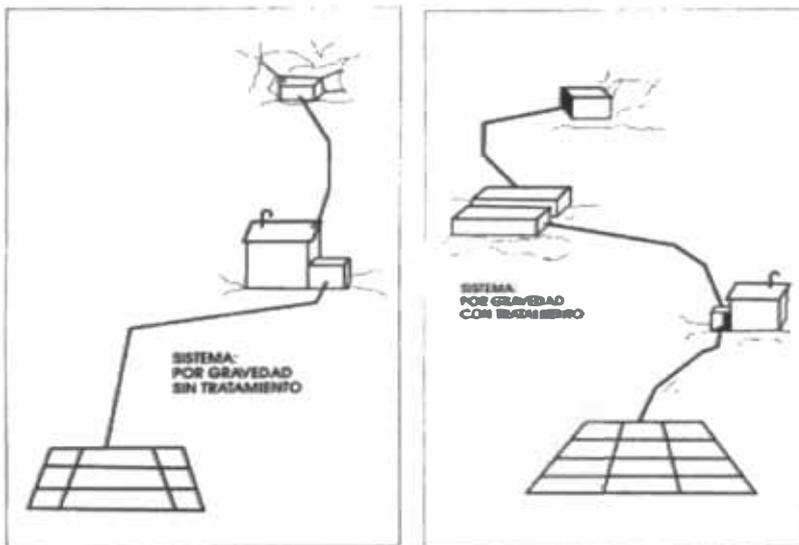
⁴ Adaptado de "Consideraciones para la selección para la selección de la tecnología y nivel de servicio en sistemas de abastecimiento de agua". CEPIS / OPS, 2002. y complementado con información de: "Manual de procedimientos técnicos en saneamiento." MINSA-APRISABAC, 1997.

⁵ En términos ingleses se encontró el análogo de agua "entubada" (Piped water systems) para referirse a las opciones tecnológicas convencionales.

manantiales y las segundas son captadas por medio de galerías filtrantes. Sistemas de este tipo se presentan generalmente en el ámbito rural, donde el rendimiento de estas fuentes es suficiente para abastecer estos centros poblados. (CEPIS, 2001). De manera general están compuestos por: *captación, línea de conducción, reservorio, distribución, conexión domiciliaria y/o pileta pública.*

- **Con Tratamiento.** Las fuentes de agua de estos sistemas son superficiales, discurren por canales, acequias, ríos, etc. y requieren ser clarificadas y desinfectadas. Estos sistemas están equipados con plantas de tratamiento diseñadas en función de la calidad del agua cruda. Son comunes en poblaciones urbanas, pero no se descarta su uso para el ámbito rural. Constan, típicamente de *captación de línea de conducción, planta de tratamiento, reservorio, distribución, conexión domiciliaria y/o pileta pública.*

Figura 1.4: Sistemas de Abastecimiento de Agua por Gravedad.

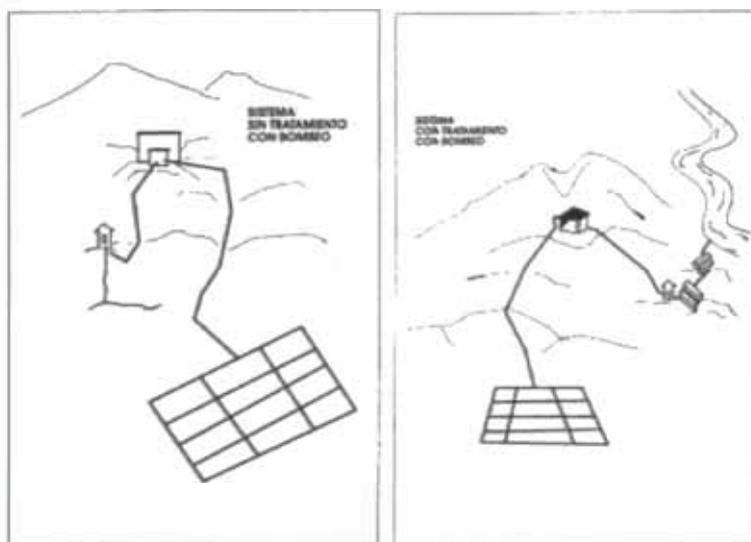


Fuente: Manual de procedimientos técnicos en saneamiento. MINSA-APRISABAC, 1997.

- B. SISTEMAS POR BOMBEO:** Debido a la ubicación de la fuente, requieren de energía mecánica o eléctrica para elevar el agua hasta un reservorio y dar presión a la red.

- **SIN TRATAMIENTO.** La fuente son aguas subterráneas o subálveas que afloran o se encuentran por debajo de la cota mínima de abastecimiento de la localidad y demandan de equipo electromecánico para impulsar el agua. El sistema consta de: *captación, caseta y equipo de bombeo, línea de impulsión, reservorio, distribución, conexión domiciliaria y/o pileta pública.*
- **CON TRATAMIENTO.** Sistemas cuyas fuentes de agua son superficiales y están ubicadas por debajo del nivel de las localidades a ser atendidas, y que requieren de estaciones elevadoras para impulsar el agua hasta el nivel donde pueda atender a la comunidad, y de plantas de clarificación, para el acondicionamiento de las aguas crudas para consumo humano. Este tipo de sistemas presenta los siguientes componentes: *captación, conducción, caseta y equipo de bombeo, tratamiento, línea de impulsión, reservorio, distribución, conexión domiciliaria y/o pileta pública*

Figura 1.5: Sistemas de Abastecimiento de Agua por Bombeo.



*Fuente: Manual de procedimientos técnicos en saneamiento. MINSA-APRISABAC, 1997.

Los sistemas convencionales tienen la capacidad de ofrecer más altos niveles de servicio debido a que tienen una red de distribución extensiva.

Debido a que la comunidad en su conjunto comparte la misma infraestructura, los sistemas convencionales se prestan para adoptar soluciones de manejo

comunitario. Estos se han instalado de manera generalizada en el medio rural en la Región.

I.3.2. SISTEMAS NO CONVENCIONALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN ZONAS RURALES

Aquellos esquemas de abastecimiento de agua compuestos por soluciones individuales y multifamiliares dirigidas a aprovechar pequeñas fuentes de agua son considerados como Sistemas No Convencionales⁶. Normalmente demandan transporte, almacenamiento y desinfección del agua al interior del domicilio.

Algunas de estas opciones tecnológicas, que han sido usadas en el área rural de los países de la región, son:

Captación de aguas de lluvia.

Filtros de mesa.

Protección de fuentes.

Pozos-bombas manuales.

Para el caso del presente trabajo de investigación y las secciones siguientes se han tomado en cuenta solamente las opciones convencionales, dado su mayor uso en la Región.

I.4. SOSTENIBILIDAD DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE EN EL AMBITO RURAL

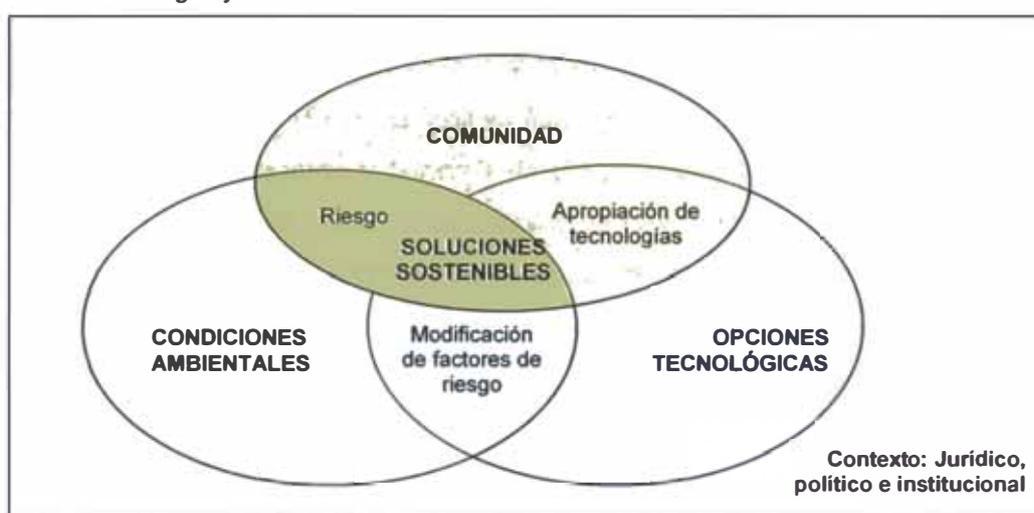
El concepto de sostenibilidad tiene varias acepciones y es usado comúnmente para referir a la capacidad de un proyecto, o sistema, de brindar los beneficios identificados a largo plazo. Una de estas definiciones sobre la sostenibilidad, enfocada en los sistemas de agua potable, es la siguiente: *“el mantenimiento de*

⁶ En la bibliografía en inglés, el término fuentes puntuales (point sources) se usa para referirse a las opciones tecnológicas no convencionales.

un nivel de servicio aceptable de abastecimiento de agua a lo largo de la vida útil o de diseño del sistema de abastecimiento de agua” (Bamberger y Cheema, 1990).

En la búsqueda de soluciones sostenibles se han identificado que los siguientes factores influyen en la sostenibilidad de un sistema de abastecimiento de agua:

Figura 1.6. Marco Conceptual para ilustrar la búsqueda de Soluciones Sostenibles en programas de Desarrollo en Agua y Saneamiento.



Fuente: Conceptual framework underpinning the search for sustainability, en Development and Evaluation of Multistage Filtration Plants, G. Galvis, 1999

- **La comunidad.** Es el objeto del proyecto, los proyectos se dan para satisfacer necesidades o demandas de la población, por ello la comunidad debe identificar y tomar conciencia de los problemas y riesgos a que se encuentra sometida y buscar alternativas para reducirlos.
- **Las condiciones ambientales** conforman el entorno en que las comunidades se desarrollan, determinan la disponibilidad del recurso hídrico en sus distintas formas (lluvia, superficial o subterránea), en cantidad y calidad; además de establecer condicionantes en la aplicación de las tecnologías disponibles.

- **Las opciones tecnológicas** plantean soluciones técnicas de cómo estos recursos pueden ser aprovechados para satisfacer la demanda de la comunidad. Deben ser capaces de superar los condicionantes establecidos por el entorno ambiental, como la disponibilidad de las fuentes y las amenazas naturales a los que los sistemas se encontrarán expuestos.

Con un enfoque en el ámbito rural, en el desarrollo del concepto hacia la sostenibilidad de los sistemas de agua y saneamiento cada uno de estos componentes se desenvuelve de la siguiente manera:

En la interrelación entre la comunidad y las condiciones ambientales se identifican los problemas y factores de riesgo a ser superados por el proyecto. Especialmente en el medio rural, donde la información existente es limitada y escasa, y producirla incrementa los costos más allá de los recursos y capacidades disponibles; el conocimiento que posee la comunidad acerca del entorno que la rodea se convierte en **una fuente importante, factible y deseable de ser aprovechada en las fases del proyecto**; fomentando la participación de la comunidad, involucrándola en la toma de decisiones y propiciando la apropiación del proyecto.

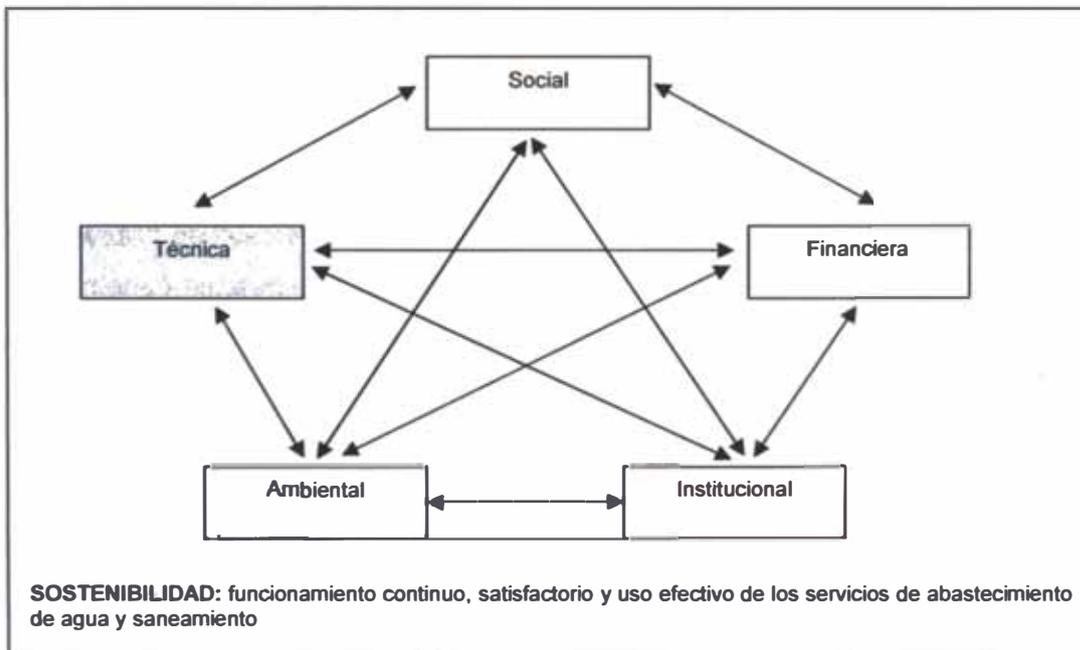
La dimensión científica y opciones tecnológicas, en su intercepto con las condiciones ambientales, plantean alternativas y acciones para reducir los problemas y factores de riesgo identificados por la comunidad. Nuevamente, la información que posee la comunidad a lo largo de su experiencia no debe ser dejada de lado durante el desarrollo del proyecto y debe ser recopilada y traducida como aportes en la dimensión tecnológica. La ubicación de posibles fuentes de abastecimiento, su comportamiento y régimen de producción, niveles máximos y mínimos de cursos de agua, **ocurrencia de fenómenos naturales** en la zona donde se ubica el sistema constituyen una fuente de información valiosa en la planificación del proyecto. En el sentido inverso, la opción tecnológica debe evitar ser generador de amenazas o minimizar los impactos negativos en las condiciones ambientales en que será instalada.

Finalmente, entre la **dimensión científica, opciones tecnológicas, y la comunidad** se identifican y definen acciones como la modificación de patrones sanitarios, protección de cuencas; se concerta sobre la mejor fuente de agua y se identifican las alternativas tecnológicas y niveles de servicio. La comunidad alimenta el proyecto con información de su experiencia que el personal técnico debe ser capaz de tomar e incorporarlas en las opciones técnicas a las que corresponda. El objetivo es que la comunidad se apropie del sistema y tome conciencia de la importancia y responsabilidades que conlleva.

I.4.1. DIMENSIONES DE SOSTENIBILIDAD EN SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO RURAL.

Se han definido dimensiones que deben ser consideradas y alcanzadas para una solución sostenible en los servicios de agua y saneamiento (WSP, 2003).

Figura 1.7. Aspectos Claves (Dimensiones) de la Sostenibilidad en los Servicios de Abastecimiento de Agua y Saneamiento



Fuente: Adaptado de "key aspects of sustainability of WSS services", en *Towards Sustainability with Equity*. (WSP, 2001)

- **Sostenibilidad Técnica.** Se refiere al funcionamiento confiable y correcto de la tecnología y, para el abastecimiento de agua, la entrega de agua en cantidad suficiente y calidad aceptable. Esto requiere un **buen diseño técnico**, que incluye construcción, operación, personal y materiales calificados.

El diseño adecuado y flexible a la demanda, la calidad de la construcción, la capacitación en operación, mantenimiento y gestión, y contar con capacidades necesarias promueven la sostenibilidad de los sistemas (Katz y Sara, 1997). **Una solución técnica sostenible debe adaptarse a las condiciones ambientales y reducir las vulnerabilidades asociadas a las amenazas existentes.**

- **Sostenibilidad Financiera.** Los sistemas pueden funcionar sólo si los recursos financieros cubren, por lo menos, los costos de operación, mantenimiento y reparaciones comunes (WSP, 2003). En el caso de las comunidades rurales, y según la legislación vigente, estos costos deben ser cubiertos por los usuarios mediante la tarifa aplicada.

Bajo este punto de vista, la sostenibilidad de los sistemas de agua y saneamiento se ve amenazada cuando algún desastre natural, de manera súbita o de forma recurrente, afecta el sistema en una mayor magnitud a la capacidad de respuesta de la población. La protección de los sistemas ante fenómenos naturales contribuye a la sostenibilidad; no sólo técnica y física del sistema, sino también en su dimensión económica/financiera

- **Sostenibilidad Institucional.** Para mantener los sistemas operativos, accesibles y ampliamente usados, las comunidades necesitan de instituciones, y una variedad de capacidades que son necesarios para el manejo y administración de los sistemas (WSP, 2003).

Un factor que influye en la sostenibilidad global consiste en que los servicios sean administrados por organizaciones formales (comité de aguas, junta administradora, etc.) que se ocupen de la gestión y supervisión del funcionamiento del sistema (Katz y Sara, 1997).

- **Sostenibilidad Social.** Los usuarios contribuirán en la sostenibilidad del servicio sólo si este satisface sus expectativas, que ellos puedan acceder a él fácilmente, en concordancia con sus preferencias y prácticas socio-culturales, y que asocien el valor del servicio al costo incurrido.

Además de proporcionar conocimientos sobre la manera de administrar y reparar el sistema, la labor de capacitación debe ser capaz de informar a las personas las expectativas que este les ofrece. La sostenibilidad aumenta cuando la comunidad es informada de las alternativas de servicio tecnologías, lugar de ejecución y determina de la opción más favorable a sus necesidades.

- **Sostenibilidad Ambiental.** La sobre-explotación y contaminación de las fuentes de agua debido a las malas prácticas de irrigación, industrialización y disposición de residuos y efluentes amenazan las fuentes de suministro de agua confiable y segura. Por otro lado, las mismas instalaciones de suministro de agua y saneamiento pueden ser causantes de amenazas cuando estas no consideran aspectos de protección ambiental, especialmente los sistemas de saneamiento cuando las aguas residuales se disponen de manera incorrecta.

El factor ambiental de un sistema sostenible no sólo incluye el impacto que el sistema, en su construcción y operación, puede generar sobre el ambiente; sino además los impactos que el entorno ambiental podría generar sobre los servicios, previniendo los daños de los fenómenos naturales sobre el sistema.

Estas dimensiones se interrelacionan y cada una contribuye en la sostenibilidad global del sistema. Para alcanzarla es necesario identificar los factores que amenazan y ponen en riesgo estas dimensiones y proponer e implementar criterios para su reducción.

Sistemas con tecnologías sencillas y adaptables al medio rural, aspectos técnicos relacionados a la operatividad y calidad de los sistemas en condiciones normales o ante la ocurrencia de algún fenómeno natural, son algunos aportes

que pueden darse desde la ingeniería hacia la sostenibilidad de los sistemas rurales de agua potable.

Para asegurar la operatividad y calidad de los servicios frente a los desastres naturales, se necesita del desarrollo de herramientas y criterios de prevención y mitigación.

I.5. PARTICIPACIÓN COMUNITARIA EN LA IMPLEMENTACION DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE EN EL ÁMBITO RURAL.

La participación comunitaria es un factor determinante para alcanzar la sostenibilidad en la implementación de servicios de agua en el ámbito rural. Algunos aspectos que promueven la sostenibilidad son: (Katz y Sara, 1997).

- la implementación de proyectos bajo un enfoque de atención a la demanda la demanda planteada directamente por los hogares.

- la capacitación de los miembros de los hogares y los comités de agua.

A pesar de la inversión realizada la década pasada en la ampliación de coberturas en el medio rural; se han hecho cuestionamientos a la promoción de estrategias con una limitada participación y apropiación de la comunidad, una política financiera orientada al subsidio, una indefinida propiedad de los sistemas, entre otros (Calderón, 2004); y a ello se atribuye un bajo impacto en la mejora de la calidad de vida de las poblaciones atendidas.

Pese a que la **construcción de sistemas**, en su mayoría financiada por FONCODES, llevó a la instalación de más de 15000 sistemas de agua y saneamiento (FONCODES, 2005), el apropiamiento no se desarrolló con el mismo énfasis, por lo que estos han ido cayendo en un deterioro progresivo. Diversos factores han sido asociados con la baja sostenibilidad de las intervenciones en el sector de agua y saneamiento rural, destacándose: (Guerrero, 2002)

- limitada participación de la comunidad en decisiones para la implementación del sistema y desconocimiento de las opciones técnicas.
- escasa participación de los gobiernos locales pese a que son, según ley, los responsables de dichos servicios.
- debilidad en la gestión, operación y mantenimiento de los servicios por parte de las JASS.

Por ello, el modelo de atención actual ha sido cambiado por un enfoque basado en la demanda.

Tabla 1.4. Modelo basado en la Oferta (tradicional) y Modelo basado en la Demanda

ASPECTOS	MODELO BASADO EN LA OFERTA	MODELO BASADO EN LA DEMANDA
Definición	Intervención por iniciativa propia del organismo ejecutor u oferta (Estado, ONG, otros) que plantean la instalación de los servicios en las comunidades	Intervención a pedido de los beneficiarios o demanda. La comunidad solicita la instalación de los servicios, asumiendo determinados compromisos
Sostenibilidad	<p><u>Baja:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - La instalación de servicios colectivos (piletas) no compromete al mantenimiento por parte de los usuarios. 	<p><u>Alta:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - La instalación de conexiones domiciliarias permite una mejor apropiación por parte de los usuarios.
	<ul style="list-style-type: none"> - Proyectos subsidiados en casi su totalidad. No favorece el apropiamiento de los sistemas. (intervención asistencialista) 	<ul style="list-style-type: none"> - El aporte económico de los usuarios para el financiamiento de los sistemas promueve su empoderamiento. Las inversiones son co-financiadas entre los donantes, los municipios y las comunidades
	<ul style="list-style-type: none"> - La construcción de la infraestructura se vuelve el objetivo más importante de la intervención, dejando de lado la capacitación de los actores locales - Los gobiernos locales no participan y se ven excluidos del proceso de intervención. 	<ul style="list-style-type: none"> - La construcción de la infraestructura deja de ser el objetivo primordial, dándole mayor importancia a la apropiación de los sistemas por parte de las comunidades. - El reforzamiento en la educación sanitaria como parte de los procesos de intervención favorece el impacto sobre la salud.

Fuente: Agua y Saneamiento: El caso del Perú rural. Dr. Julio Calderón Cockburn. ITDG.

De ese modo, las intervenciones actuales en las zonas rurales se dirigen a la búsqueda de la sostenibilidad mediante la apropiación de los sistemas por parte de las comunidades en un enfoque basado en la demanda, donde existe una participación activa de los usuarios en la toma de decisiones en el diseño, ejecución y gestión de los servicios implementados (MVCS, 2005).

Dentro de la política de intervención del Estado, la contribución de la comunidad se da mediante el aporte económico (aporte directo de los miembros de la comunidad), la mano de obra no calificada y los materiales locales; asumiendo las responsabilidades de administrar, operar y mantener los sistemas. Además de la comunidad, los gobiernos locales (municipalidades distritales) intervienen en los procesos de implementación, a través del cofinanciamiento de los proyectos en su jurisdicción y el involucramiento a lo largo del todo el Ciclo del Proyecto (MIAGUA, 2006).

Al mismo tiempo, diversas instituciones como las ONG's, con apoyo de la cooperación internacional y bilateral, y en coordinación y colaboración del MINSA, han desarrollado un papel importante en la implementación de servicios de agua y saneamiento en el ámbito rural, poniendo en práctica proyectos piloto y sometiendo a prueba opciones alternativas que han demostrado viabilidad y sostenibilidad (Calderón, 2004), dando relevancia al papel de las propias comunidades y actores locales en las diversas fases del Ciclo del Proyecto.

El aporte de los miembros de la comunidad y su capacitación es importante ya que los propios usuarios intervienen en la construcción de los sistemas. Por su parte, las organizaciones facilitadoras son encargados de proporcionar el soporte técnico, lo que incluye que diseños apropiados para la comunidad a la que sirven y resistentes a las amenazas que las condiciones ambientales imponen.

Asimismo este soporte técnico debe proveer la supervisión requerida para que la construcción de unidades e instalación de los componentes permitan condiciones físicas óptimas y calidad de las construcciones, lo que es crucial si se busca asegurar la sostenibilidad (Katz y Sara, 1997).

Aún en los sistemas mayores, que sirven a grandes poblaciones y donde es posible contar con ciertas capacidades y recursos para su protección frente a desastres naturales, existen necesidades y limitaciones por cubrir. Más aún en las zonas rurales y pequeñas ciudades, donde la instalación de servicios supone un avance significativo en las condiciones de salud y calidad de vida, la

protección de estos logros alcanzados reviste especial importancia y hace necesario el desarrollo de criterios orientados a dicho fin.

El presente trabajo de investigación busca aportar en la reducción de la vulnerabilidad de los sistemas rurales de agua potable mediante la identificación de patrones de daños ocurridos por fenómenos sísmicos y plantear recomendaciones y criterios técnicos para su reducción, de manera que estos se constituyan en una opción viable y con mayores oportunidades de ser sostenibles en el tiempo ante condiciones de amenaza ante desastres naturales, de manera particular los fenómenos de origen geológico.

CAPITULO II:

FENOMENOS SISMICOS Y PELIGRO GEOLOGICO.

Los fenómenos naturales son una causa constante de preocupación para las sociedades. El siglo pasado se registraron 4 millones de víctimas, de las cuales el 83% han sido debido a fenómenos geológicos (Ogura y Soares, 2000). Además de las víctimas directas de un desastre natural, este afecta la calidad de vida de la población, destruye sus viviendas, interrumpe sus servicios básicos y retrasa los procesos de desarrollo. Es entonces que la salud de las poblaciones se ve afectada de manera directa o por la generación de condiciones de riesgo. Una de estas condiciones deriva de la interrupción de los servicios de agua y saneamiento, que se ven comúnmente afectados por la ocurrencia de desastres.

El presente capítulo muestra consideraciones teóricas sobre los riesgos geológicos y caracteriza los fenómenos sobre los cuales se busca proponer medidas para reducir los impactos en los servicios de abastecimiento de agua rural.

II.1. PELIGRO GEOLOGICO.

Definidos como las condiciones o procesos geológicos potencialmente catastróficos (Sepúlveda, 1998), los peligros geológicos han sido responsables de grandes pérdidas de vidas y destrucción de propiedades. En el siglo veinte, más de un millón de personas han sido víctimas sólo de los terremotos, mientras que el valor de las propiedades destruidas por terremotos, volcanes y tsunamis asciende a decenas de millones de dólares (OEA/DDRMA, 1993)

De acuerdo con su origen, los peligros geológicos pueden ser subdivididos en endógenos y exógenos. Los primeros están relacionados con la dinámica externa del planeta, como los terremotos, erupciones volcánicas y maremotos;

mientras que los exógenos lo están con los procesos que se producen en la superficie de la tierra como deslizamientos y erosión (Ogura y Soares, 2000)

Tabla 2.1. Peligros Geológicos

ENDÓGENOS	EXOGENOS
<ul style="list-style-type: none"> • Terremotos • Maremotos o tsunami • Actividad volcánica: fumarólica eruptiva 	<ul style="list-style-type: none"> • Deslizamientos • Derrumbes • Aludes

Fuente: Adaptado de "Procesos y Riesgos Geológicos" (Ogura y Soares, 2000)

La mayoría de eventos geológicos no pueden ser pronosticados con precisión, a excepción de los deslizamientos que pueden ser prevenidos mediante medidas de mitigación, como estabilización de taludes. Estos eventos destacan por su comienzo extremadamente rápido (los terremotos prácticamente no dan aviso alguno) y las grandes áreas que se ven afectadas (OEA/DDRMA, 1993).

El borde occidental de América del Sur es una zona típica de colisión de placas y es el más activo desde el punto de vista sismológico. El Perú forma parte de esta zona y su actividad sísmica esta asociada al proceso de subducción de la placa Nazca (oceánica), la que se desliza lentamente al este bajo la placa Sudamericana (continental), a lo largo de la fosa Perú-Chile (Simkin et al., 1994; Bernal, 2000; Hernández, 2003). La fricción entre las placas y el aumento de presión interna, así como la fusión de las rocas de subducción y su movimiento ascendente, han hecho que la corteza por encima de la zona de subducción se encuentre marcada por volcanes y fallas activas (Simkin et al., 1994).

En esta zona de vulcanismo y terremotos, conocida como "Círculo de Fuego del Pacífico", la Tierra libera más del 80% de su energía e involucra, además del continente americano, las costas de Japón, Filipinas, Islas Fidji y Nueva Zelanda, etc. (Tavera, 2004).

II.2. TERREMOTOS.

Literalmente *movimiento de tierra*; un terremoto es un fenómeno de corta duración y gran intensidad, la vibración súbita y violenta de una parte de la corteza terrestre causado por la liberación de energía a consecuencia del

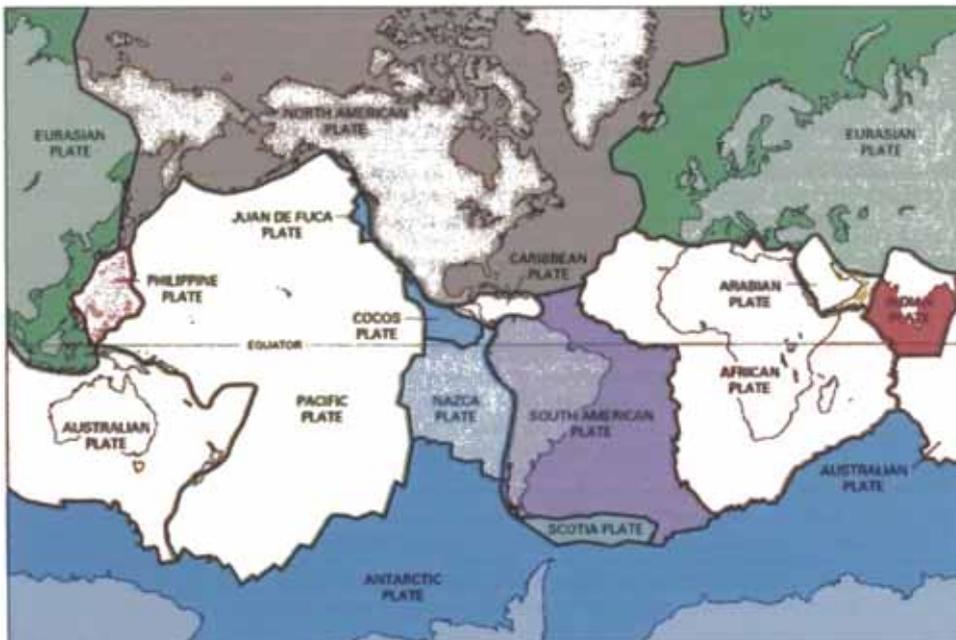
movimiento de masas de roca y la ruptura repentina de las capas inferiores de la tierra, que puede extenderse a las capas superiores, produciendo la vibración del suelo (IDNDR, 1992; FEMA, 1996).

II.2.1. ORIGEN DE LOS MOVIMIENTOS SISMICOS.

De acuerdo a las causas que los originan, los sismos pueden ser diferenciados en **tectónicos** y **volcánicos**, de los cuales los primeros son los más numerosos.

Los terremotos o sismos tectónicos son generados a causa del desequilibrio de las capas de la corteza terrestre, entre los cuales se pueden diferenciar los **sismos interplaca** (producidos por el choque de las placas tectónicas, de gran magnitud y foco profundo) e intraplacas (originados en las fallas locales, dentro de las placas tectónicas¹, sus magnitudes son pequeñas a moderadas pero sus focos son más superficiales. De otro lado, los sismos volcánicos, como su nombre lo indica, se deben a la actividad volcánica; su magnitud puede ser menor y se concentra alrededor del cono volcánico.

Figura 2.1. Placas tectónicas en el mundo.



Fuente: US. Geological Survey.

II.2.2. CUANTIFICACION DE UN MOVIMIENTO SISMICO.

La magnitud de los daños, causada por el sacudimiento del terreno, depende de cuatro factores: severidad (o tamaño del movimiento sísmico), atenuación, duración y respuesta del sitio. Estos factores también están relacionados con la distancia del lugar afectado hasta el epicentro del sismo, punto en la superficie encima del foco o hipocentro del terremoto (Valdivia, 2002).

A. SEVERIDAD. Los terremotos son medidos por la cantidad de energía liberada (magnitud) y/o mediante el grado de destrucción (intensidad). La intensidad es el efecto aparente medido en base a la percepción del evento, los daños que esta causa y los cambios advertidos en la naturaleza (Valdivia, 2002).

Tabla 2.2. Escala de Intensidad de Mercalli Modificada.

Escala de Intensidad de Mercalli Modificada	
Grado I	Detectado sólo por elementos sensibles
Grado II	Percibido por una pocas personas en descanso, especialmente en pisos altos; objetos livianos suspendidos pueden oscilar
Grado III	Percibido notoriamente en el exterior pero no siempre reconocido como un temblor, los autos estacionados se mecen brevemente; vibración como la de un camión.
Grado IV	Percibida en interiores por muchos y en el exterior por pocos; algunos despiertan en las noche; suenan ventanas, platos, puertas: los automóviles se mecen notoriamente
Grado V	Percibido por la mayoría de las personas; rotura de algunos platos y ventanas; se raja el enlucido; algunos objetos altos son afectados.
Grado VI	Percibido por todos; muchas salen fuera de la casa asustados; se desprenden el enlucido de las paredes y techos, caen algunas chimeneas; daños en general leves.
Grado VII	Advertido por todos. Los daños en los edificios varían según la calidad de la construcción; sentido por conductores de vehículos en movimiento.
Grado VIII	Las paredes internas no portantes sufren daños; caen algunas paredes, monumentos y chimeneas; eyecciones de arena y lodo; cambio en el nivel del agua de los pozos; pérdida de control en la personas que guían vehículos motorizados.
Grado IX	Las construcciones se mueven sobre sus fundaciones; las armaduras de las estructuras bien planeadas se desploman; grandes daños en los edificios sólidos, con derrumbe parcial. Grietas en el terreno; ruptura de tuberías subterráneas.
Grado X	Destrucción de algunas estructuras de madera bien construidas; la mayor parte de las estructuras de mampostería y armaduras se destruyen con todo y cimientos; agrietamiento considerable del terreno. Las vías del ferrocarril se tuercen. Considerables deslizamientos en las márgenes de los ríos y pendientes fuertes. Invasión del agua de los ríos sobre sus márgenes.
Grado XI	Casi ninguna estructura de mampostería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio. Hundimientos y derrumbes en terreno suave. Gran torsión de vías férreas.
Grado XII	Destrucción total. Ondas visibles sobre el terreno. Perturbaciones de las cotas de nivel (ríos, lagos y mares). Objetos lanzados en el aire hacia arriba.

Fuente: Manual de Manejo de Peligros – Parte III. OEA/DDRMA. Adaptado de Gutenberg B. y Richter, C.F. Seismicity of the Earth and Associated Phenomena.

¹ Aquellas que conforman la corteza terrestre y que se encuentran en un proceso de movimiento lento que da origen a la superficie del planeta. Se identifican 6 placas mayores (Pacífico, América, Euroasia, India, África y Antártica) y otras 6 menores (Nasca, Cocos, Filipinas, Caribe, Arabia, Somalia y Juan de Fuca).

Por su parte, la magnitud se refiere a la cantidad de energía liberada en un terremoto, medida a través de instrumental sismográfico. Richter (1935) introdujo una escala que posteriormente ha sido ampliamente difundida.

Tabla 2.3. Escala de Magnitudes Richter.

Magnitud en escala RICHTER	Efectos del terremoto
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado
3.5 - 5.4	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores
5.5 - 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios
6.1 - 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas.
7.0 - 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños
8 o mayor	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas.

Fuente: Manual de Manejo de Peligros – Parte III. OEA/DDRMA.

Mientras un terremoto puede tener una sola magnitud, las intensidades varían de acuerdo a los efectos en las diferentes comunidades y a diferentes distancias del epicentro. De ese modo, dos sismos de la misma magnitud pueden tener intensidades muy diferentes en diferentes lugares.

B. ATENUACIÓN. Es la disminución en la fuerza de la onda sísmica a medida que se aleja del hipocentro. La atenuación depende del material y estructuras a través de las cuales esta onda se propaga (es decir el medio de transmisión) y de la magnitud del terremoto. En otras palabras, se puede presentar un determinado grado de sacudimiento en distintas zonas que se encuentran equidistantes del epicentro, debido a las condiciones geológicas de las zonas por las que las ondas atraviesan.

C. DURACIÓN. Se refiere al período durante el que sucede el sacudimiento violento o excede un nivel específico de aceleración medido como un porcentaje de la gravedad. Se dice que un terremoto es más “grande” cuando la magnitud y la duración son mayores, lo cual explica que estos causen los mayores daños.

D. RESPUESTA DEL SITIO. Es la reacción de un punto específico al sacudimiento del terreno. Esto incluye el potencial de falla del terreno, que depende de las propiedades físicas de los suelos sobre los cuales se encuentra cimentada determinada estructura, así como de la estructura misma.

II.2.3. EFECTOS DE LOS TERREMOTOS

Según tamaño y ubicación, un terremoto puede causar sacudimiento del terreno, deslizamientos, licuefacción y tsunamis en algunas áreas costeras. En términos de pérdidas económicas y humanas, el sacudimiento del terreno es el factor más significativo que no sólo contribuye en las pérdidas a través de los daños de manera directa; sino debido a su efecto “disparador” de deslizamientos, caída de rocas y fallas de terreno (licuefacción o asentamientos diferenciales).

A. SACUDIMIENTO DEL TERRENO. El sacudimiento o movimiento del terreno es la causa principal del colapso parcial o total de las estructuras y se puede definir como la vibración del terreno excitado por las ondas sísmicas durante un terremoto (OEA/DDRMA, 1993). A no ser que la estructura sea diseñada y construida para resistir estas vibraciones, el sacudimiento del terreno puede causar graves daños. De manera general, este movimiento incrementa de manera proporcional con la magnitud y decrece con la distancia al plano de fractura. Las experiencias muestran que los materiales geológicos de la superficie y la topografía pueden influenciar fuertemente en el nivel y naturaleza del sacudimiento del terreno.

Todas las construcciones están expuestas a daños o colapso debido al sacudimiento del terreno, sin embargo, estos pueden ser mitigados con medidas estructurales como el diseño sismorresistente, códigos de construcción y reforzamiento; y medidas no estructurales (que son menos costosas) como zonificación y restricción para el uso de tierras.

El entorno natural también es afectado por el sacudimiento del terreno y los otros fenómenos asociados; como en el caso del daño a los acuíferos. Al respecto, muchos han sido los sismos que han evidenciado cambios en la permanencia del agua en los pozos de abastecimiento, la cantidad y calidad del agua de los mismos (Nitcheva y Velkovsky, 1998, Chia et al., 2001; Wang et al., 2004; Fuqiong et al., 2005).

B. DESLIZAMIENTOS. El término describe una variedad de procesos de movimiento vertical del suelo, roca y vegetación bajo la influencia de la gravedad hacia abajo y afuera de la pendiente (Wold y Jochim, 1989). Los deslizamientos inducidos por sismos ocurren bajo una gama de condiciones: en terrenos con pendiente pronunciada o prácticamente planos; en roca firme, sedimentos no consolidados, relleno y acumulaciones de residuos; en condiciones secas o muy húmedas.

Además del movimiento sísmico, los mecanismos desencadenantes pueden incluir erupciones volcánicas, tormentas severas, elevación de aguas subterráneas, socavamiento debido a erosión o excavación, y otras formas de vibración del terreno inducidas por el ser humano (Varnes, 1984). La frecuencia de ocurrencia de deslizamientos inducidos por sismos está relacionada con la magnitud del terremoto y las réplicas, pero también con las condiciones geológicas locales.

Tabla 2.4. Umbrales de Intensidad Sísmica para diferentes Tipos de Deslizamientos

TIPO DE DESLIZAMIENTO O FALLAS	UMBRAL DE INTENSIDAD SISMICA
Caída o deslizamientos de rocas y pequeños deslizamientos de suelo	Eventos cercanos, de baja magnitud Richter (4 a 4.5) con IMM del orden de VI o más
Deslizamientos repentinos de bloques de suelos; casos aislados	
Deslizamientos repentinos de bloques de rocas, cantidades masivas de rocas; desparramamiento lateral	Eventos cercanos con magnitudes Richter 5 a 5.5, con IMM del orden de VII o más
Avalanchas de rocas o suelos. Agrietamientos y roturas en paredes libres de roca sólida	Magnitudes Richter del orden de 6.5, con IMM del orden de VII o más
Deslizamientos y desprendimientos importantes de suelo y/o roca, frecuente en topografías irregulares	Intensidades IMM Grado IX o más
Deslizamientos masivos de gran extensión; posible bloqueo de ríos y formación de nuevos lagos	Intensidades IMM por lo menos Grado X

Fuente: Brazeo 1979, Grunthal, 1993 en "Vulnerabilidad de los sistemas de agua frente a deslizamientos, sismos y otras amenazas naturales. Estudio de caso" (OPS, 1997)

Tabla 2.5. Clasificación de los principales deslizamientos inducidos por terremotos indicando los daños producidos

Tipo de movimiento	Roca firme	Suelo de ingeniería (tierra y derrubios)	
	Seco a húmedo	Seco a húmedo	Muy húmedo
Caídas	CAIDA DE ROCAS	Caída de terreno	
Deslizamiento	Derrumbe de rocas	DERRUMBE DE TERRENO Deslizamiento de bloques de tierra Deslizamiento de escombros	

Tipo de movimiento	Roca firme	Suelo de Ingeniería (tierra y derrubios)	
	Seco a húmedo	Seco a húmedo	Muy húmedo
Esparcimiento lateral		ESPARCIMIENTO LATERAL DEL TERRENO	
Flujos		Flujos de arena seca Flujos de losas	FLUJOS DE LODO Flujos de derrubio FLUJO RÁPIDO DE TERRENO Flujo del terreno (deslizamiento del terreno)
Complejo	AVALANCHA DE ROCA. De ligeramente a muy húmedo.		

Fuente: Manual de Manejo de Peligros – Parte III, Capítulo XI. Riesgo Geológico – OEA/DDRMA.

C. LICUEFACCIÓN. El sacudimiento del terreno puede causar que los depósitos de suelos sin arcilla pierdan su resistencia temporalmente y se comporten como un líquido viscoso. Durante la licuefacción ocurre la deformación del suelo con poca resistencia a las fuerzas de corte. Una deformación tan grande para causar daños a obras construidas (usualmente un desplazamiento de alrededor de 10 cm.) se considera como falla del terreno.

En general, la licuefacción puede ser evitada por técnicas de estabilización del terreno o soportados mediante diseños apropiados de ingeniería, pero ambos son métodos de mitigación costosos. Evitar las zonas propensas a licuefacción es el mejor método, pero no siempre es práctico y posible en áreas ya desarrolladas o donde existen rutas de transporte o tuberías, etc.

D. TSUNAMI. Un tsunami consiste en grandes olas causadas por el desplazamiento vertical súbito de una gran área de suelo marino durante un terremoto submarino. Una vez que se alcanza el agua superficial alrededor de las islas o los arrecifes continentales, la altura de la ola incrementa en gran magnitud alcanzando los 30 m y una velocidad mayor a 80 km/h. Las olas impactan tierra adentro, arrasando con todo a su paso y a veces varando botes cientos de metros costa adentro. Olas de esta magnitud se repiten entre los 10 y 45 minutos siguientes, y el área costera puede continuar inundada por muchas horas. Pueden pasar días antes que el mar regrese hasta su nivel habitual.

II.3. DESLIZAMIENTOS.

Un deslizamiento es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o rocas, que ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de ruptura o zonas relativamente delgadas de intensa deformación cortante (Cruden y Varnes, 1996). Los terremotos pueden desencadenar un deslizamiento; sin embargo también puede ser generado por otros fenómenos como actividad volcánica, inestabilidad de terreno, incremento del nivel freático, entre otros.

Los deslizamientos pueden ser definidos de acuerdo a los tipos de fenómeno así como por su intensidad y probabilidad de ocurrencia. De acuerdo a la clasificación generalmente admitida, el término genérico *deslizamiento* incluye todos los movimientos de masas de roca y suelo a través de una pendiente inducidos por gravedad, el cual puede estar compuesto de cinco grandes mecanismos: (1) caída (2) basculamientos (3) separaciones laterales (4) deslizamientos (5) flujos.

De los anteriores, sólo las caídas de rocas y deslizamientos de terreno serán tomados en consideración por ser de mayor importancia en el desarrollo del trabajo planteado.

Tabla 2.6. Clasificación de los deslizamientos

Tipo de movimiento		Tipo de material		
		Roca	Suelo	
			De grano grueso	De grano fino
Caídas		Caída de rocas	Caídas de detritos	Caídas de suelos
Basculamiento		Basculamiento de rocas	Basculamiento de detritos	Basculamiento de suelos
Deslizamiento	Rotacionales	Deslizamiento rotacional de rocas	Deslizamiento rotacional de detritos	Deslizamiento rotacional de suelos
	Translacionales	Deslizamiento translacional de rocas	Deslizamiento translacional de detritos	Deslizamiento translacional de suelos
Separaciones laterales		Separación lateral en roca	Separación lateral en detritos	Separación lateral en suelos
Flujos		Flujo de rocas	Flujo de detritos	Flujo de suelos
Complejos		Combinación de dos o más tipos		

Fuente: Varnes, 1978. Tomado de *Deslizamientos*, MSc. Rolando Mora Chinchilla, 2002. Presentado en el III Curso Internacional Microzonificación y su Aplicación en la Mitigación de Desastres.

II.3.1. CAÍDA DE ROCAS.

Consiste en la caída libre de bloques que son desprendidos de una pared de roca. (Descoedres, F. et al, 1999). La mayor característica de estos movimientos es la ocurrencia súbita y la alta velocidad que puede alcanzar.

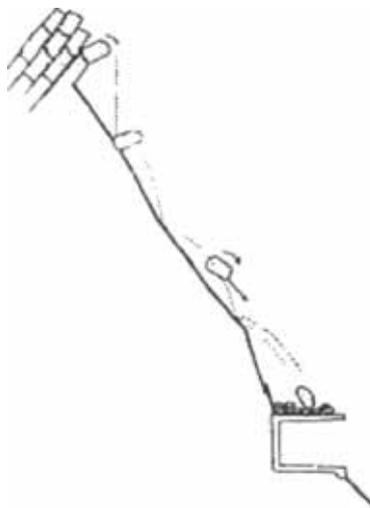
Algunas de las causas de este fenómeno son el aumento de la presión del agua en las juntas o fracturas de las rocas, así como los movimientos sísmicos entre otros.

Lo recomendable es **no diseñar estructuras en laderas expuestas a caídas de rocas** pues no existe una protección relevante que pueda ser tomada en la fuente. Algunos métodos para aumentar el grado de resiliencia de la infraestructura son:

A. MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN: La modificación de la geometría de la ladera es una solución difícil y riesgosa por las dificultades que existen en controlar la caída de las rocas en dicho proceso; sin embargo, la superficie de la ladera puede ser protegida. Estos trabajos de remediación no son fáciles de ejecutar y su efectividad es difícil de cuantificar.

B. MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Dependerá de la evaluación de las características de la caída y la geometría de la ladera (Descoedres, 1997). Las observaciones in situ de los daños ocurridos permite afinar modelos sobre la estimación de la distancia y los patrones de desplazamiento de las rocas. En el ámbito rural, la identificación visual de la zona y los antecedentes en la ocurrencia de este fenómeno determinarán el riesgo de cada zona en particular.

Figura 2.2. Caída de rocas. Diferentes posiciones de las partículas en movimiento.



Fuente: *Rockfalls* (Descoedres, F. et al) en *Disaster Resilient Infrastructure*, IDNDR, 1999.

La cantidad de energía liberada, que deriva del peso del material y la altura desde la cual cae, determinarán el tipo de protección a utilizar. En el orden de la protección que brindan, algunas medidas son: i) cercos y barreras, enmallados (simples y sujetos con cables), ii) recubrimiento de suelo o rocas, o presas (simples y reforzadas). Los primeros se orientan a detener la caída de las rocas interceptándolas y previniendo el curso de su caída. Los dos últimos buscan, además de la intercepción de las masas de roca, la disipación o absorción de la energía de la caída en una capa de recubrimiento.

II.3.2. DESLIZAMIENTOS Y FLUJOS.

Su principal característica es la **no repetitividad**, a pesar de ello, una observación detallada de sus características y comportamientos a menudo permite una determinación apropiada de las amenazas que ellas implican, por la adecuada identificación de signos de alerta y análisis de preparativos y causas que los disparan (Bonnard, C y Vulliet, L; 1999).

Al igual que las caídas de rocas, en los flujos de escombros la infraestructura debe ser diseñada en la zona de transición, ya que no pueden ser tomadas medidas efectivas en el área fuente, excepto la reforestación, y los costos necesarios para que la estructura soporte la presión del flujo son muy altos.

A. FACTORES PARA LA RESILIENCIA DE LA INFRAESTRUCTURA.

Cuatro factores condicionan la factibilidad de los proyectos de estabilización.

- Profundidad de la masa deslizante, que impone límites para la infraestructura resiliente y es uno de los mayores criterios para elegir el sistema apropiado (profundidad de anclajes, profundidad de agujeros o zanjas de drenaje)
- La velocidad del deslizamiento, considerando el movimiento promedio, determina la aplicación de técnicas de construcción.
- La ocurrencia de movimientos diferenciales en zonas laterales o límites de una superficie de deslizamiento, la que induce condiciones no homogéneas en términos de profundidad, velocidad y patrones de movimiento.

- El potencial de aceleraciones progresivas o súbitas las cuales a menudo causan daños a la infraestructura supuesta como resiliente. Estas dependen de variaciones en las condiciones climáticas, ya sea de corto plazo (alta intensidad de lluvias) o largo plazo (periodos de muchos años secos, cambio climático global).

Para los flujos de escombros el último factor mencionado es predominante, así como la alta intensidad de tormentas como la causa principal del desastre. Otro factor es la pendiente de la zona, que determina la velocidad del evento y su potencial para el incremento de la masa de sedimentos debido a la erosión.

B. INFRAESTRUCTURA RESISTENTE A DESLIZAMIENTOS. Cuatro clases de medidas pueden ser usadas, incluso para la estabilización de zonas fuente de caídas de roca.

- **Modificación de la geometría de la ladera.** Dada la relación entre las fuerzas en una masa deslizante y las características geométricas de la ladera, la manera básica para alcanzar una estabilización definitiva y segura es proveer a la ladera de dimensiones limitadas, mediante:
 - remoción de material del área superior
 - construcción de muros de refuerzo o relleno de la base.
 - reducción del ángulo de la ladera y recorte de material suelto en la superficie

Cualquiera de estas requiere espacio adyacente para organizar las actividades de construcción y afecta gran parte de la superficie de la zona inestable. En muchos casos no es económica ni socialmente aplicable.

- **Estructuras de retención.** La aplicación de medidas estructurales, superficiales o sub-superficiales, puede incluir los siguientes tipos de estructuras de retención.
 - muros de retención de concreto reforzado.
 - muros de gaviones, más flexibles que los de retención y usados contra la erosión.

- estructuras de reforzamiento (con elementos poliméricos o metálicos laminares)
- muros de contención de material redondeado granular y apoyado.

Algunas combinan las ventajas del drenaje y la confiabilidad ofrecida por los movimientos de tierra. Estas acciones sub-superficiales pueden proveer la protección segura contra fenómenos de inestabilidad más profundos inducidos por erosión a largo plazo al pie de la ladera.

- **Refuerzo interno de la ladera.** Mejoramiento en las técnicas de perforado y en el diseño de inclusiones de suelo y roca han permitido el desarrollo de medidas de estabilización mediante refuerzos internos, llevando su aplicación a largas profundidades y asegurando estabilidad a largo plazo.

Anclajes

Micro pilotes y pilotes anclaje

Las técnicas biológicas de estabilización de laderas incluyen el reforzamiento interno a poca profundidad a través de estructuras de madera y raíces de plantas específicas. Sin embargo algunas consideraciones sobre su sostenibilidad largo plazo deben ser tomadas para prevenir el decaimiento por las sequías y/o deslizamientos de superficies más profundas.

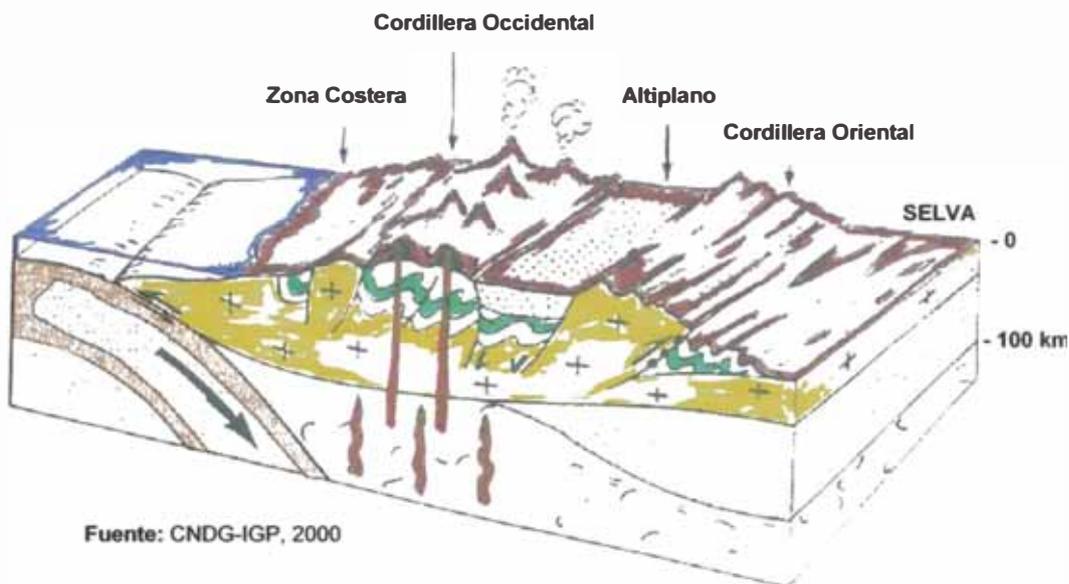
II.4. PELIGROS GEOLOGICOS EN EL TERRITORIO PERUANO.

Por su posición geográfica, el Perú se encuentra expuesto a amenazas naturales de origen geológico e hidrometeorológico. Como parte de la región andina, la tectónica peruana es controlada principalmente por el desplazamiento de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana (Bernal et al, 2002; Hernández, 2003). A nivel mundial, en el período comprendido entre los últimos 30 años, el Perú se encuentra entre los países con mayor incidencia de fenómenos como terremotos y deslizamientos (Guha-Sapir et. al, 2004).

Las características geológicas, geomorfológicas, tectónicas y geofísicas del Perú permiten clasificarlo entre los países de mayor riesgo sísmico en América Latina.

Además ello, la presencia de la Cordillera de los Andes a lo largo del territorio incrementa la amenaza ante desastres naturales generados por fenómenos geodinámicos internos y externos potencialmente destructivos (sismos, huaycos, deslizamientos, etc.) (Hernández, 2003).

Figura 2.3. Esquema de subducción para la región Sur de Perú.

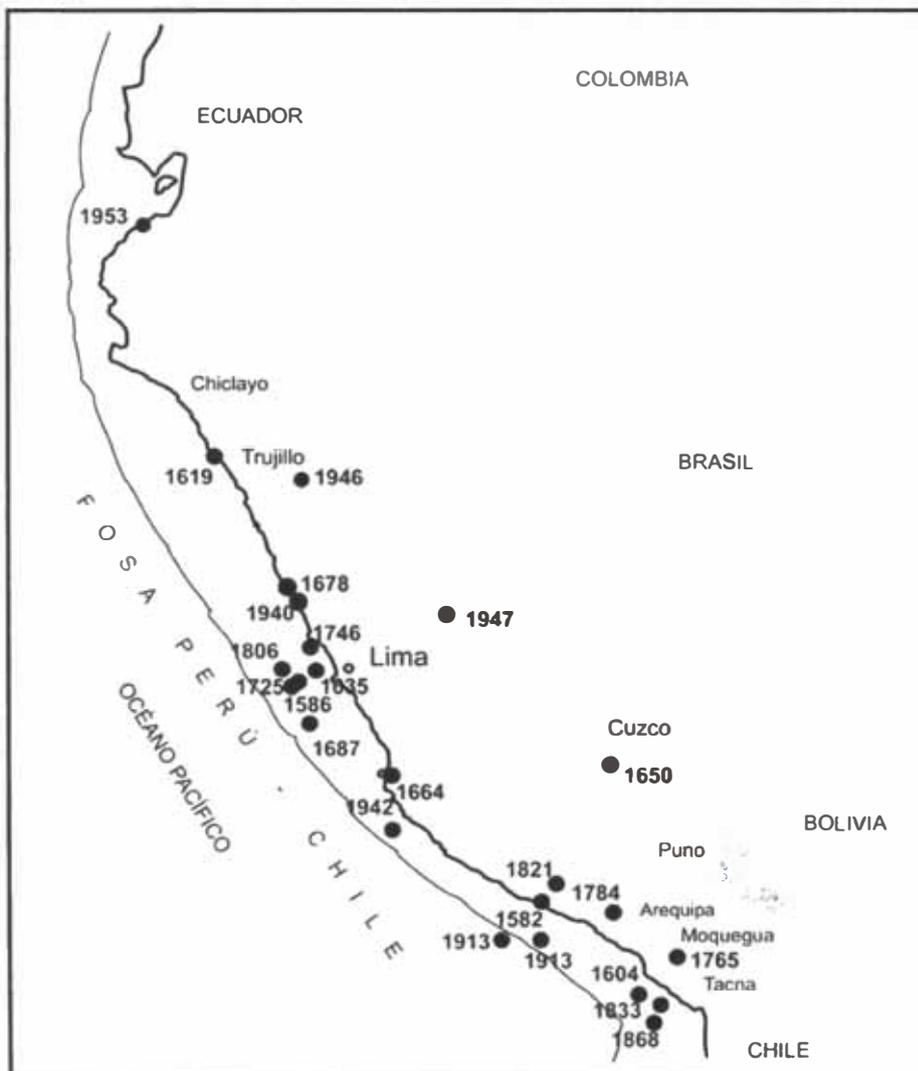


II.4.1. PRINCIPALES EVENTOS SÍSMICOS EN EL PERÚ.

La información sobre la actividad sísmica histórica de Perú se remonta a los años 1513 y la calidad de los datos dependerá de la distribución y densidad de las poblaciones en las regiones afectadas por los terremotos (Tavera y Buforn, 1998b). La recopilación más completa sobre esta sismicidad fue realizada por Silgado (1968, 1978, 1985) y Dorbath et al, (1990). En el período 1513-1959, los terremotos con intensidades mayores a VIII MM se distribuyen únicamente a lo largo de la costa centro y sur, debido a que estas regiones eran las más pobladas y que luego se constituyeron en las ciudades más importantes después del siglo XVI. La mayoría de estos terremotos generaron maremotos de intensidad variable y produjeron daños a lo largo de la costa Oeste de Sudamérica (Montessus de Ballore, 1911) y alrededor del Pacífico (Hatori, 1968).

En el interior del país solo se localizan 3 terremotos, el de 1650 ocurrido en Cuzco (lo=X MM), 1946 en Ancash, (lo=IX MM) y 1947 en Satipo, (lo=VIII MM). Para la costa central de Perú, Silgado (1978) y Dorbath et al (1990b) indican que los terremotos mayores son los de 1586, 1687 y el de 1746 (lo=X MM) que destruyó la ciudad de Lima y generó un maremoto con olas de 15 a 20 metros de altura. En la región sur, los terremotos más importantes son los de 1604, 1784 y 1868. Estos terremotos destruyeron las ciudades de Arequipa, Moquegua, Tacna, Puno y el norte de Chile. El terremoto de 1868 (lo=X MM) fue sentido desde Ecuador hasta Chile generando un maremoto con olas de 14 m. de altura (Silgado, 1978). Para el periodo 1513-1959, no existe mayor información sobre

Figura 2.4. Terremotos ocurridos en Perú entre 1513 y 1959.



Fuente: Adaptado de *Entorno tectónico y amenaza sísmica en el Perú*, Hernández, 2003.

terremotos ocurridos en la zona Andina y Subandina del norte y centro de Perú, pero actualmente se sabe que estas regiones son sísmicamente muy activas.

Durante los últimos 50 años los terremotos más importantes se han dado en Arequipa (1958, 1960, 1979, 1999 y 2001); Lima (1966, 1974 y 1993); Chimbote (1970); Cusco (1986); Moyabamba (1991 y 2005); Nasca (1996); Ayacucho (1999) y Moquegua (2005) (IGP, 2006).

II.4.2. ZONIFICACION SISMICA EN EL PERÚ.

La fricción de las Placas de Nazca y Sudamericana constituye la principal fuente sismogénica presente en el Perú. La frecuencia de sismos de magnitud elevada han producido un alto grado de destrucción y mortalidad en el borde Oeste de Perú (Bernal 2000; Pomachagua, 2000; Bernal et al, 2002). La segunda fuente sismogénica se produce en el interior del continente, y se caracteriza por generar sismos de magnitud menor, pero al ser más superficiales su capacidad de daño es similar a los anteriores (Bernal 2000; Hernández, 2003).

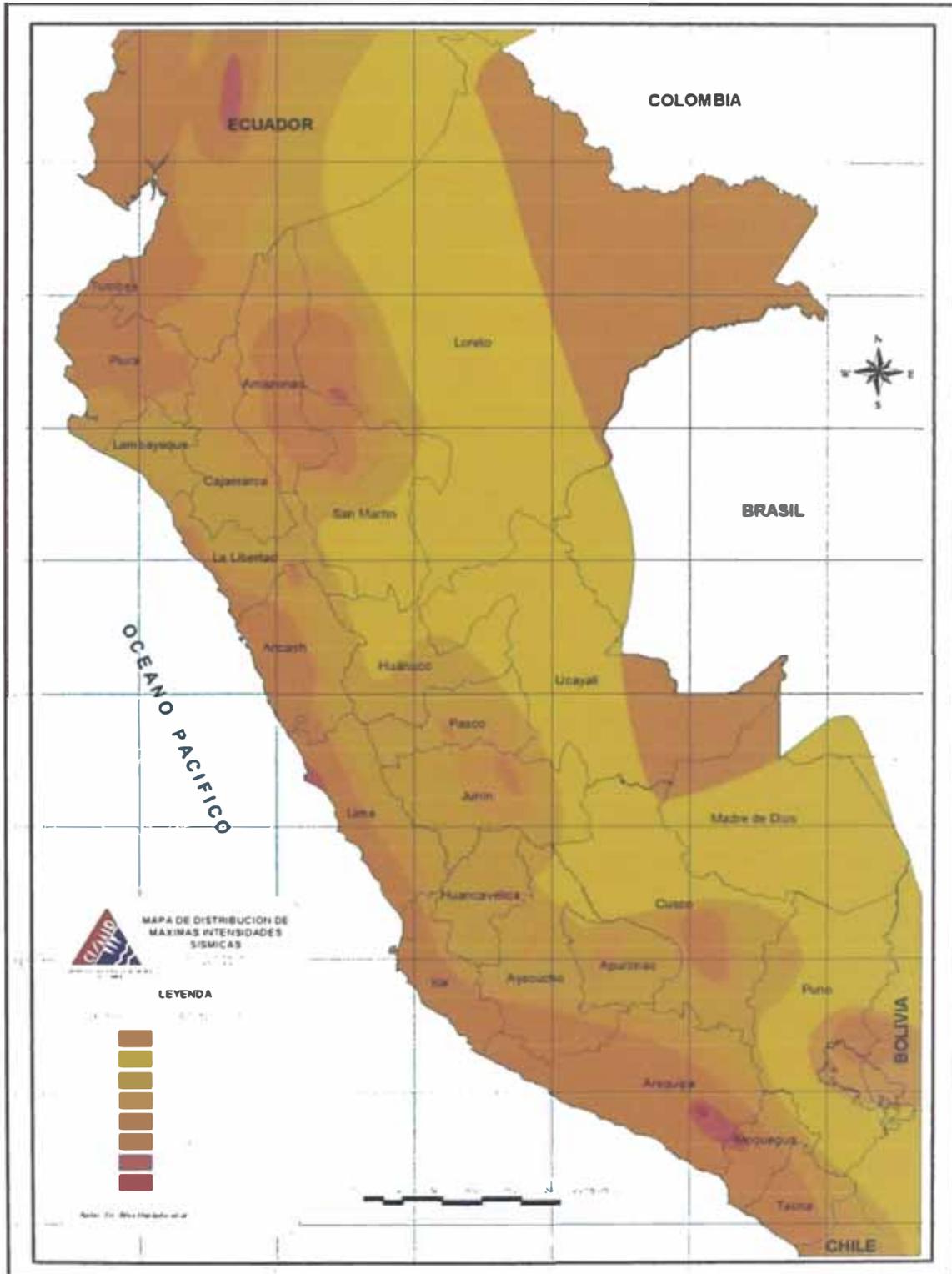
La sismicidad y tectónica del Perú indican que el borde Oeste del país es considerado una zona de alto riesgo sísmico, del mismo modo, las zonas Nororiental y Sur presentan un riesgo medio, mientras el resto del país presenta un bajo riesgo sísmico, en especial la zona Norte, la cual puede ser considerada asísmica (Pomachagua, 2000; Hernández, 2003).

A lo largo de los años se han propuesto zonificaciones regionales (Chávez, 1975; Casaverde y Vargas, 1980; Alva y Castillo, 1993; Bernal et al., 2002), en base a las cuales se tiene una zonificación sísmica a nivel nacional y se han establecido normas para el diseño sismorresistente (IGP, 2002).

La Zonificación Sísmica del Perú incluida la Norma Básica del Diseño Sismo-Resistente del Reglamento Nacional de Construcciones (MTC, 1999), al igual que la identificación de máximas intensidades realizada por Alva (1984) y la propuesta de zonificación hecha por Bernal (2002), indican lo que anteriormente se mencionó, es decir que existe un mayor riesgo sísmico en la franja Oeste del

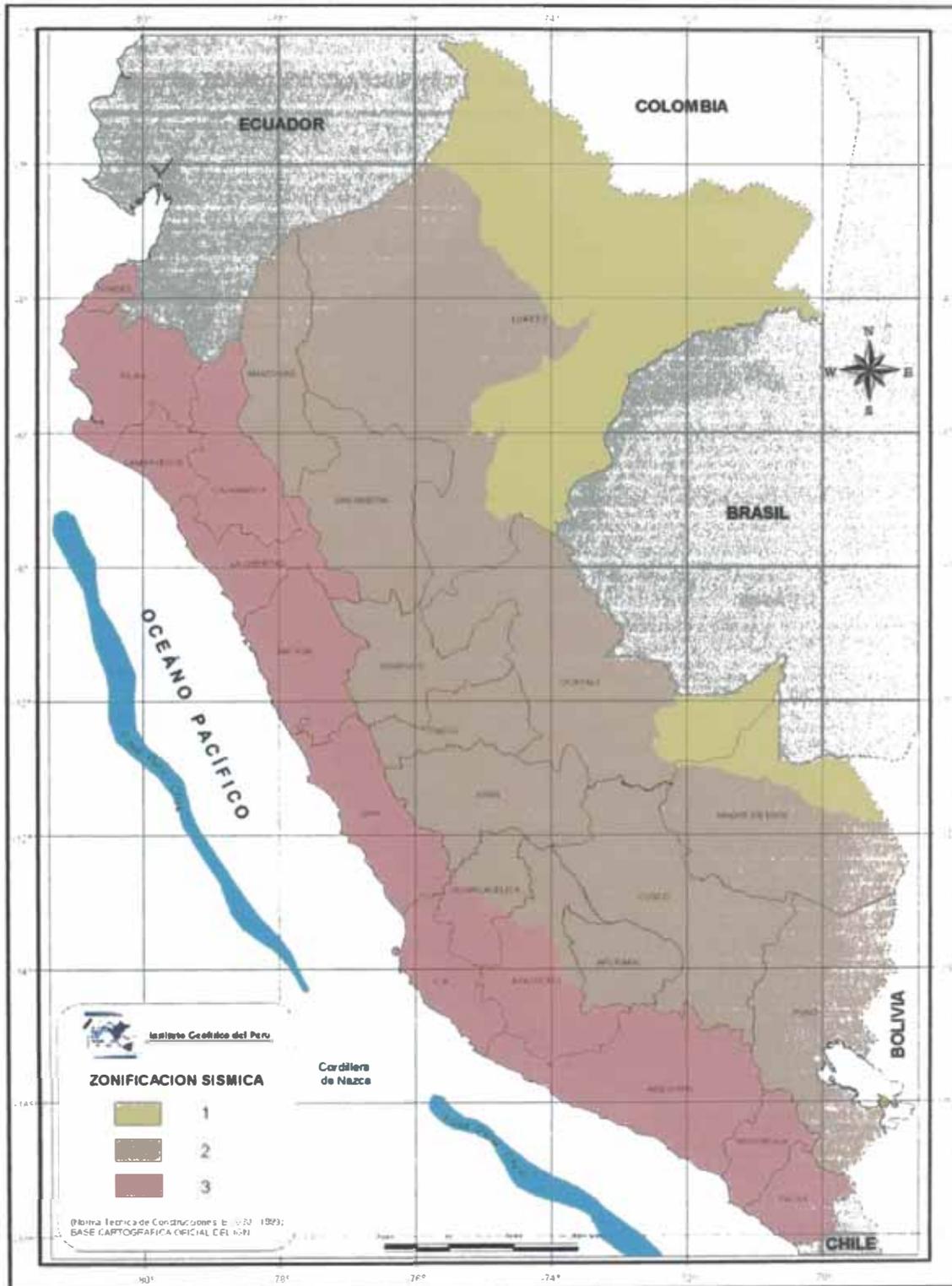
Perú, seguida por la zona Sur y Nororiental, siendo que el resto del territorio tiene una sismicidad baja o nula.

Figura 2.5: Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas.



Fuente: Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (CISMID) en *Atlas de Peligros Naturales*, INDECI (2003).

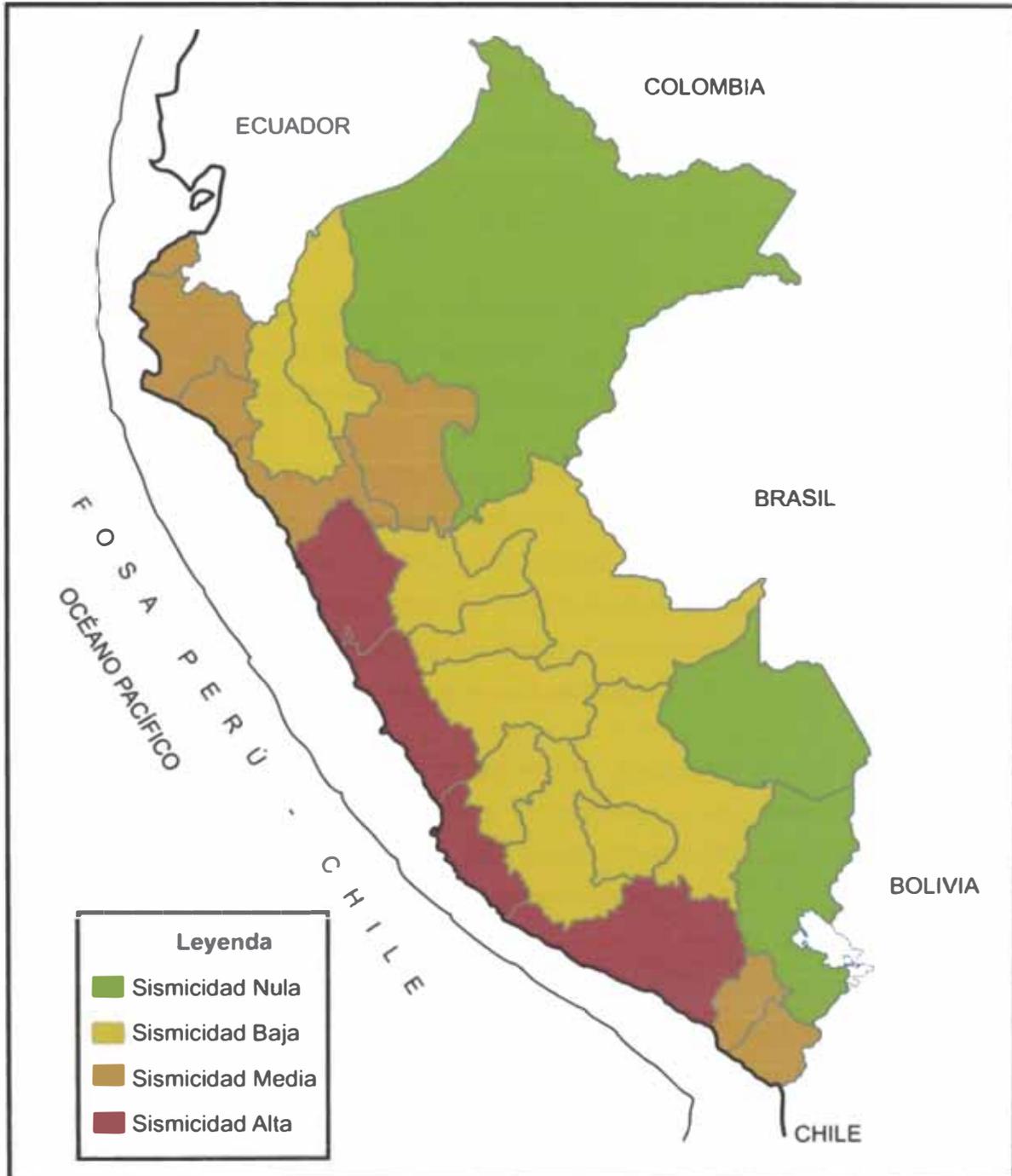
Figura 2.6: Mapa de Zonificación Sísmica del Perú (Norma Técnica de Construcciones – E-30).



Fuente: Adaptado de Zonificación Sísmica (IGP) en *Atlas de Peligros Naturales*, INDECI (2003).

Los siguientes departamentos son identificados por estar ubicados en zonas con sismicidad alta y media (Bernal et al, 2002).

Figura 2.7: Mapa de Zonificación Sísmica Preliminar del Perú (IGP).



Fuente: Adaptado de *Zonas sísmogénicas en Perú: volúmenes de deformación, gráficos polares y zonificación preliminar*, Bernal, Tavera y Antayhua; 2002.

- Alta (gran frecuencia de sismos con intensidades mayores a IV)²: Ancash, Lima, Ica y Arequipa
- Media (regular frecuencia de sismos con intensidades mayores a IV): Tumbes, Lambayeque, La Libertad, San Martín, Moquegua y Tacna.
- Baja (la frecuencia de sismos con intensidad mayor a IV es mínima).
- Nula (no se han sentido sismos con intensidades mayor a IV).

II.4.3. ZONIFICACION DE PELIGRO GEOLOGICO EN EL PERÚ.

La morfología del territorio peruano, incluyendo la presencia de la cordillera de los andes plantea una variedad de escenarios que originan diversas amenazas naturales, a partir de las cuales se han identificado distintos niveles de riesgo.

La zonificación de peligros geológicos del Perú (INGEMMET, 1999) incluye los principales fenómenos dinámicos externos: deslizamientos, derrumbes, desprendimientos de rocas, erosión, inundaciones, entre otros; en base a los cuales se determinan la susceptibilidad y peligrosidad de las regiones del Perú y la conducen a una estimación relativa del riesgo. Dentro de dicha zonificación se han identificado las siguientes zonas y niveles de peligro³:

Zona 1 – Muy Alto: Áreas que presentan serios problemas de tipo geomorfológico-geodinámico, hidrológico, hidrogeológico, así como litológico-estructural y geotécnico. Corresponde a las áreas comprendidas generalmente a partir de la cota 3,600 msnm. hasta la divisoria de aguas.

Se les considera como muy desfavorables a causa de la acusada morfología donde, en muchos casos, presenta ángulos con pendiente superior al límite crítico, dando origen a la inestabilidad de los taludes. Esta situación se encuentra favorecida por la meteorización intensa, fracturamiento, presencia de fallas activas e inactivas, buzamientos desfavorables de estratos; originándose,

² Se acepta que los sismos que han producido intensidades de IV o mayores son los que causan daños apreciables en la superficie (Bernal et al. 2002).

³ La presente descripción de las zonas y niveles de peligro corresponde a una adaptación de la información presentada por INGEMMET en el Atlas de de Peligros Naturales del Perú (INDECI, 2003).

por todas estas causas, fenómenos de geodinámica como: deslizamientos, derrumbes, caída de rocas, aludes o avalanchas, aluviones o huaycos.

Zona 2 – Alto: Comprende terrenos con riesgo geodinámico alto y de intensidad variable. En estas zonas, donde ocurre la mayor cantidad de fenómenos geodinámicos externos, las fuertes pendientes, laderas en el límite crítico de reposo y precipitaciones favorecen la meteorización, erosión de laderas, derrumbes, deslizamientos, huaycos y desprendimiento de rocas, ocasionando daños a las obras civiles y centros poblados. También la fluctuación del nivel freático y las condiciones litológicas estructurales e hidrológicas.

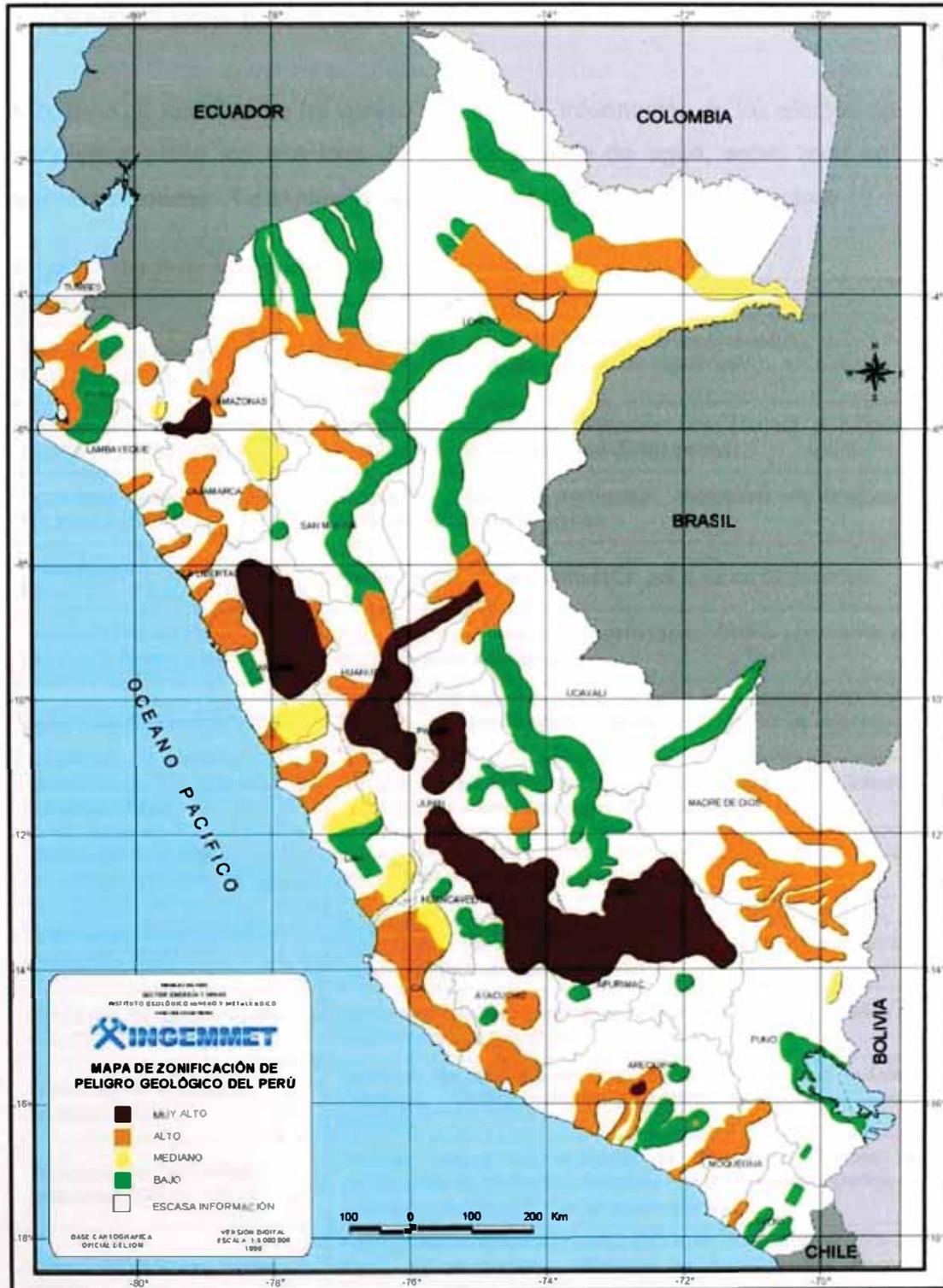
Zona 3 – Mediano: Incluye aquellos terrenos que pueden estar sometidos a fenómenos geodinámicos, y en los que la magnitud del riesgo es moderada y pueden ser atenuada mediante la construcción de obras de drenaje y estabilización de suelos. Se caracterizan por presentar pendientes planas a moderadas con nivel freático poco profundo, lo que motiva un alto grado de saturación (altiplanicies) de los suelos.

Zona 4 - Bajo: Se incluyen un conjunto de terrenos que si bien se han considerado en general favorables desde el punto de vista constructivo. Ocurren fenómenos de geodinámica externa de poca magnitud y que pueden darse de forma puntual. Estas zonas constituyen generalmente las superficies moderadamente onduladas, las superficies planas de amplios valles, conos de deyección y las laderas estables de los valles principales donde se asientan la mayoría de los centros poblados.

Zona 5 – Con escasa información: Son las áreas en las cuales se nota la ausencia de fenómenos de geodinámica externa que puedan comprometer la seguridad de las obras de infraestructura o daños que puedan ocasionar a la propiedad. Puntualmente se pueden presentar problemas de tipo geotécnico (suelos), hidrogeológico (napa freática superficial).

Los daños que pueden ocasionar los sismos, dependerán del tipo y calidad de las obras construidas.

Figura 2.8: Mapa de Zonificación de Peligro Geológico del Perú.



Fuente: Adaptado de "Mapa de Zonificación de Peligro Geológico del Perú" (INGEMMET) en Atlas de Peligros Naturales, INDECI, 2000.

II.5. IMPACTO EN LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE DEBIDO A FENÓMENOS SISMICOS.

A lo largo de los años se ha venido recopilando información de los efectos de los terremotos sobre los sistemas de abastecimiento de agua, sobre todo en las grandes ciudades. La siguiente es una recopilación de dichos impactos:

Tabla 2.7. Efecto de sismos y terremotos sobre sistemas de agua potable

EVENTO	IMPACTOS REPORTADOS
Terremoto de Santa Rosa, California. EEUU (1969)	Daños menores en tanques de almacenamiento, estaciones de bombeo y represas. Daños significativos en sistema de tuberías.
Terremoto de San Fernando, California. EEUU (1971)	Daños en estructuras hidráulicas de fuentes y tuberías. Variación en el nivel de agua de los pozos
Terremoto de Managua, Nicaragua (1972).	Daños en líneas de conducción, estaciones de bombeo y tanques de almacenamiento.
Terremoto de Cotabato, Isla Mindanao. Filipinas (1976)	Daños en tubería de conducción por colapso de puentes.
Terremoto de San Juan y Mendoza, Argentina (1977)	Roturas en las líneas de distribución. Daños agravados por ocurrencia de licuefacción.
Terremoto de México (1985).	Daños en las tuberías, especialmente las tuberías enterradas. Roturas en conexiones rígidas (accesorios e ingreso a unidades)
Terremoto de San Salvador, El Salvador (1986)	Roturas en las redes de agua potable (20% de la longitud total) debido a asentamientos diferenciales.
Terremoto de Spitak y Leninakan, (Armenia 1988)	Daños en las tres líneas de conducción de agua que abastecían a la ciudad de Leninakan.
Terremoto de Loma Prieta, California (1989)	Interrupción de plantas de tratamiento y bombeo por daños en los sistemas de energía eléctrica. Daño en tuberías matrices, especialmente en suelos de relleno.
Terremoto de Limón, Costa Rica (1991)	Incremento de turbiedad de la fuente (río Banano). Daños en los sistemas de tuberías.
Terremoto de Erzincan, Turquía (1992)	Daño en las tuberías de conducción y distribución (asbesto cemento). Daños menores en estructuras de tratamiento y bombeo.
Terremoto de Northridge, California. EEUU (1994)	Roturas varias en tuberías de concreto, tuberías de distribución de concreto afectadas por la corrosión. Daños en valvulería de tanques de almacenamiento
Terremoto de Kobe, Japón (1995)	Falla en las tuberías de conducción que abastecían el 75% del agua de la ciudad. Ruptura de tuberías de concreto (especialmente enterradas) y daños en estación de bombeo y planta de tratamiento.
Terremoto de Cariaco, Venezuela (1997)	Ruptura de tuberías de abastecimiento de agua potable y alcantarillado al cruzar falla geológica.

EVENTO	IMPACTOS REPORTADOS
Terremoto de Chi-Chi, Taiwán (1999)	Daños en los sistemas de tratamiento de agua potable (25 plantas afectadas en total), estaciones de bombeo y sistemas de distribución. Variación del nivel de acuíferos
Terremoto de Arequipa. Perú (2001).	Daños en planta de Tratamiento de la ciudad de Arequipa. Daños en sistemas rurales de abastecimiento de agua potable.
Terremoto de El Salvador (2001)	Daños en los sistemas de abastecimiento de agua rurales.
Terremoto en India y Pakistán (2005)	La deficiencia en la cobertura de los sistemas y la interrupción de los sistemas planteó la necesidad urgente de provisión de servicios de agua y saneamiento a 1'700,000 habitantes.

Fuente: Adaptada de la recopilación realizada por el Ing. José Grazes (1997) y complementada con otras fuentes.

En la mayoría de los casos, la información de mayor relevancia se refiere a los sistemas urbanos de abastecimiento de agua, dado que su interrupción afecta gran cantidad de personas y tiene una mayor repercusión.

Los sistemas rurales de agua potable afectados por fenómenos naturales, terremotos en este caso en particular, no siempre son incluidos en el levantamiento de información y difícilmente son documentadas; sin embargo estos daños suceden y a menudo estas poblaciones carecen de los medios necesarios para la recuperación de los servicios y a menudo no llegan a recobrar su correcto funcionamiento.

En el caso peruano, los terremotos de Nasca (1996), Arequipa (2001), y Moquegua (2005) han reportado daños en los sistemas rurales de agua potable, sin embargo estas experiencias no han sido completamente reportadas y no se ha tomado cuenta de la magnitud real de estos daños.

Las características de las tecnologías usadas en el ámbito rural, así como las organizaciones que administran y gestionan los sistemas, determinan el impacto de los fenómenos naturales sobre la continuidad de los servicios y en la calidad de vida de las poblaciones afectadas.

Finalmente, no sólo los fenómenos de grandes magnitudes y extensas áreas de influencia pueden afectar este tipo de sistemas. Los fenómenos locales, que no tienen repercusión en los medios y cuyos impactos, suelen dejarse de lado en

las evaluaciones y reportes de daños, pueden generar impactos considerables en el correcto funcionamiento de los servicios básicos en zonas rurales. Por ello es necesario documentar las experiencias ocurridas en fenómenos anteriores y, con ello, tratar de generar herramientas para la protección de estos sistemas que han mostrado ser más vulnerables ante la ocurrencia de fenómenos naturales.

CAPITULO III:**IMPACTO DE LOS FENÓMENOS GEOLÓGICOS EN
SISTEMAS RURALES DE AGUA POTABLE.****III.1. OBJETIVO GENERAL.**

Aportar en la búsqueda de la sostenibilidad de sistemas rurales de abastecimiento de agua potable mediante la reducción de su vulnerabilidad de frente a los fenómenos sísmicos y geológicos.

III.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Se buscan alcanzar los siguientes objetivos:

- Identificar patrones de daños en sistemas de abastecimiento de agua potable rural como consecuencia de eventos sísmicos y fenómenos geológicos.
- Proponer criterios técnicos para la reducción del impacto de estas amenazas en los sistemas de abastecimiento de agua potable rural.
- Analizar la relación beneficio/costo de las medidas de prevención/mitigación en sistemas de abastecimiento de agua rural.

III.3. HIPOTESIS.

Las hipótesis generales del presente trabajo de investigación son:

- Existen patrones de daños recurrentes que determinan el impacto de los fenómenos geológicos sobre los sistemas de abastecimiento de agua rural.

- Además de las características del fenómeno, los daños ocasionados se relacionan con las características del diseño y construcción de los sistemas y la gestión y/o administración de los servicios.
- Es posible proponer medidas basadas en el conocimiento local que sean utilizadas para reducir la vulnerabilidad de los sistemas rurales de abastecimiento de agua.

III.4. METODOLOGIA.

El desarrollo se basa en el análisis de daños ocurridos en sistemas de abastecimiento de agua rural a raíz del terremoto del 23 de junio del 2001 en la zona sur del Perú.

III.4.1. FUENTES DE INFORMACIÓN.

La recopilación de reportes de daños fue realizada de:

- expedientes técnicos de rehabilitación y reconstrucción de sistemas rurales de agua afectados por el terremoto de junio del 2001¹; y
- visitas a sistemas rurales de agua potable en la zona de estudio para el levantamiento de información sobre daños ocurridos como consecuencia del evento sísmico².

Para los expedientes técnicos de rehabilitación/reconstrucción, se tomó en cuenta a información indicada en la descripción de daños y condiciones actuales del sistema al momento de la intervención. En las visitas técnicas realizadas, la

¹ Información de 31 expedientes de rehabilitación/reconstrucción de sistemas rurales de agua potable elaborados como parte de "Medidas para el mejoramiento de la calidad del agua y saneamiento de las poblaciones afectadas por el terremoto de junio 2001 en el sur del Perú", proyecto financiado por la Cooperación Belga y ejecutado a través de CEPIS/OPS.

² Visitas de inspección técnica y levantamiento de información a 18 sistemas rurales de agua potable (9 Arequipa y 9 Moquegua), realizadas entre agosto y octubre del 2005.

información de daños fue proporcionada por los operadores del sistema al momento de la ocurrencia del terremoto, algunos de los cuales se evidenciaron durante las visitas. Este proceso de recolección de datos se realizó mediante el uso de formatos diseñados para el desarrollo de las visitas.

III.4.2. AREA DE ESTUDIO: Zona Sur del Perú

El trabajo de campo tuvo lugar en los departamentos de Arequipa y Moquegua, incluyendo información secundaria del departamento de Tacna. Esta zona es considerada de alto riesgo sísmico, siendo una de las más propensas a la ocurrencia de estos fenómenos dentro del territorio nacional.

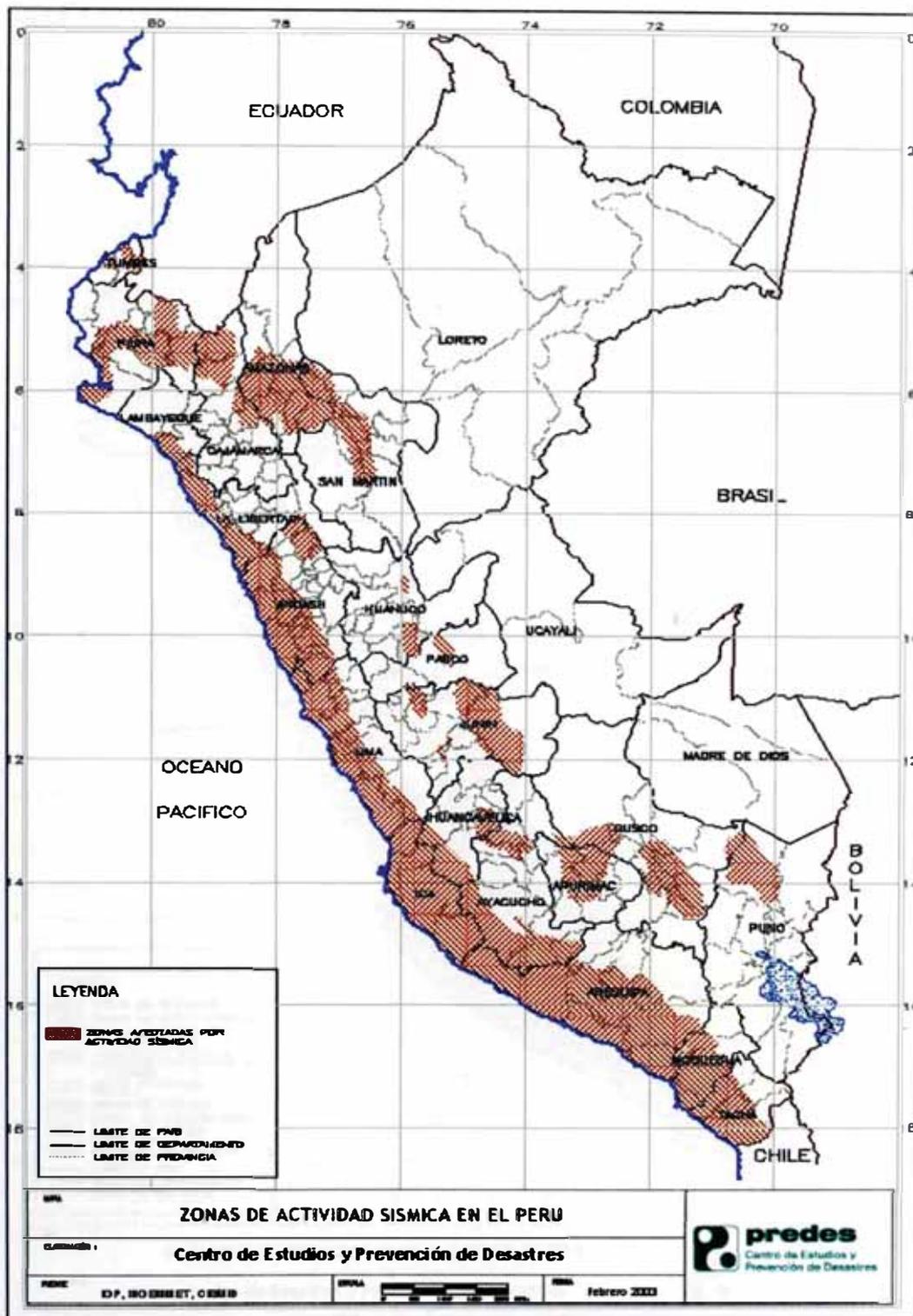
Durante el terremoto del 23 de junio del 2001 estos departamentos fueron declarados en estado de emergencia debido a la magnitud de los daños reportados. El trabajo se concentra en el impacto sobre los servicios de agua potable en el ámbito rural de la zona de estudio y los daños ocurridos en los sistemas de abastecimiento de agua.

III.4.3. ESTUDIO DE CASO: 23 de junio del 2001 (Sur del Perú).

A. ANTECEDENTES El sábado, 23 de junio del 2001, a las 15:33 horas, ocurrió un sismo de magnitud $M_b=6.9$ y $M_w=8.4$ en la escala de Richter en la Zona Sur del Perú. El área afectada abarcó Arequipa, Moquegua, Tacna y las zonas alto andinas de Ayacucho y Abancay; además de la región norte de Chile y con una menor intensidad el altiplano de Bolivia (INDECI, 2001). Este terremoto se debió al proceso de subducción o interacción entre las placas de Nazca y Sudamericana, la misma que se realiza a velocidades de 80mm./año. El epicentro del terremoto fue localizado a 82km. al NO. de la ciudad de Ocoña, con epicentro a 28km. de profundidad.

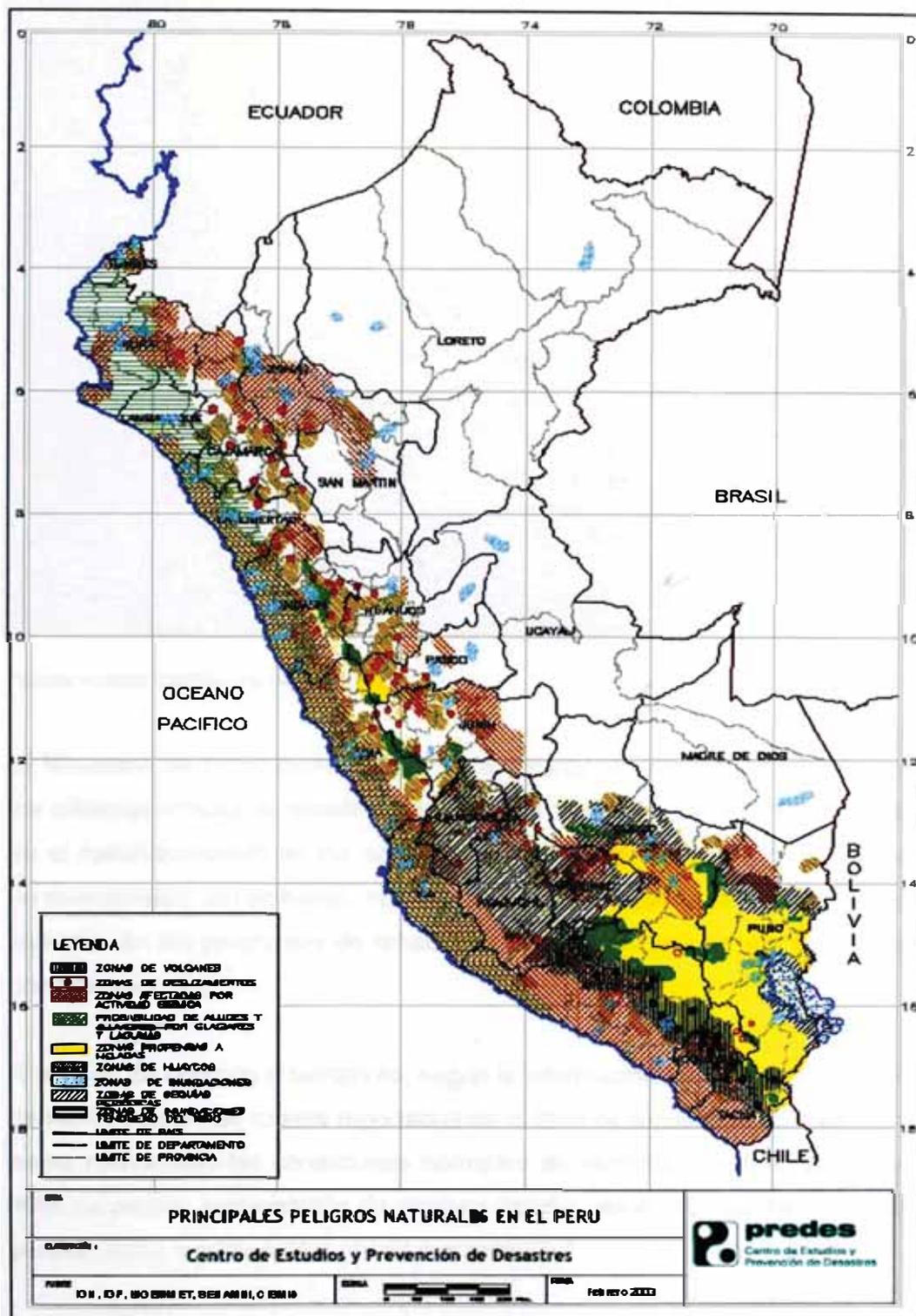
B. RECUENTO GENERAL DE DAÑOS. Los daños afectaron todos los sectores (educación, agricultura, salud, saneamiento, carreteras, etc.), requiriendo de atención inmediata en la emergencia.

Figura 3.1: Zonas de actividad sísmica en el Perú.



Fuente: Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES), 2000.

Figura 3.2: Principales peligros naturales en el Perú.



Fuente: Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES), 2000.

Figura 3.3. Terremoto de Arequipa del 23 de junio de 2001 y réplicas principales de magnitud significativa ocurridos al 25 de junio de 2001.



Fuente: Instituto Geofísico del Perú (IGP), 2001

El Ministerio de Salud (MINSA) que tenía a cargo la supervisión y vigilancia de los sistemas rurales de abastecimiento de agua potable, tomó la responsabilidad en el restablecimiento de los servicios y el levantamiento de información sobre su operatividad; sin embargo, muchas de las comunidades afectadas, no fueron incluidas en los programas de rehabilitación y reconstrucción que se ejecutaron con posterioridad.

A un mes de ocurrido el terremoto, según la información recopilada por el MINSA de los 341 sistemas rurales reportados en el área de estudio, poco más del 50% había recuperado las condiciones normales de servicio, mientras que más del 40% no podían suministrarlo de manera regular; en algunos casos de forma parcial (30%), y otros tantos (11%) inoperativos.³

³ Información remitida por las Oficinas Regionales de Salud Ambiental del Ministerio de Salud a la Oficina de la Organización Panamericana de la Salud (OPS). Estado de sistemas de abastecimiento de agua (Julio 2001).

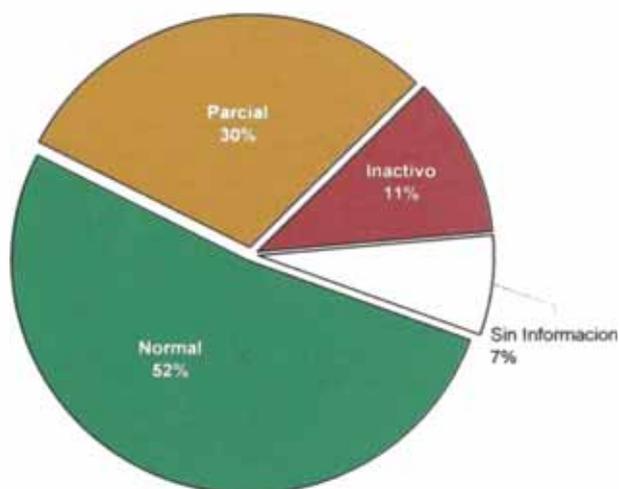
Tabla 3.1. Reporte de sistemas de agua afectados en Arequipa, Moquegua y Tacna.

DEPARTAMENTO	NORMAL		PARCIAL		INACTIVO		SIN INFORM.		TOTAL
	n° sistemas	%	n° sistemas	%	n° sistemas	%	n° sistemas	%	
Arequipa	38	29	62	47	25	19	6	5	131
Moquegua	103	74	25	18	8	6	4	3	140
Tacna	36	51	16	23	5	7	13	19	70
TOTAL	177	52	103	30	38	11	23	7	341

Fuente: Reporte de las Oficinas Regionales de Salud (MINSA) a un mes después de ocurrido el sismo.

El levantamiento de información de las dependencias del MINSA sólo tomó en cuenta el funcionamiento del sistema y la regularidad del servicio: no incorporaba la condición de la infraestructura ni la magnitud del impacto en los componentes del sistema.

Figura 3.4: Operatividad de los sistemas rurales de agua potable a un mes de ocurrido el terremoto



Fuente: Reporte de las Oficinas Regionales de Salud (MINSA) a un mes de ocurrido el sismo.

III.4.4. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

- **Expedientes técnicos de rehabilitación/reconstrucción:** Del total de 36 expedientes de reconstrucción elaborados en el proyecto "*Medidas para el mejoramiento de la calidad del agua y saneamiento de las poblaciones afectadas por el terremoto de junio 2001 en el sur del Perú*", se seleccionaron 31, los que registraban el impacto del terremoto sobre los sistemas de agua rurales.
- **Visitas a sistemas rurales de agua potable:** Las localidades incluidas en las visitas pertenecen a los departamentos de Arequipa y Moquegua, y se seleccionaron en base a la información reportada por las Direcciones Regionales de Salud Ambiental⁴. Para la selección se tomó en consideración el estado de los sistemas, reportado a un mes de ocurrido el sismo, y su

⁴ Reporte del estado de los sistemas rurales de agua potable a un mes de ocurrido el evento "Daños en Sistemas de Agua Causados por Terremoto 23 Junio 2001" (20 Julio 2001)

ubicación geográfica (incluyendo distritos con mayor incidencia de sistemas afectados); respetando la distribución en cuanto al tipo de sistemas (gravedad o bombeo) que se presenta en la zona de estudio.

Tabla 3.2. Localidades incluidas en el análisis de información.

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	SISTEMA
Arequipa	Arequipa	Pocsi	Piaca ^(a)	GST
			Tuctumpaya ^{(a) (b)}	GST
		Yarabamba	Yarabamba ^(b)	GCT
	Camaná	Mariscal Cáceres	San José ^(b)	BST
			San Isidro ^(b)	BCT
		José María Quimper	El Cardo ^(b)	BST
	Caraveli	Caraveli	El Puente ^(b)	BST
			Caraveli ^(b)	GST
			Chuñuño ^(b)	GST
	Castilla	Cháparra	Cháparra ^(b)	GST
			Uracá	Uracá ^(b)
	Caylloma	Viraco	Huami ^(b)	GST
			Cabanaconde	Cabanaconde ^(b)
	Condesuyos	Tapay	Llatica ^(b)	GST
			Carmen Alto ^(b)	GST
		Chuquibamba	Papachacra ^(b)	GST
			Siguán ^(b)	GST
			Chucarapi ^(b)	GST
	Islay	Cocachacra	Mungui ^(b)	GST
La Unión	Pampamarca	Pampamarca ^(b)	GST	
		Cuchumbaya ^(b)	GST	
Moquegua	Mariscal Nieto	Cuchumbaya	Huatalaque ^(b)	GST
			Quebaya ^(b)	GST
			Sacuaya ^(b)	GST
			Yojo ^(b)	GST
			Challaguayo ^(b)	GST
	General Sánchez Cerro	La Capilla	Pampa Blanca ^(b)	GST
			Lucco ^(b)	GST
		Matalaque	Huarina ^(b)	GST
			Matalaque ^(b)	GCT
		Omate	Sabaya ^(b)	GST
			Tamaña ^(b)	GST
		Puquina	Chilata ^(b)	GCT
			Chuñuguayo ^(b)	GST
			Orlaque ^{(a) (b)}	GST
			Segundia ^(b)	GST
			Subin ^{(a) (b)}	GST
		Quinistaquillas	Chimpa Pampa ^(b)	GCT
Torata	Mollesaja Chico ^(b)	GST		
Tacna	Candarave	Candarave	Yarama ^(b)	GST
			Jirata ^(b)	GST
			San Pedro ^(b)	GST
			Yucamani ^(b)	GST
	Tarata	Chucatamani	Pistala ^(b)	GCT
			Quihuani	Buena Vista ^(b)

GST= Gravedad sin tratamiento GCT= Gravedad con tratamiento
 BST= Bombeo sin tratamiento BCT= Bombeo con tratamiento

^(a) Información recopilada mediante visitas de campo a sistemas rurales de agua potable

^(b) Información recopilada de expedientes técnicos de rehabilitación / reconstrucción del sistemas afectado

III.4.5. INFORMACIÓN RECOPIADA

Características generales del servicio (tipo de sistema, instalación, cobertura, administración y gestión del servicio).

Características de los componentes del sistema (fuente, captación, líneas de conducción, impulsión, reservorios de almacenamiento, líneas de aducción y redes de distribución)

Labores de rehabilitación y reconstrucción de los impactos producidos por el sismo del 23 de junio del 2001.

III.4.6. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Para los expedientes técnicos, la recopilación de información se realizó en base a las memorias descriptivas, descripción de la situación actual del sistema y obras proyectadas para la rehabilitación del servicio. El detalle de las los componentes del sistema, ubicación y otros, han sido recogidos de la descripción mostrada, planos y vistas fotográficas incluidas en estos documentos.

Para las visitas y el levantamiento de información correspondiente; éstas se realizaron en compañía de los miembros de las juntas administradoras y los operadores de los sistemas (actuales y a la fecha del sismo) con los quienes se realizó el recorrido del sistema y se tomó nota de sus características, ubicación y amenazas; así como los impactos producidos en eventos sísmicos.

III.4.7. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Para la síntesis y sistematización se definieron cuatro componentes típicos en un sistema rural de agua potable: *CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN, RESERVORIO Y LÍNEA DE ADUCCIÓN / DISTRIBUCIÓN*, correspondientes a Sistemas por Gravedad Sin Tratamiento (GST) predominantes en la zona de estudio; y luego se identificó el tipo y grado de afectación por efecto del

terremoto. Para cada localidad se incluyó información sobre el tipo de sistema, tipo de fuente de abastecimiento, afectación de la fuente por efecto del terremoto (cantidad y calidad), características de cada componente, daños ocurridos a consecuencia del evento sísmico y las posibles causas que determinaron la magnitud del mismo.

Tabla 3.3. Distribución de sistemas, según tipo, en la muestra analizada

TIPO DE SISTEMA	Nº	%
Gravedad Sin Tratamiento (GST)	35	78
Gravedad Con Tratamiento (GCT)	5	11
Bombeo Sin Tratamiento(BST)	3	7
Bombeo Con Tratamiento (BCT)	2	4
Total Sistemas	45	100

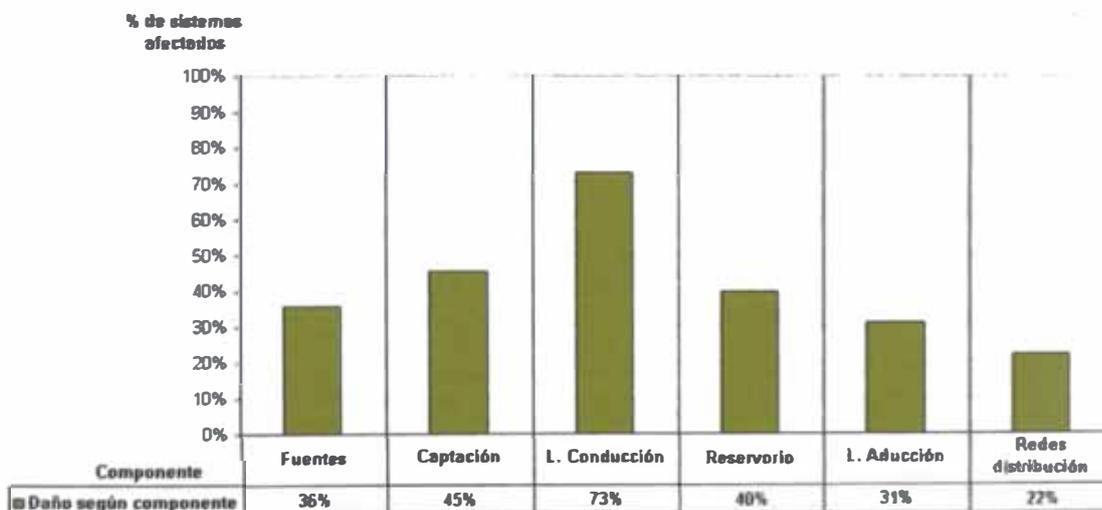
De la descripción del impacto, daños y características de los componentes, se buscó la asociación según el tipo de daño sufrido y las características físicas (materiales, ubicación, etc.). Habiéndose distinguido en cada componente los *daños-tipo*, estos se agruparon en *patrones de daño*, incluyendo además las posibles causas extraídas de la síntesis de datos.

III.5. RESULTADOS OBTENIDOS

III.5.1. DAÑOS POR COMPONENTE:

El impacto debido a la ocurrencia del terremoto del 23 de junio del 2001, se dio de la siguiente manera:

Figura 3.5. Distribución de componentes afectados en sistemas rurales de agua potable.



La línea de conducción fue el componente que reportó el mayor impacto. Le siguen las unidades de captación, reservorios, fuentes de abastecimiento, líneas de aducción y redes de distribución.

A. IMPACTOS SOBRE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO

Las fuentes de abastecimiento predominantes han sido las subterráneas, en especial los manantiales (de flujo concentrado o difuso). Sin embargo, existe una parte de la muestra (20%) que se abastece de fuentes superficiales.

Tabla 3.4. Fuentes de abastecimiento de agua potable en la muestra analizada

TIPO DE FUENTE	Nº	%
Superficial	9	20%
Canal de Regadío	8	18%
Curso Natural	1	2%
Subterránea	36	80%
Manantial Concentrado	24	53%
Manantial Difuso	10	22%
Pozo Excavado	2	5%

Los impactos sobre las fuentes correspondieron al cambio en las características de los afloramientos de agua subterránea y la interrupción del suministro cuando este dependía de la infraestructura de riego.

- **Fuentes Superficiales.** Los sistemas abastecidos por fuentes de agua superficial lo hacen en su mayoría de canales de regadío. El mayor impacto sobre estas fuentes fue la interrupción del flujo de agua en los canales, desabasteciendo a la población y obligándola a recurrir a otra fuente alternativa de agua mientras se realizaban los trabajos de rehabilitación en la infraestructura de riego.
- **Fuentes Subterráneas.** El principal efecto sobre las fuentes subterráneas fue el cambio en la posición del afloramiento, cantidad y calidad del agua producida. Sin embargo, también se reportaron algunos eventos de

contaminación del agua y reducción del caudal captado debido a una deficiencia técnica en su recolección⁵.

Los impactos sobre las fuentes de abastecimiento de agua subterráneas se resumen en la modificación del punto de afloramiento y el caudal de producción de la fuente, en especial para el caso de los manantiales, que predominan en la zona de estudio. Para el caso de los pozos excavados se reportó el arenamiento de los mismos.

Tabla 3.5. Impacto en las fuentes de abastecimiento de agua

Impacto en Fuentes	Secado total	Reducción producción	Desvío afloramiento	Arenamiento pozo	Daño inf. riego	Total
Manantial Concentrado	1	2	3			6
Manantial Difuso			1			1
Pozo Excavado				2		2
Canal de Regadío					2	2
Total	1	2	4	2	2	11

B. IMPACTOS EN LAS UNIDADES DE CAPTACION

Los daños en estructuras de captación comprometieron la continuidad del servicio y la calidad del agua suministrada. En la mayoría de casos se produjo fisuras y grietas en la unidad y la pérdida del agua captada.

En la muestra analizada, y de manera general en los sistemas presentes en el área de estudio, los materiales utilizados para la construcción de las unidades de captación son el concreto (simple, armado o ciclópeo) y la mampostería; y su uso depende de las capacidades técnicas y económicas con las que se haya podido contar al momento de la instalación de cada sistema.

⁵ En algunos sistemas se reportó la pérdida de la fuente de abastecimiento o reducción de su producción debido a "derrumbes sobre el canal de recolección". Este canal correspondía a una excavación artesanal en el terreno natural, sin ninguna protección, que servía para acumular el agua aflorada a la superficie y luego ser derivada al reservorio de almacenamiento a través de canales o tuberías precariamente instaladas. Los impactos sobre estos sistemas no serán analizados dentro del presente trabajo por considerar que esta forma de recolección de agua no corresponde a un sistema de abastecimiento correctamente concebido y ejecutado, razón a la cual se debe su alto nivel de riesgo ante cualquier tipo de fenómeno.

Tabla 3.6. Materiales utilizados en las unidades de captación

Material	Nº sistemas	Porcentaje
Mampostería	4	9%
Concreto Simple	23	52%
Concreto Ciclópeo	3	7%
Concreto Armado	6	14%
Tubería PVC u otro empotrado en paredes de canal	5	11%
Canal en terreno natural	2	5%
No indicado	1	2%
Total	44	100%

Para las fuentes superficiales, las estructuras de captación son muros de concreto (simple, armado o ciclópeo) con una tubería adaptada para el paso del agua hacia un sistema de pre-tratamiento (desarenador). En las fuentes subterráneas las unidades de captación son protecciones del manantial que buscan asegurar la calidad del agua. Para los sistemas abastecidos por pozos excavados, estos son construidos en concreto armado formando anillos dentro de la excavación. En la muestra analizada, estos pozos no tienen más de 15 metros de profundidad y no llegan al fondo del estrato permeable.

Tabla 3.7. Unidades de Captación. Materiales de construcción según tipo de sistema.⁶

SISTEMA	MATERIAL							Total
	C. Simple	C. Armado	C.Ciclópeo	Mampostería	Tubería PVC/ F ^o G ^o	Canal natural	S.I.	
GST	20	3	2	4	3	1	1	34
GCT	3				1	1		5
BST		3						3
BCT			1		1			2
Total	23	6	3	4	5	2		44

S.I.= Sin información. No se encontraron detalles al respecto en los expedientes analizados.

Los sistemas GST, predominantes en la muestra, presentan unidades de concreto simple en más del 50% de las cajas de captación, y menos del 10% usaron concreto armado para de dicha unidad. Por su parte, todos los sistemas abastecidos por pozos perforados utilizaban forzosamente el concreto armado para tales estructuras.

⁶ Los números mostrados se refieren a los sistemas que usaron este material en la construcción de las unidades de captación. El número total de unidades es mayor dado que en algunos sistemas existe más de una unidad de captación

Además, se encontraron sistemas cuyo método de captación incluía (además de las unidades de concreto) zanjas o excavaciones en el terreno para aumentar la recolección del agua aflorada⁷.

Algunas unidades sufrieron más de un impacto, como las que sufrieron fisuras y filtraciones y debido a ello ocurrió la pérdida de gran parte del caudal captado. De 44 sistemas que presentaban unidad de captación⁸, el 45% sufrió algún tipo de afectación que fueron desde fisuras y filtraciones hasta el colapso total de la unidad debido a un desprendimiento masivo de rocas.

Las características propias de cada material definieron el tipo de impacto presentado y el grado de intensidad del mismo. El siguiente cuadro identifica el tipo de impacto reportado según el material de la unidad de captación.

Tabla 3.8. Afectaciones reportadas en las unidades de captación.

Afectación	MATERIAL							Total
	CS	CA	CC	Mamp	Tub	CN	N.I.	
Fisuras y filtraciones	9		1	3				13
Pérdida de gran parte del caudal captado	2			3				5
Daño en cubierta de afloramiento	3							3
Pérdida de alineamiento (t. succión)		2						2
Daño en accesorios (C. Seca)	1							1
Daño en accesorios (E. bombeo)		1						1
Obstrucción de tubería	1							1
Daño en drenes		1						1
Daño en anillos de pozo		1						1
Estructura colapsada	1			1				2
Ninguno	13	3	1		4	2	1	24

CS= Concreto Simple

CA= Concreto Armado

CC= Concreto Ciclópeo

Mamp= Mampostería

CN= Canal en terreno natural

N.I.= No se indica

Lo anterior indica que las unidades de mampostería han sufrido un mayor impacto por el evento sísmico. El 100% de estas unidades reportaron algún tipo de impacto (desde fisuras y filtraciones hasta el colapso total de la estructura). Le siguen las unidades de concreto simple, concreto ciclópeo y concreto armado.

⁷ El cálculo sobre afectación por componente no incluye estos métodos de captación por no ser sistemas correctamente establecidos. Se mencionan en esta parte del documento como información referencial.

⁸ En un caso, la localidad de Segundia, no se identifica la unidad como "captación, dado que el canal natural usado para recolección ingresa directamente al reservorio.

Aquellos que se componían de tuberías empotradas en muros al margen de algún curso de agua no reportaron ningún daño en la estructura.

Aquellos *canales naturales* como componente único de captación se refieren a desviaciones de canales de regadío existentes hasta un reservorio y una captación de manantial difuso. Para ambos casos no se reportaron impactos⁹.

C. IMPACTOS EN LAS LINEAS DE CONDUCCION

La evidencia de daños indica que las líneas de conducción han sido el componente más afectado a consecuencia del terremoto. Generalmente, este componente está compuesto por tuberías frágiles. En el caso específico de la muestra se tiene que el 91.6% de los sistemas usaron tuberías de PVC. El resto de sistemas uso otros materiales o canales expuestos a la intemperie.

Tabla 3.9. Distribución de materiales en la línea de conducción.

Material	Nº sistemas	% muestra
PVC	40	91
Cemento	1	2
Fierro Fundido	1	2
Canal (Concreto Ciclópeo)	1	2
Canal (Terreno Natural)	1	2
Total	44 ¹⁰	100

El terremoto del 2001 ha ocasionado daños directos (por la vibración sísmica del terreno) o por los fenómenos geológicos asociados (derrumbes, deslizamientos y desprendimiento de rocas), interrumpiendo la continuidad del sistema o reduciendo su nivel de servicio por la pérdida de agua asociada a los daños.

Especialmente en las tuberías de PVC, los daños han sido roturas de tuberías (por flexión o aplastamiento), desacople en uniones rígidas o empalmes artesanales y daños por derrumbe de soportes cuando se encontraban por sobre

⁹ Además de estas, otros sistemas reportaron canales en terreno natural seguidos de unidades de captación de concreto simple, en cuyo caso se ha considerado la estructura de concreto para efectos del análisis y recuento de impactos. Todos estos sistemas vieron afectados su producción debido a los deslizamientos producidos sobre los canales que redujeron el agua recolectada.

¹⁰ En una de las localidades (Papachacra) el agua se distribuye desde la captación.

la superficie del terreno. Cada uno de estos generó fugas con la consiguiente pérdida de agua y el potencial de mayores deslizamientos por el humedecimiento del terreno adyacente.

Tabla 3.10. Daños reportados en las líneas de conducción

Daño reportado	
Rotura por tramos	13
Roturas puntuales	12
Rotura en accesorios	1
Desacople accesorios	4
Derrumbe de soportes	1
Obstrucción de canal	1
Fisuras en C. Ciclópeo	1
Total de Sistemas Afectados	32
Ninguna	12

Aquellas líneas con tramos expuestos debido al cruce de una quebrada u otras características del terreno, consideraron materiales de mayor resistencia al impacto externo (hierro fundido, hierro dúctil, etc.). En algunos casos estos tramos reportaron daños en las uniones debido a su rigidez, en especial al inicio y fin de los tramos elevados. Cuando los tramos expuestos eran de PVC, la ocurrencia de daños fue mayor por el impacto de rocas que se desprendieron a consecuencia del terremoto, pero que no tienen en este fenómeno su único generador.

D. IMPACTOS EN RESERVORIOS Y UNIDADES DE ALMACENAMIENTO

Para el caso de los materiales, al igual que las unidades de captación, este depende de las capacidades económicas y técnicas al momento de la instalación inicial del sistema o en alguna implementación posterior.

Tabla 3.11. Materiales y Tipos de Reserorios según su ubicación.

Material		Tipo de Reserorio (según ubicación)	
Mampostería	5	Enterrado	3
Concreto Simple	12	Semienterrado	3
Concreto Ciclópeo	1	Apoyado	32
Concreto Armado	23	Elevado	2
No indicado	2	No indicado	3
Total	43	Total	43

En su mayoría, la muestra presenta estructuras apoyadas y construidas en concreto armado, además de concreto ciclópeo, simple e incluso mampostería.

Se pueden diferenciar dos tipos de impacto dentro de las unidades de almacenamiento: aquellas que han comprometido la continuidad o calidad del servicio y los que afectaron la estructura del mismo.

Para los impactos en la continuidad del servicio tenemos:

- destrucción total de la estructura,
- fisuras y grietas que producen filtraciones, afectando la estabilidad del terreno circundante y perdiéndose volumen almacenado y reducción de niveles de servicio
- daños o desacople de accesorios a la salida del reservorio

Por otro lado, los impactos estructurales no necesariamente comprometen la operatividad del servicio, sin embargo plantean problemas en la conservación de la estructura, como fisuras y grietas (como en las columnas de soporte de los reservorios apoyados). También se refieren las fisuras generadas en los planos de intersección de las paredes y la losa de techo y fondo así como los daños a la estructura de la caja de válvulas. Todos estos daños reducen la vida útil de la unidad y disminuyen la probabilidad que el sistema sea sostenible en el tiempo.

Tabla 3.12. Afectación de reservorios según el material de construcción.

Material	Afectados		No afectados
	Servicio	Estructura	
Mampostería	5	0	0
Concreto Simple	5	2	5
Concreto Ciclópeo	0	0	1
Concreto Armado	6	8	12
No indicado	1	0	1
Total	17	10	19
Total de Componentes afectados			24

De los materiales utilizados en la construcción de las unidades, las construidas en mampostería han sufrido impactos en el 100% de las unidades de la muestra, que van de fisuras y filtraciones moderadas (generalmente en la intersección de

muros) hasta el colapso total de la unidad. Estas fisuras y filtraciones también han podido ser observadas en otros materiales como concreto simple, e incluso armado, aunque en menor proporción.

E. IMPACTOS EN LAS LINEAS DE ADUCCION Y REDES DE DISTRIBUCION

El 100% de las líneas de aducción están compuestas por tuberías de PVC, pudiéndose encontrar tramos de fierro fundido en los pasos elevados. Los daños reportados se refieren a roturas (puntuales y por tramos) debido a la caída de material deleznable (rocas o terreno suelto) por efecto del sismo y la poca profundidad o exposición en las tuberías instaladas.

En el caso de las redes de distribución, algunas localidades reportaron un incremento de fugas, especialmente en las uniones y accesorios, con posterioridad al movimiento sísmico; esto debido al debilitamiento y el deterioro progresivo de las tuberías. Los daños directamente asociados al sismo se debieron a la caída de paredes de las viviendas y otras edificaciones que, combinado con la poca profundidad de instalación o exposición de las tuberías en el ingreso a las viviendas, hizo posible que se presentaran las fugas reportadas.

Tabla 3.13. Daños reportados en líneas de aducción y redes de distribución

Daño reportado	
Desacople de uniones	3
Fuga en accesorios	3
Rotura por tramos	12
Roturas puntuales	5
Total de Sistemas Afectados	23
Ninguna	22
Porcentaje de afectación	51%

Un efecto indirecto fueron los daños sufridos por el incremento del tránsito sobre las principales vías de acceso a la localidad debido a la atención de la emergencia (reconstrucción de vivienda, rehabilitación de caminos, etc.). Las redes de distribución no se encontraban preparadas para tales cargas (instaladas a profundidades alrededor de los 0.30 m) y por lo tanto sufrieron impactos debido al incremento de las cargas que soportaban.

F. RESUMEN. IMPACTOS IDENTIFICADOS EN UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA RURAL

Tabla 3.14. Daños según componentes (RESUMEN).

COMPONENTE		IMPACTO REPORTADO
FUENTE	SUPERFICIAL	<ul style="list-style-type: none"> Desabastecimiento de la población por daños en la infraestructura de riego.
	SUBTERRANEA	CANTIDAD DE AGUA <ul style="list-style-type: none"> Desvío de afloramiento Reducción del caudal producido Secado total de la fuente CALIDAD DEL AGUA <ul style="list-style-type: none"> Cambio de las características organolépticas Contaminación del agua recolectada
CAPTACION	CAJAS DE CAPTACION	<ul style="list-style-type: none"> Daños en la impermeabilización del manantial y pérdida del agua producida. Fisuras, grietas y filtraciones en la estructura de recolección Colapso total de la estructura
	POZOS EXCAVADOS	<ul style="list-style-type: none"> Arenamiento de pozo Fisuras en anillos de concreto Pérdida de alineamiento en tubería de succión y sus accesorios Daño en equipo de bombeo
LINEA DE CONDUCCION		<ul style="list-style-type: none"> Daños en tuberías por aplastamiento. Daños en tuberías por flexión. Desacople y fuga en uniones rígidas Desacople de empalmes y accesorios artesanales.
RESERVORIO		<ul style="list-style-type: none"> Fisuras, grietas y filtraciones Colapso total de la estructura
LINEA DE ADUCCION		<ul style="list-style-type: none"> Daños en tuberías por aplastamiento. Daños en tuberías por flexión. Desacople y fuga en uniones rígidas Desacople de empalmes y accesorios artesanales.
RED DE DISTRIBUCION		<ul style="list-style-type: none"> Daños en tuberías por aplastamiento. Desacople y fuga en uniones y accesorios Daños indirectos durante la atención a otras facetas de la emergencia.

III.5.2. ADMINISTRACION DE SISTEMAS RURALES DE AGUA POTABLE Y REHABILITACION DE LOS SISTEMAS AFECTADOS.

El mayor porcentaje de los sistemas analizados son administrados por asociaciones organizadas de la comunidad, las que se han establecido para el fin específico de la administración del sistema de agua potable (JASS), o por la

incorporación de nuevas funciones a una asociación existente, (juntas de regantes u otras) que toma bajo su responsabilidad el sistema de agua una vez que este ha sido instalado. Existen otros sistemas cuya administración recae en las autoridades locales (municipalidades distritales).

Tabla 3.15. Administración de sistemas rurales de agua potable

TIPO DE ORGANIZACIÓN QUE ADMINISTRA EL SISTEMA	%
Empresa de Agua (EPS)	5
Administración Municipal	23
Junta Administradora – Comité de Agua Potable	67
No cuenta con ninguna Organización reconocida por la comunidad	5
Total	100

Del total de sistemas analizados, el 89% **no contaban** con información técnica del sistema y sólo el 66% tenían suministros de materiales para efectuar pequeñas reparaciones, requiriendo apoyo externo para la rehabilitación de daños mayores como en el caso del terremoto.

Tabla 3.16. Capacidades técnicas de las JASS y otras asociaciones

CAPACIDADES TECNICAS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	
Tienen información técnica para labores de O&M (planos, manuales de operación, etc.)	11%
Cuentan con registro de labores de operación y mantenimiento	22%
Cuentan con materiales para reparación de averías ¹¹	66%
Necesitan de asistencia técnica externa para mantenimiento de equipos ¹²	100%

Durante la emergencia por el terremoto del 2001 y sus impactos, las Juntas Administradoras han sido los actores principales en las labores de rehabilitación y reconstrucción de los sistemas afectados. La mayoría de los sistemas afectados han sido rehabilitados mediante labores de la propia comunidad que, en algunos casos, asumieron los costos de los materiales requeridos para tales reparaciones, en otros casos se contó con supervisión y colaboración de gobiernos locales (municipalidades distritales), agencias de cooperación internacional, ONG's e instituciones del Gobierno Central (MINSA, CTAR, etc.).

¹¹ Se refiere a materiales indispensables para efectuar reparaciones menores en el sistema de agua (tramos de tubería, pegamento, etc.); sin embargo, no están en capacidad de poder asumir reparaciones mayores como las ocurridas ante un desastre natural

¹² Referidos al total de 4 sistemas que tienen equipos de bombeo necesario para la operación del sistema.

Dependiendo de las capacidades con las que contaban las Juntas Administradoras y las comunidades servidas y los vínculos con autoridades y organismos de apoyo; las labores de rehabilitación pudieron realizarse en las semanas posteriores al sismo e incluso meses después de que los sistemas se vieran afectados.

III.6. DISCUSION: ANALISIS DE LOS IMPACTOS ENCONTRADOS.

Todos los componentes reportaron impactos relacionados con el evento sísmico o fenómenos geológicos activados por la vibración del terreno. Conocer su relación con las características de las unidades y las condiciones del sitio son importantes para plantear medidas orientadas a la reducción de impactos.

III.6.1. IMPACTO EN LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO

Interrupción del servicio por daños en infraestructura de riego. Dicha interrupción se debió a deslizamientos de material suelto que obstruyeron los canales de regadío. El reducir la ocurrencia de estos fenómenos (deslizamientos) y sus impactos, escapa a la gestión, administración y operación **directa** del sistema de agua potable; sin embargo las juntas administradoras deben participar en trabajos conjuntos con otros actores para estos fines.

Modificación del punto de afloramiento y caudal de producción. La vibración del terreno y la propagación de las ondas durante un movimiento sísmico varían la hidrogeología de los acuíferos en la zona afectada. El reacomodo en los estratos y fractura en capas impermeables variaron el comportamiento del flujo dentro del acuífero, modificando el punto de afloramiento, reduciendo la cantidad de agua e incluso desapareciendo el manantial o agotar el pozo. En este sentido, los acuíferos poco profundos parecen ser afectados en mayor medida que los acuíferos más profundos (OPS – AWWA, 2003). Algunos ejemplos sobre esto lo constituyen reportes sobre

cambios de nivel en el agua subterránea asociados a la ocurrencia de terremotos en Asia¹³ (Chia et al., 2001; Wang, 2004; Fuqiong, Rui y Yong, 2005).

Los sistemas de agua **rurales** son vulnerables ante esta amenaza dado que su abastecimiento depende, usualmente, de afloramientos espontáneos (manantiales, puquios, etc.), pozos excavados a poca profundidad o galerías de infiltración que aprovechan el agua de los acuíferos más próximos a la superficie (aguas subálveas). El cambio en el punto de afloramiento y la reducción del caudal producido es consecuencia de la modificación del flujo de agua al interior del acuífero.

Otro efecto se manifiesta en la variación de las características organolépticas de la fuente, alterando su color, olor y sabor. Cuando el pozo se encuentra cerca de la zona costera, puede darse intrusión del agua de mar, elevando las concentraciones de sal y tomando el agua desagradable al gusto. En otros casos, cuando el punto de afloramiento cambia de posición y el agua pasa a través de suelos con concentraciones minerales, estos cambian su olor, color y sabor.¹⁴.

En la muestra analizada, dos de los sistemas vieron una reducción progresiva del caudal por el efecto de eventos sísmicos, luego de lo cual los manantiales han disminuido la cantidad de agua emanada, siendo la actual producción insuficiente para el requerimiento poblacional. En ambos sistemas se incorporaron nuevas fuentes (manantiales), necesitando el apoyo externo en la ampliación del sistema.

¹³ Durante el terremoto de Sumatra, los cambios en los pozos de abastecimiento de agua se dieron con una mayor incidencia en los pozos artesianos que en aquellos más profundos

¹⁴ Un caso de ello fue la localidad de Yucamani en Tacna, que luego del terremoto del 2001 observó el cambio del punto de afloramiento de uno los manantiales. El nuevo manantial produjo agua turbia y con olor a azufre durante algunos días.

Cuadro 3.1. Localidad de Papachacra – Arequipa.

- El manantial concentrado del que se abastecía el sistema redujo considerablemente su producción.
- Debido a que el manantial afectado era la única fuente de abastecimiento en el sistema, la población estuvo obligada a abastecerse de un canal de regadío cuyas aguas no son aptas para consumo humano.



Fuente: "Expediente técnico de rehabilitación del sistema de agua potable rural – localidad de Papachacra, Arequipa" (Ing. Luis Tineo Córdova), CEPIS – OPS/OMS.

Desvío superficial del afloramiento. Se identificó la reducción del caudal captado debido a la desviación superficial del afloramiento cuando las capas exteriores del suelo fueron alteradas por la vibración del terreno, desprendimiento de rocas o reacomodo del material granular, generándose filtraciones cercanas a las estructuras de captación¹⁵.

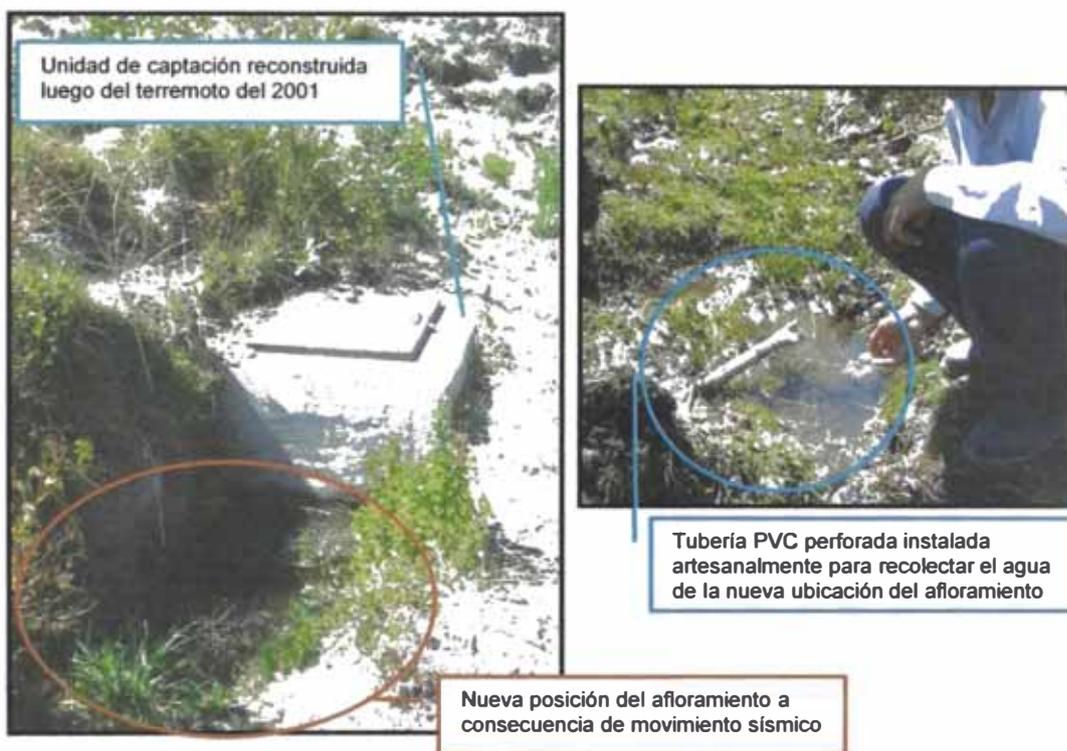
Cuando la captación estuvo instalada sobre terrenos de cultivo o en presencia de rocas sueltas, el movimiento sísmico perturbó el suelo y generó nuevas infiltraciones alrededor de la estructura. Debido a ello, algunos sistemas perdieron la operatividad de la captación sin necesidad de que la fuente de agua se haya visto disminuida. En estos casos se aprecian filtraciones en la periferia de la unidad que son recolectadas de manera artesanal, e ingresadas al sistema.

¹⁵ Al respecto de ello se reportaron casos a consecuencia del terremoto de Pujilí – Ecuador, 1996 y el de Arequipa – Perú, 2001.

Esto se convierte en un problema potencial de contaminación por no estar asegurada la calidad del agua.

Cuadro 3.2. Localidad de Orlaque – Moquegua.

- La cantidad de agua recolectada en la unidad de captación (en la foto) ha disminuido notablemente desde su reciente reconstrucción (2003).
- Luego de un movimiento sísmico a inicios del 2005, nuevos afloramientos se dieron lugar a escasos metros de la unidad instalada y el afloramiento principal redujo su producción.
- La población ha adecuado dispositivos artesanales para la recolección del nuevo afloramiento, sin que esto asegure la calidad de agua suministrada.



Fuente: Visita a la localidad de Orlaque – Moquegua, setiembre 2005; como parte del desarrollo del trabajo: "Impacto de fenómenos sísmicos en la sostenibilidad de sistemas rurales de abastecimiento de agua potable" Informe Final. OPS Perú

En algunos casos, las capas superficiales de suelo ocultan el punto de afloramiento del manantial y dan una impresión equívoca al nivel de la superficie, instalando la unidad en un punto distinto del afloramiento del estrato rocoso. Generalmente los pobladores de la localidad tienen conocimiento de ello y pueden proporcionar indicios sobre el punto real de afloramiento. Este fue el caso de los sistemas visitados en que la población conocía el hecho que el

manantial tenía un punto de afloramiento distinto a la ubicación de la estructura, sin embargo esta información no fue considerada dentro del diseño.

III.6.2. IMPACTO EN UNIDADES DE CAPTACION Y ALMACENAMIENTO.

Las unidades de captación (especialmente en sistemas GST) y almacenamiento tienen características similares en cuanto a materiales e impactos reportados. Ambas han sido construidas de concreto (simple en el caso de captaciones y armado para reservorios) y han presentado fisuras, grietas y filtraciones como impactos de mayor incidencia.

En sistemas GST, tanto las unidades de captación como los reservorios se encuentran en la parte alta de las laderas de manera que puedan proporcionar la diferencia de nivel necesaria para el flujo por gravedad. De allí que las amenazas a las que se encuentran expuestos sean similares.

Con respecto a las causas que determinaron la ocurrencia del impacto, estas han sido, en líneas generales, muy similares.

Tabla 3.17. Principales causas de los impactos reportados en las unidades de captación

Causas	Colapso	Fisuras y filtraciones	Pérdida de caudal	Daños accesorios
Derrumbe de material suelto	2	1		
Resistencia del material	1	13	7	
Vibración del terreno		10	6	1

Tabla 3.18. Principales causas de los impactos reportados en reservorios

Causa	Tipo de afectación			
	Servicio		Estructural	
	Colapso	Fisuras y filtraciones	Fisuras/grietas	Daño en CV
Vibración Sísmica		9	7	
Calidad del material		5	2	
Fallas constructivas		1	1	
Caída de rocas	1	2		3
Antigüedad		1	3	

Colapso de unidades de captación y reservorios. Se reportó el colapso total de tres unidades (dos captaciones y un reservorio¹⁶). El impacto de las rocas sobre las estructuras y la resistencia de los materiales fueron la causa de los daños generalizados que impidieron que estas continúen brindando el servicio. Los deslizamientos de rocas y material deleznable sobre las unidades de captación han sido reportados en anteriores oportunidades ante la ocurrencia de fenómenos sísmicos¹⁷ (OPS, 1997; OPS, 2003).

La ubicación de las unidades de captación depende forzosamente de la ubicación del punto de afloramiento; mientras que para el caso de reservorios, esta dependerá de la ubicación de la población. En estos casos, el desprendimiento de materiales rocosos puede ocasionar su destrucción; quedando restringido el servicio hasta que las medidas de reconstrucción sean ejecutadas o la población efectúe rehabilitaciones temporales que eventualmente quedan como definitivas.

Para la reconstrucción de estas unidades, fue necesario el apoyo externo con el financiamiento de las obras y compra de materiales, sin embargo el plazo de ejecución de dichos proyectos demoró hasta 2 años luego del terremoto.

Fisuras y filtraciones. Las fisuras son el impacto más común en captaciones y reservorios (34 y 47 por ciento respectivamente). En las captaciones de sistemas GST las fisuras produjeron pérdida de agua en la cámara húmeda (compartimiento para el almacenamiento temporal del agua) y en las cubiertas del afloramiento (en captaciones de manantiales concentrados); resultando en la pérdida del volumen almacenado¹⁸. Parte de las fisuras en los reservorios no

¹⁶ En las localidades de Orlaque (Moquegua) y San Pedro (Tacna) se reportó la pérdida de las estructuras de captación debido a caída de rocas a consecuencia del movimiento sísmico; mientras que en la localidad de Llatica (Arequipa) se produjo la destrucción del reservorio.

¹⁷ En los terremotos de Pujilí, Ecuador en 1996 y El Salvador en 2001, se reportaron daños a las unidades de captación debido a la ocurrencia de deslizamientos asociados a los movimientos sísmicos. Dichos deslizamientos provocaron el aterramiento de las captaciones y la destrucción total de las estructuras.

¹⁸ En cinco sistemas se refirió a la pérdida del agua almacenada como uno de los factores causantes de la interrupción del funcionamiento del sistema.

comprometieron su funcionamiento, aunque si afectaron su estabilidad estructural (fisuras en las columnas de soporte de reservorios elevados).

Las fisuras no sólo generan la pérdida del volumen almacenado sino también pueden causar amenazas por el humedecimiento del terreno alrededor del reservorio, desestabilizándolo y poniendo en peligro las poblaciones asentadas en la base de la ladera.

Cuadro 3.3. Localidad de El Puente – Arequipa.

- El movimiento sísmico del 23 de junio del 2001 produjo fisuras en la base del reservorio que permitieron que parte del caudal almacenado infiltrará hacia el terreno, predominantemente arenoso.
- El humedecimiento del suelo produce la pérdida de estabilidad del mismo y plantea el problema de posibles deslizamientos hacia las viviendas establecidas en la base de la ladera en la cual se encuentra instalado el reservorio.
- A la fecha de la visita (setiembre 2005), no se había efectuado ningún tipo de rehabilitación de los daños ocurridos en el 2001.



Humedecimiento del terreno (predominantemente arenoso) circundante al reservorio.

Fuente: Visita a la localidad de El Puente – Arequipa, agosto 2005; como parte del desarrollo del trabajo: "Impacto de fenómenos sísmicos en la sostenibilidad de sistemas rurales de abastecimiento de agua potable" Informe Final. OPS Perú

Las unidades construidas en mampostería de concreto no soportaron la ocurrencia del terremoto, siendo que el 100% fueron afectadas, tanto en captaciones como en reservorios. La baja calidad de materiales y mezclas han sido determinantes en la poca resistencia mostrada. Las estructuras de concreto simple tuvieron mejor resistencia, sin embargo, gran parte presentó la existencia de fisuras, filtraciones (39% en captaciones y 42% en reservorios) y pérdida del volumen contenido.

Las unidades de concreto armado presentaron una mayor resistencia que cualquier otro material. Ninguna de las unidades de captación presentó fisuras ni filtraciones, mientras que el 20% de los reservorios indicaron estos impactos en alguna medida. Las fallas constructivas pueden ser determinantes en la aparición de fisuras y grietas, y han sido advertidas en los sistemas de la muestra; en los planos de intersección entre las losas de fondo y techo y las paredes, donde se presumen fallas en las juntas de construcción existentes durante el vaciado de las paredes.

Finalmente, la interacción de la unidad con el terreno es otro factor importante. Los suelos rocosos han mostrado proveer una mayor resistencia a las unidades de captación y almacenamiento que aquellos suelos constituidos por material suelto (terrenos de cultivo, suelos arenosos). Incluso unidades de albañilería y concreto ciclópeo con cimientos en terreno rocoso han presentado daños menores que aquellas de concreto armado ubicadas sobre terrenos arenosos.

Cuadro 3.4. Interacción entre suelos y estructuras de almacenamiento.

Reservorios de almacenamiento construidos en concreto armado y albañilería, cimentados en terrenos arenosos y rocosos respectivamente.

El primero de ellos sufrió fisuras y filtraciones en sus bases y paredes; mientras que el segundo, pese a una resistencia teórica menor (muros de mampostería y concreto ciclópeo) no presentó ningún tipo de afectación en su estructura.



Fuente: Visita a las localidades El Puente (Arequipa - agosto 2005) y Chalaguayo (Moquegua - setiembre 2005), como parte del desarrollo del trabajo: "Impacto de fenómenos sísmicos en la sostenibilidad de sistemas rurales de abastecimiento de agua potable". Informe Final. OPS Perú

Daños en los sistemas de captación de agua subterránea mediante pozos excavados. Cuando los sistemas se abastecían de pozos excavados, se reportó surgimiento de arena (arenamiento) en el agua de los pozos. Además, se dio la pérdida de alineación de la línea de succión, lo que propició la salida de operación del equipo de bombeo. Luego de la rehabilitación del sistema las bombas afectadas fueron reemplazadas (bombas de eje vertical reemplazadas por bombas de eje horizontal).

El arenamiento de los pozos se debió a los esfuerzos originados dentro de las capas internas del suelo y que encuentran en estos (los pozos) un punto para el alivio de dichas fuerzas. La consecuencia de ello es que los pozos expulsan arena de su interior. En el Salvador, se constató que debido a los fenómenos sísmicos (enero y febrero, 2001) la zona fue afectada por fenómenos de licuefacción, haciendo que el suelo, al estar saturado, se comportara como líquido, formando grietas en el suelo y **llevando material arenoso propio de los acuíferos aluviales a la superficie** (OPS, 2003).

Daños en caseta de bombeo, valvulería y accesorios en los reservorios. En el sistema de San José (Arequipa), además de los daños reportados en el pozo, y accesorios de impulsión, se identificó fisuras y rajaduras en la cámara de bombeo en los puntos en los que las tuberías cruzan las paredes de la misma. Dichas fisuras se debieron a la rigidez de los materiales y el empotramiento en las paredes que, al someterse a esfuerzos por la vibración sísmica resultaron en los daños antes mencionados

Cuadro 3.5. Localidad de San José – Arequipa.

- Las condiciones actuales de la cámara de bombeo reflejan los daños originados a consecuencia del terremoto del 2001 y otros movimientos sísmicos.
- Se evidencian fisuras en las paredes de la estructura que la debilitan, las mismas que se ubican en los puntos donde la tubería la cruza.
- Las obras de rehabilitación no han modificado la situación inicial

Rajadura en muros de cámara de bombeo en los puntos de empotramiento con la tubería de bombeo.



Fuente: Visita a la localidad de San José – Arequipa, agosto 2005; como parte del desarrollo del trabajo: "Impacto de fenómenos sísmicos en la sostenibilidad de sistemas rurales de abastecimiento de agua potable" Informe Final. OPS Perú

Otros daños en la valvulería de los reservorios y cámaras de captación se dieron por la caída de rocas sueltas alrededor de las unidades, el impacto de estas ocasionó algunos daños en las cajas de válvulas.

Por efecto de la vibración sísmica, las tuberías rígidas (por ejemplo hierro fundido) sufrieron el desacople de sus uniones, perdiéndose el funcionamiento del sistema. Para recuperar la funcionalidad del sistema se hizo necesario tomar medidas de rehabilitación artesanales que han quedado como definitivas hasta la fecha.

Cuadro 3.6. Localidad de El Cardo – Arequipa.

- El efecto de la vibración sísmica sobre los accesorios y columnas de soporte del reservorio elevado se evidenciaron en el desacople de la tubería de limpieza y fisuramiento de las columnas.
- Las labores de rehabilitación realizadas se mantienen hasta la fecha, habiéndose reportado desacoples posteriores al evento del 2001.



Reparación artesanal de emergencia efectuada sobre los accesorios a la salida del reservorio.




Fuente: Visita a la localidad de El Cardo – Arequipa, agosto 2005, como parte del desarrollo del trabajo: "Impacto de fenómenos sísmicos en la sostenibilidad de sistemas rurales de abastecimiento de agua potable" Informe Final. OPS Perú

III.6.3. IMPACTO SOBRE LAS LINEAS DE CONDUCCION, ADUCCION Y REDES DE DISTRIBUCION.

Las líneas de conducción (incluidas las líneas de impulsión) son el componente que reportó mayores daños. Debido a la similitud en sus características con las líneas de aducción, en su diseño, materiales y amenazas a que están expuestas, se agruparán para el análisis de los daños. Del mismo modo son incluidas las redes de distribución, cuyas características físicas son, en líneas generales, las mismas (tuberías y accesorios de PVC).

Las líneas de conducción, aducción y redes de distribución se componen de tuberías enterradas en el terreno. En el caso de las primeras, y de manera particular en los sistemas GST, es usual que estas discurren por laderas de pendientes moderadas o fuertes, atravesar quebradas o depresiones en el terreno mediante cruces elevados, entre otros.

Debido a la fragilidad de los materiales que las componen (PVC) y las distancias que estas recorren, se ven expuestas a una variedad de amenazas, siendo los puntos más vulnerables los pasos de quebrada y las zonas de deslizamientos activos (OPS, 1997). Además de las amenazas, las deficiencias en su instalación incrementan su vulnerabilidad.

Tabla 3.19. Principales causas de los impactos reportados en las líneas de conducción.

Causa	Rotura tubería y accesorios	Obstrucción canal	Fisuras C.Ciclópeo	Desacople accesorios	Derrumbe soportes	Total
Asentamiento de muro	1					1
Caída de rocas	10				1	11
Exposición de tuberías	10					10
Deslizamiento de material suelto	1	1				2
Fuerte pendiente	1					1
Vibración sísmica	8		1	2		11
Rigidez tubería	1			2		3
Empotramiento de tubería				1		1
Accesorios artesanales					1	1
Poca profundidad instalación	10					10
Resistencia del material			1			1
Sobrepresión interna	1					1

Tabla 3.20. Principales causas de los impactos reportados en las líneas de aducción y redes de distribución.

Causa	Rotura aducción	Rotura redes	Total
Antigüedad	0	2	2
Caída de material suelto (rocas, terreno deleznable)	5	0	5
Cruces de quebrada	3	0	3
Derrumbe de edificaciones	0	2	2
Poca profundidad de instalación o exposición de tuberías	6	6	12
Sobrepresión	1	1	2
Vibración sísmica	4	3	7

Daños en tubería por aplastamiento. Las roturas originadas por aplastamiento de las tuberías ha sido uno de los principales daños reportados. En estos casos, el desprendimiento de rocas, sumado a las deficiencias en la instalación han sido los causantes de los daños.

Este tipo de deslizamientos, al igual que aquellos inducidos por el sacudimiento del terreno durante un sismo, están relacionados con la magnitud del terremoto, las réplicas y las condiciones geológicas locales (OEA/DDRMA, 1993).

Las líneas de conducción y aducción se encuentran generalmente instaladas en las laderas de los cerros aledaños a la localidad y pueden desarrollarse a través de kilómetros dependiendo de la cercanía de la fuente. Las condiciones de terreno, y el criterio de minimizar el recorrido de las tuberías, pueden obligar a cruzar pendientes escarpadas con presencia de terreno deleznable o rocas sueltas que ponen en riesgo la integridad y funcionamiento de las líneas de transporte de agua hacia las localidades.

A esto se suman las deficiencias constructivas encontradas. Gran parte de las líneas se encuentran descubiertas o instaladas a escasas profundidades ($h < 0.30\text{m}$) lo cual no asegura protección ante el impacto de rocas desprendidas por la ocurrencia de un sismo o producto de la erosión. Además, la fragilidad que se genera en el PVC por su exposición a la radiación solar lo hace más vulnerable a las condiciones antes mencionadas.

Daños en tubería por deslizamiento del material de base. El trazado de las líneas de conducción y aducción involucra el paso por terrenos deleznales de poca resistencia que son propensos a deslizarse ante las vibraciones originadas por movimientos sísmicos, o el exceso de humedad durante épocas de intensa precipitación.

Al deslizarse el terreno sobre el que se encuentran instaladas, las tuberías se encuentran sometidas a esfuerzos de flexión que producen el desacople de las uniones o roturas en el cuerpo de la tubería. En este caso, caso la fuga de agua

aumenta la inestabilidad del terreno produciendo deslizamientos de mayores proporciones aumentando los efectos del evento inicial.

Cuadro 3.7. Localidad de Orlaque – Moquegua.

- La ubicación del tramo intermedio de la línea de conducción atraviesa por una ladera con gran presencia de rocas sueltas.
- La instalación de la tubería ha sido efectuada a poca profundidad ($h_{prom.} < 0.30m$) y con presencia de tramos expuestos que constantemente presentan roturas y fugas por efecto de la caída de rocas.
- Las labores de rehabilitación se basan en la reparación del tramo afectado y es asumida con los escasos fondos de la junta o el aporte puntual de los usuarios



Fuente:
 Visita a la localidad de Orlaque – Moquegua, setiembre 2005; como parte del desarrollo del trabajo: "Impacto de fenómenos sísmicos en la sostenibilidad de sistemas rurales de abastecimiento de agua potable" Informe Final. OPS Perú

Cuadro 3.8. Localidad de Huarina – Moquegua.

- La tubería de conducción, con una longitud de 2500m se desarrollaba sobre una ladera de material deleznable con fuerte pendiente.
- Algunos tramos de la tubería fueron afectados por el efecto del deslizamiento del material en el que se encontraba instalada, produciéndose la rotura de la misma debido a los esfuerzos de flexión a la que se vio sometida.



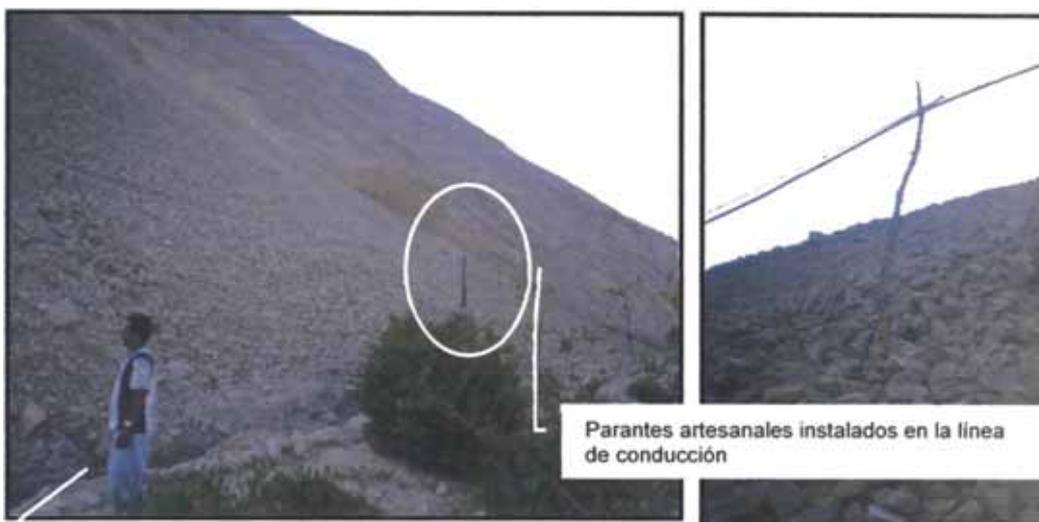
Fuente: "Expediente técnico de rehabilitación del sistema de agua potable rural – localidad de Huarina, Moquegua", CEPIS – OPS/OMS.

Daños en tubería por derrumbe de soportes (tramos elevados y cruces de quebrada). En algunos casos es imprescindible la existencia de tramos expuestos sobre la superficie, ya sea porque las condiciones del terreno no permiten el enterramiento de las líneas o para atravesar depresiones o quebradas. Sin embargo en algunos sistemas, estos pasos elevados obedecen a una reducción en la longitud de la tubería, pudiendo haber sido trazados en zonas más estables con el incremento de un cierto tramo de tubería pero reduciendo la vulnerabilidad del componente.

Los reportes de daños indican desacoples en las uniones de las tuberías al inicio y fin de los cruces elevados o roturas por fallas en los soportes, que en algunos casos eran artesanales. Al producirse el movimiento sísmico, los deslizamientos (en varias de sus modalidades) ocasionaron daños en los parantes y su colapso ha sometido las tuberías a esfuerzos de flexión y el posterior desacople de las

Cuadro 3.9. Localidad de Cháparra – Arequipa.

- Las condiciones del terreno han imposibilitado la instalación de las líneas de conducción enterradas a lo largo de la ladera, obligándose a construir tramos elevados soportados en parantes artesanales, los cuales vienen siendo afectados de manera periódica por deslizamientos (roca intemperizada).
- Una ampliación ejecutada recientemente ha incorporado una línea paralela instalada en la base de la ladera enterrada a una profundidad de 0.80m, la cual está debidamente protegida del impacto de las rocas presentes en la zona; sin embargo el uso en simultáneo de ambas líneas supone la probabilidad de una posible reducción en el abastecimiento cuando la línea antigua es afectada.



Trazado de tramo nuevo en la línea de conducción en la base de ladera rocosa

Fuente: Visita a la localidad de Cháparra – Arequipa, setiembre 2005; como parte del desarrollo del trabajo: "Impacto de fenómenos sísmicos en la sostenibilidad de sistemas rurales de abastecimiento de agua potable" Informe Final. OPS Perú

uniones o roturas en el cuerpo de las mismas. Estos daños no sólo son reportados en caso de sismos y terremotos, sino que suceden repetidas veces por su precariedad.

La correcta instalación de estos soportes, anclados en terrenos firmes y construidos con materiales resistentes es determinante para que puedan soportar la ocurrencia de dichos fenómenos naturales.

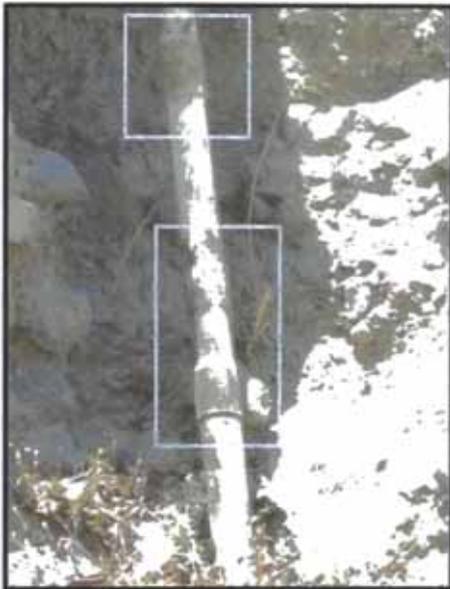
Otros daños reportados en tuberías instaladas en laderas

Los daños en tuberías instaladas verticalmente son recurrentes. Al instalarse en laderas muy empinadas, han resultado afectadas por el desacople de uniones o roturas debido a los movimientos sísmicos o impacto de rocas. Durante la instalación, es difícil lograr el recubrimiento adecuado, dada la fuerte pendiente.

Estas circunstancias hacen vulnerable estos tramos, que no sólo resultan dañados por sismos sino también por deslizamientos o desprendimientos de roca al haberse alterado la pendiente natural del suelo.

Cuadro 3.10. Localidad de Sacuaya – Moquegua.

- La tubería de succión transcurre por una pendiente empinada en la cual ha tenido que ser instalada de manera vertical habiéndose practicado excavación en el talud de la ladera.
- Este tramo es comúnmente afectado por la caída de rocas, como se puede ver en el detalle de las reparaciones efectuadas en el pequeño tramo mostrado.
- Estos daños provocan la interrupción constante del suministro de agua a la población y produce la erosión del terreno circundante.



Fuente: Visita a la localidad de Sacuaya – Moquegua, setiembre 2005; como parte del desarrollo del trabajo: "Impacto de fenómenos sísmicos en la sostenibilidad de sistemas rurales de abastecimiento de agua potable" Informe Final. OPS Perú

Cuadro 3.11.

Localidad de Sacuaya – Moquegua.

- Las condiciones de difícil acceso y la ocurrencia de réplicas en las zonas afectadas hizo que las obras de rehabilitación tomaran semanas en practicarse, con lo cual la población se quedó sin suministro y debió abastecerse de un canal de regadío que discurría cercano al centro poblado.



Fuente: Visita a la localidad de Sacuaya – Moquegua, setiembre 2005; como parte del desarrollo del trabajo: "Impacto de fenómenos sísmicos en la sostenibilidad de sistemas rurales de abastecimiento de agua potable" Informe Final. OPS Perú

Además, las condiciones de instalación de algunos tramos hacen que su mantenimiento preventivo o correctivo sea riesgoso. En las horas e incluso días posteriores al terremoto, suelen producirse réplicas que pueden ser de magnitud considerable, por lo que el temor de derrumbes constantes y el acceso peligroso a algunas zonas hace que estos tramos no sean rehabilitados con inmediatez, dejando desabastecida a la población durante la atención a la emergencia.

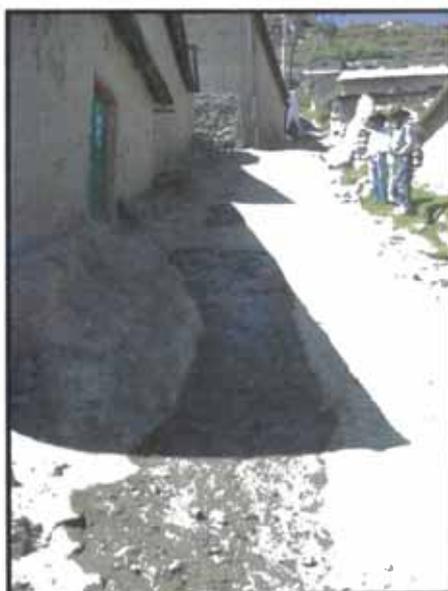
Daños en las redes de distribución. Las tuberías instaladas en las localidades han sufrido daños asociados directa e indirectamente al sismo. Algunos se deben a la antigüedad y deterioro de las redes, además de la falta de mantenimiento.

El daño más frecuente fue el incremento de fugas debido al desacople en accesorios (codos, tees) o uniones. Otros sistemas reportaron daños en tramos previos a las conexiones domiciliarias debido al derrumbe de las casas sobre las tuberías instaladas a poca profundidad ($h < 0.30\text{m}$).

Cuadro 3.12. Daños en redes de distribución.

En las localidades de Sacuaya y Chilata (Moquegua), los meses posteriores al sismo, e incluso hasta la actualidad, se han venido reportando una mayor incidencia de fugas en las redes, las cuales comúnmente no son reparadas y por falta de materiales o disposición por parte de los administradores y operadores.

En la mayor parte de los casos las fugas se debe al desacople o roturas en las uniones o los accesorios presentes.



Fuente: Visita a las localidades de Chilata y Sacuaya – Moquegua, setiembre 2005; como parte del desarrollo del trabajo: "Impacto de fenómenos sísmicos en la sostenibilidad de sistemas rurales de abastecimiento de agua potable" Informe Final. OPS Perú

Finalmente, algunos sistemas reportaron daños debido a las acciones de rehabilitación de carreteras, vivienda, etc., que incrementaron el tránsito sobre las calles donde estaban instaladas las tuberías. Antes del sismo, dichas tuberías enterradas a 0.30 o 0.35m, no soportaban cargas mayores al paso de peatones y animales; sin embargo en la rehabilitación de las localidades, el transporte pesado que se requirió produjo múltiples roturas y fugas, teniendo que reponer la totalidad de las tuberías en las calles afectadas.

Otros factores para la interrupción del servicio debido a sismos. Se observaron otros factores que escapan a un sistema correctamente construido pero es necesario resaltar, y están referidos a la precariedad en que algunas de las líneas de conducción se encuentran instaladas.

Cuadro 3.13. Localidad de Chalaguayo – Moquegua.

- Debido a un tramo afectado por caída de rocas, los operadores del sistema se vieron obligados a instalar un tramo con tuberías de menor tamaño, acoplando accesorios artesanales que a menudo suelen resultar dañados. Por eventos de pequeña magnitud, interrumpiendo el servicio y configurándose en un punto crítico del sistema.
- Además, a lo largo del sistema se ubican otros accesorios de daños anteriores que frecuentemente son causa de interrupción del servicio.



Fuente: Visita a las localidades de Chalaguayo y La Capilla. – Moquegua, setiembre 2005; como parte del desarrollo del trabajo: "Impacto de fenómenos sísmicos en la sostenibilidad de sistemas rurales de abastecimiento de agua potable" Informe Final. OPS Perú

Los accesorios artesanales provenientes de rehabilitaciones precarias y sin supervisión generan puntos de constantes fugas por su desacople o la intervención de personas ajenas a la operación del sistema. En el sismo del 2001 estos fueron puntos de falla, sin embargo las deficiencias e interrupciones de servicio son una constante.

III.7. IDENTIFICACION DE CAUSAS SEGÚN COMPONENTE.

Los daños más representativos, así como las causas asociadas a cada uno de estos, se muestran a continuación.

Tabla 3.21. Causas identificadas de los impactos en los sistemas (RESUMEN).

COMPONENTE	IMPACTO REPORTADO	CAUSA IDENTIFICADA
FUENTE DE ABASTECIMIENTO	Interrupción por falla en la infraestructura de riego	FACTORES NATURALES. Deslizamientos inducidos. GESTION DEL SISTEMA. Falta de coordinación con junta de regantes u otros para mantenimiento preventivo de infraestructura de riego
FUENTE DE ABASTECIMIENTO	Disminución en el caudal de producción, agotamiento de fuente o cambio en punto de afloramiento 	FACTORES NATURALES. Sacudimiento del terreno. DISEÑO DEL SISTEMA. Desconocimiento del impacto de anteriores sismos sobre las fuentes de abastecimiento.
FUENTE DE ABASTECIMIENTO	Desvio superficial del afloramiento 	FACTORES NATURALES. Sacudimiento del terreno. DISEÑO DEL SISTEMA. No se incluyó conocimiento local sobre la ubicación del punto de afloramiento. Ubicación de la unidad en terreno de cultivo o suelos inestables CONSTRUCCION DE LA UNIDAD. No se descubrió completamente el punto de afloramiento Cimentación poco profunda o fallas en muro impermeable

COMPONENTE	IMPACTO REPORTADO	CAUSA IDENTIFICADA
CAPTACION Y ALMACENAMIENTO	Colapso de unidades	<p>FACTORES NATURALES. Derrumbe de rocas sueltas.</p> <p>DISEÑO DEL SISTEMA. Ubicación en zonas de amenaza.</p> <p>CONSTRUCCION DE UNIDADES. No se consideró remoción de rocas sueltas dentro de la preparación de la zona.</p>
CAPTACION Y ALMACENAMIENTO	Fisuras y filtraciones.	<p>FACTORES NATURALES. Sacudimiento del terreno.</p> <p>DISEÑO DEL SISTEMA. Ubicación en zonas de terrenos de poca resistencia sin la cimentación adecuada.</p> <p>CONSTRUCCION DE LA UNIDAD. Materiales de construcción inadecuados o poco resistentes como el caso de la mampostería.</p>
CAPTACION Y ALMACENAMIENTO	<p>Daños en accesorios y valvulería.</p> 	<p>FACTORES NATURALES. Sacudimiento del terreno y caída de rocas.</p> <p>DISEÑO DEL SISTEMA. No se contemplaron casetas de válvulas.</p> <p>CONSTRUCCION DE UNIDADES. Uniones rígidas; empotramiento de tuberías</p> <p>GESTION DEL SERVICIO. Escaso mantenimiento preventivo de las válvulas y accesorios de captaciones y reservorios.</p>
LINEAS DE CONDUCCION. ADUCCION Y DISTRIBUCION	<p>Daños por aplastamiento</p> 	<p>FACTORES NATURALES. Caída de rocas</p> <p>DISEÑO DEL SISTEMA. Trazo de líneas por zona con presencia de rocas sueltas.</p> <p>CONSTRUCCION DE LINEAS. Poca profundidad de instalación. Tramos de tubería expuestos.</p>

COMPONENTE	IMPACTO REPORTADO	CAUSA IDENTIFICADA
LINEAS DE CONDUCCION. ADUCCION Y DISTRIBUCION	Daños por flexión 	FACTORES NATURALES. Deslizamientos de terrenos deleznable inducidos por el terremoto. DISEÑO DEL SISTEMA. Trazo de línea por zona de terreno propenso a deslizar sin incluir medidas de mitigación. CONSTRUCCION DE LINEAS. Ausencia de medidas de estabilización de taludes en terreno deleznable.
	Daños por caída de soportes en tramos elevados 	FACTORES NATURALES. Sacudimiento del terreno. Caída de rocas o material suelto. INSTALACION DE LINEAS. Materiales inadecuados para la construcción de soportes. GESTION DEL SERVICIO. Obras provisionales de rehabilitación perduran como soluciones definitivas.
LINEAS DE CONDUCCION. ADUCCION Y DISTRIBUCION	Daño en redes de distribución. 	FACTORES NATURALES. Sacudimiento del terreno INSTALACION DE REDES. Poca profundidad de instalación. Existencia de tramos superficiales. GESTION DEL SERVICIO. Falta de mantenimiento preventivo.
LINEAS DE CONDUCCION. ADUCCION Y DISTRIBUCION	Interrupción del servicio por otros factores. 	FACTORES NATURALES. Sacudimiento del terreno, deslizamientos inducidos, caída de rocas. CONSTRUCCION. Materiales inadecuados, carencia de accesorios no se aplicaron técnicas adecuadas para la instalación de tuberías. GESTION DEL SERVICIO. Falta de mantenimiento en los accesorios. Rehabilitaciones artesanales quedan como soluciones definitivas.

Según lo mostrado, además de los daños relacionados al diseño y construcción de los sistemas, algunas causas se refieren a deficiencias en su administración y gestión.

El trabajo de campo realizado, las entrevistas con los miembros las JASS, operadores de los sistemas, así como pobladores de la comunidad, ha permitido identificar lo siguiente:

Las juntas administradoras no cuentan con materiales para la reposición de los componentes o su mantenimiento preventivo.

Las tarifas aplicadas no se determinan en función de los requerimientos del servicio y no son suficientes para cubrir la adquisición de materiales para atención de emergencias.

Las juntas administradoras no cuentan con información técnica del sistema, la misma que se ha ido perdiendo con los cambios de directiva o no han sido transferidas junto con el sistema.

No existe continuidad en la capacitación del personal de mantenimiento de los sistemas, el mismo de que se hace de manera artesanal y rudimentaria por la escasez de insumos, herramientas y materiales.

III.8. CONSECUENCIAS SOBRE EL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

Como consecuencia de los daños sobre los componentes, el servicio de abastecimiento de agua potable se ha visto afectado de la siguiente manera:

Sobre la calidad del agua suministrada. La calidad del agua se vio afectada por la alteración de las características fisicoquímicas del agua aflorada (en manantiales o pozos excavados) o el incremento de la turbiedad por los derrumbes ocurridos sobre los canales, cursos de agua o drenes expuestos.

Estos cambios en la calidad del agua recolectada por el sistema, y de allí aquella que se suministró a la población, no se han reflejado en un

incremento en las enfermedades diarreicas reportadas en la zona afectada; dado que dicha contaminación obedece a características fisicoquímicas (aumento de turbiedad o cambio en el color o la concentración de sales) no habiendo información sobre una variación de carácter microbiológico.

Sobre la cantidad y continuidad en el suministro. El suministro de agua se interrumpió cuando el impacto sobre alguno de los componentes lo dejó fuera de operación o redujo su capacidad de almacenamiento o conducción. Esto derivó en la disminución de continuidad y cobertura del sistema; y en algunos casos la suspensión total del servicio.

La reducción en el agua recolectada en la captación, ya sea por la reducción en la producción, o la modificación o desvío del afloramiento, derivaron en la reducción de la continuidad y cobertura del servicio, pudiendo darse una suspensión total en los casos más críticos.

Cuando los impactos reportados en la captación y almacenamiento fueron las fisuras y filtraciones, estos derivaron en la reducción de coberturas y continuidad del servicio, pudiendo llegar a la suspensión total dependiendo del grado de afectación.

Los impactos sobre las líneas de conducción y aducción han derivado generalmente en la suspensión del servicio debido a las roturas, ya sean puntuales o por tramos. Dicha suspensión se prolongó hasta la rehabilitación de los tramos afectados, que en muchos casos se efectuó de manera artesanal.

Sobre las condiciones de la infraestructura del sistema. La infraestructura física del sistema fue directamente afectada por el terremoto, y en general por otros fenómenos de índole geológico. Las estructuras de concreto han sufrido daños de acuerdo con el grado de resistencia de los materiales (concreto simple, armado o ciclópeo) y la resistencia del terreno sobre el que se encontraban instaladas, pudiendo ser esto último, determinante para la resistencia de la unidad.

Las líneas de conducción, aducción y redes de distribución, que fueron los componentes con mayores daños, se han visto afectada por el impacto de rocas y material deleznable (tuberías expuestas o poco profundas) o los esfuerzos de flexión producidos por el deslizamiento del terreno en que se encontraban instaladas.

Tabla 3.22. Consecuencias en el servicio debido a los daños identificados por componente.

Componente afectado	Consecuencias en el servicio		
	Calidad del agua	Continuidad y cobertura del servicio	Infraestructura del servicio
Fuente			
Secado del manantial	Ninguna	Suspensión del servicio	Ninguna
Reducción de afloramiento	Ninguna	Restricción del servicio	Ninguna
Desvio afloramiento	Ninguna	Restricción del servicio	Puede dejar obsoleta la unidad
Arenamiento de pozo	Incremento de la turbiedad y contenido de sólidos	Restricción de servicio	Ninguna
Derrumbes sobre infraestructura de riego.	Incremento de turbiedad. Posibilidad de contaminación microbiológica	Restricción de servicio pudiendo llegar a la suspensión total	Deterioro de la estructura de captación llegando incluso al colapso, dependiendo de su ubicación.
Captación			
Fisuras y filtraciones	Posibilidad de contaminación	Restricción del servicio, pudiendo llegar a la suspensión total dependiendo de la gravedad de las fisuras.	Deterioro de la estructura, llegando incluso al colapso dependiendo de la gravedad de las fisuras.
Daño en cubierta de afloramiento	Posibilidad de contaminación	Restricción del servicio por la reducción en el caudal recolectado.	Deterioro de la estructura, necesidad de su rehabilitación para el restablecimiento de las condiciones normales del servicio.
Pérdida de alineamiento de tubería de succión	Ninguna	Restricción del servicio hasta la rehabilitación del equipo de bombeo.	Necesidad de rehabilitación del equipo y accesorios de bombeo.

Componente afectado	Consecuencias en el servicio		
	Calidad del agua	Continuidad y cobertura del servicio	Infraestructura del servicio
Línea de Conducción			
Roturas (puntuales y por tramos)	Posibilidad de contaminación del interior de las líneas	Restricción o suspensión del servicio dependiendo de la ubicación y gravedad de las fugas.	Necesidad de rehabilitación y cambio de los tramos afectados
Desacoples y daños en accesorios	Posibilidad de ingreso de agua contaminada mediante las fisuras	Restricción del servicio en el caso que las fugas sean considerables	Necesidad de rehabilitación y cambio de piezas afectadas.
Reservorio			
Fisuras y filtraciones	Posibilidad de contaminación	Restricción del servicio dependiendo de la gravedad de las fisuras	Necesidad de rehabilitación, en especial cuando se compromete la estabilidad estructural.
Daño en accesorios	Posibilidad de contaminación	Puede generarse la restricción del servicio en caso las fugas sean considerables	Necesidad de reposición de los accesorios para la operación óptima.
Daños estructurales	Ninguna	Ninguna	Daños que comprometen la estabilidad de la estructura.
Líneas de Aducción y Redes de Distribución.			
Roturas (puntuales y por tramos)	Posibilidad de contaminación del interior de las líneas	Restricción o suspensión del servicio dependiendo de la ubicación y gravedad de las fugas.	Necesidad de rehabilitación y cambio de los tramos afectados
Desacoples y daños en accesorios	Posibilidad de ingreso de agua contaminada mediante las fisuras	Restricción del servicio en el caso que las fugas sean considerables	Necesidad de rehabilitación y cambio de piezas afectadas.

III.9. OTRAS CONSECUENCIAS DE LA SUSPENSION DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE.

Debido a la interrupción del servicio de agua potable, las comunidades afectadas se vieron obligadas a usar fuentes de agua no seguras para el consumo. Esto conllevó a un impacto en la salud de las personas y su calidad de vida.

Según la información recolectada, estas fuentes alternativas eran, en su mayoría, canales de regadío ubicados a poca distancia de la localidad. Otras veces se tuvo que regresar a fuentes que habían sido desplazadas luego de la instalación del sistema. La bibliografía indica que, ante la falta de servicios de abastecimiento de agua segura, se pueden presentar los siguientes impactos:

- ***Incremento de las enfermedades relacionadas con la falta de agua, como las EDA's y afecciones a la piel, especialmente en los niños.***

La información epidemiológica del MINSA no da cuenta de un aumento significativo en los casos de EDA para la zona afectada en los meses posteriores al movimiento sísmico. Para ello se esbozan algunos supuestos:

Las labores de protección de calidad del agua que se realizaron por parte del Ministerio de Salud, agencias de cooperación internacional entre otros pudieron mitigar los impactos directos en la salud de las personas.

Restablecimiento parcial de los servicios mediante medidas artesanales de rehabilitación; las mismas que, aunque repusieron el servicio interrumpido, no constituían una solución adecuada puesto que han propiciado repetidos problemas en el futuro.

No se reportaron los casos de EDA producidos, los que fueron tratados de manera doméstica. Esto ha sido confirmado por personal médico de la zona así como los propios pobladores.

La calidad del agua no observó mayor modificación dado que antes del sismo los niveles de cloración no eran adecuados debido a fallas pre-existentes.

Inversión de tiempo por la necesidad de acarreo de agua, generalmente por las mujeres y niños.

Este aspecto fue corroborado por la población de la comunidad, los que confirmaron la necesidad de acarreo de agua, lo cual consideraron como una de las desventajas de la interrupción de los servicios de agua potable.

CAPITULO IV:**PROPUESTAS PARA LA REDUCCION DEL IMPACTO DE
FENOMENOS SISMICOS EN SISTEMAS DE AGUA
POTABLE RURAL.**

**IV.1. CRITERIOS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE SISTEMAS DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA EN EL AMBITO RURAL.**

Dada las distintas configuraciones que puede tener un sistema, establecer normas de diseño que pretendan englobar la totalidad de los casos sería impracticable. El tipo de fuente disponible, su ubicación, los niveles de servicio preferidos por la comunidad y las características culturales de los usuarios son factores se buscan considerar en la concepción de los sistemas apuntando a una solución sostenible (CEPIS, 2002).

En el Perú, donde la mayor parte de la población rural se encuentra en los valles interandinos, los sistemas convencionales han sido aquellos que más se han aplicado, y de estos, los sistemas por gravedad sin tratamiento (GST) presentan mayores ventajas por su simplicidad en construcción, operación y mantenimiento, y dada las características geográficas predominantes en el país son los sistemas de mayor uso. La gran diferencia con los otros sistemas se refiere al tipo de fuente, que usualmente se Sin embargo la mayoría de los criterios son extensibles a otras configuraciones.

A continuación se muestra un resumen de los criterios de construcción y diseño, de mayor uso, recopilados de manuales y bibliografía existente.

A. FUENTES DE ABASTECIMIENTO. Ya sea superficial (cursos de agua natural, canales de regadío, etc.) o subterránea (manantiales, pozos, etc.), la

fuerza debe asegurar la cantidad requerida por la población en el período de vida del proyecto.

El rendimiento de la fuente debe determinarse mediante el aforo en los meses de estiaje y lluvias para conocer los caudales máximos y mínimos. De estos, el rendimiento mínimo debe ser mayor que el consumo máximo diario de la población al final del período de diseño, generalmente 20 años.

Las fuentes subterráneas son, de manera general, de mejor calidad que las superficiales. Para sistemas GST, el agua debe encontrarse libre de organismos patógenos u otros compuestos que tengan efectos adversos (agudos o crónicos) para la salud humana. Además, debe ser de aspecto (color, turbidez, etc.), olor y sabor aceptables para la población. Otros factores a considerar son la capacidad de corroer o incrustar algún componente del sistema.

B. UNIDADES DE CAPTACIÓN. Son estructuras destinadas a recolectar el caudal necesario de la fuente e ingresarlo al sistema de abastecimiento. En el caso de los sistemas GST la captación debe proteger la calidad de agua de la fuente de contaminantes externos.

Hidráulicamente, las dimensiones deben proveer condiciones para el abastecimiento de la población futura, así como para su operación y mantenimiento. . Estructuralmente, la unidad debe proporcionar la estabilidad necesaria para lo cual el comportamiento del terreno juega un papel muy importante. Generalmente se espera que la construcción se realice en concreto armado, sin embargo en la práctica esta dependerá de las capacidades locales.

Para las captaciones de manantiales, estas se deben ubicar sobre el afloramiento, y sus componentes deben garantizar que el agua sea conducida al interior de la unidad, así como evitar que se produzca la contaminación debido al ingreso de agua contaminada o elementos externos. En cuanto a la extracción del agua del subsuelo mediante pozos excavados, estos deben contar con medidas para la protección de los equipos instalados y la capacidad de una operación y mantenimiento adecuados.

Se deben proporcionar medidas que eviten daños por factores externos, de preferencia mediante la instalación de un cerco perimétrico.

C. LÍNEAS DE CONDUCCIÓN, IMPULSIÓN Y ADUCCIÓN. Debido a las características similares en su diseño, instalación, operación y mantenimiento, las líneas de conducción, impulsión y aducción¹ se muestran de manera conjunta, haciendo la indicación correspondiente cuando sea necesario:

El Policloruro de Vinilo (PVC) es el material más usado para el tendido de líneas de conducción, aducción e impulsión; sin embargo su fragilidad y poca resistencia a la exposición son sus limitaciones. Para tramos expuestos, es necesario el cambio de material por uno de mayor resistencia (fierro galvanizado, hiero dúctil, etc.) para evitar daños en las líneas y fugas que comprometan el servicio.

El trazado de las líneas debe buscar el menor recorrido posible, teniendo en consideración evitar discurrir por terrenos de difícil acceso, vulnerables a efectos naturales o antrópicos, o que se encuentren expuestos a posibles eventos de contaminación².

El dimensionamiento de las tuberías debe estar en función de la cantidad de agua necesaria para el abastecimiento y distinto para cada una de ellas debido a su ubicación y la función que cumplen (*conducción*: máximo diario; *impulsión*: caudal de bombeo; *aducción*: máximo horario).

¹ **Línea de Conducción.** En sistemas por gravedad, es aquella que transporta el agua desde la unidad de captación hasta la planta de tratamiento y/o reservorio.

Línea de Impulsión. En sistemas por bombeo está se encuentra ubicada entre la fuente y la unidad de tratamiento o reservorio según se requiera.

Línea de Aducción. Tramo entre el reservorio y las redes de distribución; dependiendo del tamaño del sistema y la ubicación de los usuarios, este componente puede incluirse dentro de las redes de distribución.

² Al respecto de ella se tienen recomendaciones que indican evitar pendientes mayores del 30%, basado en consideraciones de velocidad dentro de la tubería.

La clase de tubería viene determinada por la presión interna que esta tenga que soportar y estará en función de la ubicación de las líneas y las cargas estáticas que soporten. Para su instalación se recomienda que estas se encuentren instaladas en zanjas y debidamente cubiertas (las recomendaciones varían entre 0.60 y 0.90m por sobre la clave del tubo).

Para la instalación por zonas vulnerables, las actuales guías y criterios recomiendan:

Cambio de material de la tubería (resistente al intemperismo) y anclajes.

En zonas propensas a deslizamientos, la tubería debe ubicarse en cruces aéreos (suspendidos) de altura suficiente para evitar el impacto.

En el caso de hondonadas anchas, la tubería (fierro galvanizado) debe ser enterrada de la mejor manera posible y recubierta con concreto armado si fuera necesario.

Los trabajos de operación y mantenimiento consideran la reparación de fugas o roturas en las líneas de conducción e impulsión; así como la operación de los accesorios o limpieza y mantenimiento de estructuras complementarias como válvulas, cámaras rompe presión, etc.

D. RESERVORIOS DE ALMACENAMIENTO. Se refiere a la estructura destinada al almacenamiento temporal del agua para mantener una presión constante en las redes y dar continuidad al servicio. Además, en los sistemas rurales es usual que la cloración se realice en los reservorios.

Aunque en las guías y bibliografía documentada se asume que la unidad debe ser construida en concreto armado, sin embargo en la práctica los materiales utilizados pueden ser de albañilería, concreto simple, concreto ciclópeo, concreto armado, ferrocemento, entre otros, dependiendo sobre todo de la disponibilidad de materiales y tecnologías disponibles.

La ubicación del reservorio será determinada por el mantenimiento de una presión aceptable en la red (tanto en las zonas altas como las bajas), sin embargo *“debe priorizarse el criterio de ubicación tomando en cuenta la ocurrencia de desastres naturales”* (CEPIS, 2004).³

El diseño estructural de los reservorios se realiza en base a la estabilidad de la estructura (cimentación, zapatas) y las presiones hidrostáticas a las que estará sometido. Para la construcción, se recomienda que estén cimentados en terreno de fundación estable (base rocosa).

En cuanto al proceso constructivo de las paredes, las juntas de construcción deben ejecutarse sobre una superficie rugosa que se obtiene del picado de la superficie del concreto ya endurecido; aunque en lo posible se debe evitar que el vaciado de los muros requiera un tiempo mayor a un día. El picado de los muros para la instalación de tuberías debilita la estructura por lo que se recomienda que durante el vaciado de los muros se instale niples de mayor diámetro para luego proceder a la instalación de la tubería una vez construido el muro.

IV.2. ADMINISTRACION DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL AMBITO RURAL.

En nuestro país, así como en muchos otros de la Región, las organizaciones locales (juntas de agua, comité de regantes, etc.) son los administradores de los sistemas de agua potable y los responsables del buen funcionamiento y provisión del servicio. La mayoría de los comités de aguas de las zonas rurales no tienen personería jurídica, aunque pueden ser propietarios *de facto* u operadores de sus sistemas (USAID, 2002). En estos casos, la apropiación de los sistemas se realiza luego de su construcción, tanto con fondos del Estado como por organismos de cooperación o ayuda técnica, aunque no son pocos los casos en que la comunidad organizada ha sido quien ha construido sus propios sistemas.

³ Tomado de: *“Guía para el diseño y construcción de Reservorios apoyados”* CEPIS – COSUDE, 2004.

Específicamente en el caso peruano, las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) son las organizaciones encargadas de prestación de servicios de saneamiento (agua, alcantarillado y disposición de excretas) en el ámbito rural,⁴ las mismas que deben adoptar la forma de una Asociación Civil y ser registradas en el Directorio Nacional de JASS de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS, 1999). En la práctica, los servicios de agua potable son administrados por organizaciones locales pre-existentes (junta de regantes, dirigencia de la comunidad, municipalidades distritales, etc.) y en algunos casos son creadas para dicho fin; sin embargo, la gran mayoría no cumplen con el registro indicado en Ley

Los recursos con las que estas organizaciones cuentan, dependen de las autoridades locales (en especial aquellos operados que dependen directamente por la municipalidad distrital) y el aporte directo de los usuarios (en sistemas administrados por JASS). A pesar de la existencia de dispositivos legales y demás reglamentación dirigida al establecimiento de tarifas por el servicio de agua potable, en la práctica, estas son determinadas por debajo de los requerimientos mínimos para la correcta operación y mantenimiento del sistema y la prestación del servicio.

La ocurrencia de fenómenos naturales contribuye en que los sistemas de agua rurales caigan en un deterioro progresivo o simplemente salgan de funcionamiento por falta de recursos para su recuperación, ya sea que estos sean de grandes magnitudes o aquellos fenómenos de carácter local cuyos pequeños impactos son recurrentes. Por ello, estos fenómenos deben ser considerados en las labores de mantenimiento del sistema, la continuidad y la sostenibilidad del servicio. Según lo analizado las JASS y otras organizaciones encargadas de la administración y operación del sistema no cuentan con los recursos técnicos y económicos necesarios para afrontar los impactos que derivan de un desastre natural.

⁴ Dispuesto por ley en el Artículo 25 del Reglamento de la Ley General de Saneamiento - Ley N° 26338.

IV.3. PROPUESTA DE CRITERIOS PARA REDUCIR EL IMPACTO DE FENOMENOS GEOLOGICOS EN SISTEMAS RURALES DE AGUA POTABLE

En el Perú existen normas y dispositivos legales relacionados a la protección de los sistemas de agua y saneamiento ante la ocurrencia de desastres naturales; sin embargo no están dirigidas hacia las zonas rurales y las características particulares que sus sistemas presentan.

En estos casos, las consideraciones usadas dependen de la experiencia de los técnicos y profesionales a cargo de los diseños e instalación de los sistemas. Sin embargo, existen herramientas orientadas a la protección frente a desastres naturales que, a pesar de no ser exclusivos para sistemas de agua potable rurales, pueden ser modificados y aplicados para poder ponerlos en práctica.

A continuación se plantean algunas consideraciones relacionadas con los impactos encontrados:

IV.3.1. FUENTES DE ABASTECIMIENTO.

Se ha identificado que el impacto en la fuente de abastecimiento depende de la naturaleza de la misma, ya sea superficial o subterránea.

FUENTE SUPERFICIAL. La interrupción de la continuidad se debe al daño en los canales de regadío o cursos de agua debido a deslizamientos inducidos por movimientos sísmicos, pero que también pueden originarse por lluvias intensas, entre otras.

Esta interrupción tiene sus causas en el sacudimiento del terreno (fuente natural) y la falta de medidas de mitigación, las cuales deben estar en coordinación con otros sectores (gestión del servicio).

La incorporación de medidas u obras de mitigación que reduzcan la vulnerabilidad de estas fuentes debe realizarse en coordinación con otros actores (que tengan a su cargo la administración y operación de la infraestructura de riego) y las autoridades locales.

En lo que respecta a la gestión de los servicios de agua potable se recomienda:

Identificar los tramos en que los canales de regadío o cursos de agua se encuentran expuestos a deslizamientos, como las zonas de pendientes pronunciadas o aledañas a terrenos deleznable o poco consistentes.

Ejecución programada de limpieza de canales y cursos de agua para que se encuentren libres de sedimentos que puedan reducir la capacidad de conducción y eventualmente interrumpen el servicio.

Identificar fuentes alternativas y mantener su calidad en caso se requiera abastecer a la población mientras se recupera la fuente principal.

FUENTES SUBTERRÁNEAS. Según la identificación de impactos definida en el capítulo anterior, tenemos:

Modificación del punto de afloramiento y caudal de producción. La causa de esta modificación (en posición y caudal), se encuentra relacionada con la alteración de los estratos de suelo por los cuales atraviesa el acuífero antes del punto de abastecimiento. Las causas identificadas se refieren al sacudimiento del terreno (factor natural) y al desconocimiento de esta característica durante el diseño del sistema:

Además del aforo, el estudio de fuentes debe incluir información sobre su permanencia en cantidad y tiempo, así como variaciones que hayan podido ocurrir debido a movimientos sísmicos o en épocas de máxima precipitación; complementando la información sobre la capacidad de producción de la fuente. Cuando no existan registros de ello (característica que usualmente

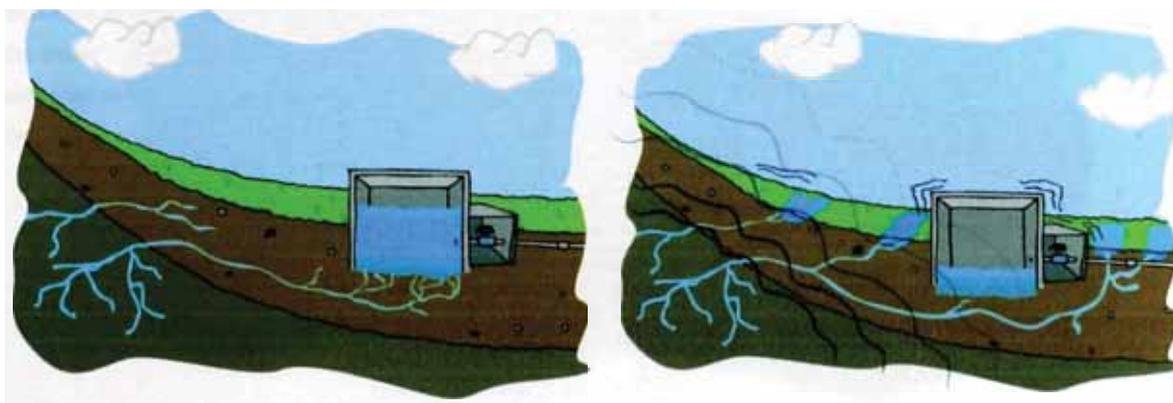
se da en los sistemas rurales), debe tomarse en cuenta el conocimiento local como fuente de información.

Procurar que los manantiales de reciente aparición, y en especial a raíz de un sismo, no sean considerados cuando existen otras alternativas más confiables. Su aparición repentina puede responder a alteración de los estratos dentro del acuífero que son sensibles a movimientos sísmicos y pueden ser alterados con eventos posteriores.

Es importante y deseable conservar la disponibilidad y calidad de otras fuentes existentes en la zona, de manera que puedan ser incluidas en caso la fuente principal vea afectada su producción por efecto de sismos u otros fenómenos naturales.

Desvío superficial del afloramiento. Cuando la captación no se ubica directamente sobre el punto de afloramiento en el estrato rocoso, se pueden dar infiltraciones fuera de la unidad. De la identificación de causas se estableció que estas provenían de factores naturales (sacudimiento del terreno) y deficiencias en el diseño y construcción de la estructura de captación. La siguiente figura muestra, esquemáticamente, lo sucedido.

Figura 4.1. Desvío del afloramiento en manantiales instalados en terrenos de cultivo.



(a) Cuando las unidades de captación se ubican en terrenos de cultivo o material de relleno es posible que sólo capte el afloramiento superficial del manantial

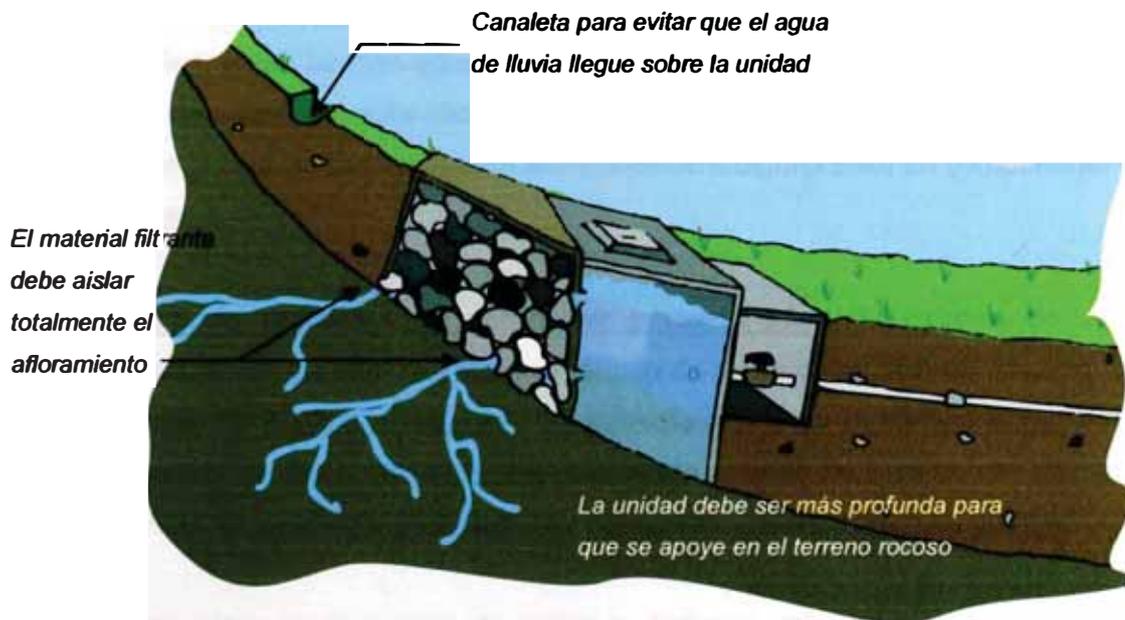
(b) Al ocurrir un movimiento sísmico, las líneas de flujo dentro del terreno de cultivo pueden alterarse y reducir el caudal captado en la caja de recolección. A menudo se observan filtraciones cerca de la unidad, la que puede llegar a quedar obsoleta.

Para reducir el riesgo de dicho impacto, se plantean:

Cuando el afloramiento se da en terrenos de cultivo o material de relleno, se debe limpiar y descubrir el afloramiento hasta encontrar el punto en que emana del estrato rocoso (en los manantiales concentrados) o la exposición del acuífero (en los manantiales difusos) efectuando las excavaciones que esto requiera. Generalmente estas excavaciones siguen el sentido longitudinal en mayor medida que en profundidad⁵. También es importante recopilar información local que indique la ubicación real del punto de afloramiento.

Los muros de ala, cimientos y aquellos que sirvan de pantallas interceptoras deben ser construidos para obligar al flujo agua dentro de la unidad; siendo necesario además el impermeabilizado del fondo para los manantiales de ladera.

Figura 4.2. Propuesta para la reducción de la vulnerabilidad en las unidades de captación de manantial.



⁵ Entrevista con el Ing. Luis Valencia. Asesor Técnico en Saneamiento Básico Rural. Proyecto COSUDE-CEPIS para el mejoramiento de las condiciones sanitarias de las áreas rurales en el Perú.

El dimensionamiento de la unidad de captación debe permitir la recolección de todo el caudal aflorado por el manantial. Si este excediera la demanda de la población, el caudal restante deberá ser evacuado después de la caja de captación, proveyéndolas de dispositivos para la tal efecto.

Por ningún motivo se debe emplear explosivos para el descubrimiento del afloramiento. La vibración producida por estos puede alterar la geohidrología del acuífero en mayor magnitud que el propio movimiento sísmico.

Cuando el punto de afloramiento se encuentra sobre terrenos de cultivo, el material del suelo es sensible de alterar el curso del agua por efecto del sacudimiento del terreno. En estos casos se debe evitar construir la estructura de captación sobre las capas superiores, procurando que esta se encuentre cimentada sobre el estrato rocoso de la base.

IV.3.2. UNIDADES DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO.

Debido a las características comunes de estas estructuras (formas, materiales, ubicación), estas se han agrupado en el establecimiento de los impactos y las causas de estos. En esta sección se establecerán recomendaciones de manera conjunta, y cuando sea necesario se especificará alguna para un componente en particular.

Colapso de unidades de captación y reservorios. El colapso de estas unidades se dio a causa del impacto directo de rocas desprendidas. Debido a la existencia de material suelto en las inmediaciones de estas unidades, estos representan un riesgo elevado, especialmente cuando se encuentran ubicadas en laderas de pendiente pronunciada. Para reducir dicho riesgo se plantea:

Determinar la presencia de rocas o material deleznable susceptibles de desprendimiento que puedan afectar las unidades de captación o almacenamiento. La remoción de dichos elementos es la alternativa más segura para minimizar el riesgo, sin embargo, cuando esto no fuera posible, se recomienda la construcción de cercos perimétricos o métodos de

estabilización de taludes (como la modificación de la geometría) para proteger la estructura.

Ejecutar trabajos de limpieza de escombros antes de la instalación de las unidades y también periódicamente, para evitar su acumulación y posterior movimiento en masa por sismos u otros.

Fisuras y filtraciones. Estas han sucedido a consecuencia de la baja resistencia los materiales de construcción y las características del terreno instalado (debido a la respuesta del sitio ante la vibración del terreno).

Las unidades de mampostería y concreto simple (en ese orden) han reportado mayores daños, que van desde fisuras en la superficie de las unidades (resquebrajamiento del enlucido en las paredes) hasta grietas en los muros y pérdida de agua que prosiguió en la restricción del servicio.

Otro factor que ha mostrado ser relevante es el tipo de terreno de instalación. En el caso de estructuras cimentadas en terrenos rocosos, estas han presentado mayor resistencia. Por otro lado, cuando el terreno era de consistencia suave (terrenos arenosos o campos de cultivo), las unidades presentaron daños significativos incluso en aquellas de mayor resistencia como en el caso del concreto armado.

Finalmente, algunos daños que derivaron en la filtración y pérdida de agua existente en la unidad, han sido a causa de deficiencias en los procesos constructivos. La existencia de fisuras en juntas de construcción entre la base y paredes del reservorio, generó el humedecimiento del terreno en los alrededores de la unidad, debilitando su resistencia y aumentando el riesgo por deslizamientos.

En vista de las observaciones realizadas, se recomienda:

En zonas con riesgo sísmico alto (basado en las zonificaciones existentes), no debe usarse la mampostería en la construcción de unidades de captación y almacenamiento.

El uso de concreto simple debe limitarse a unidades cimentadas sobre terrenos rocosos; caso contrario esta debe contar con los refuerzos de acero respectivo, además de usar materiales en las proporciones adecuadas.

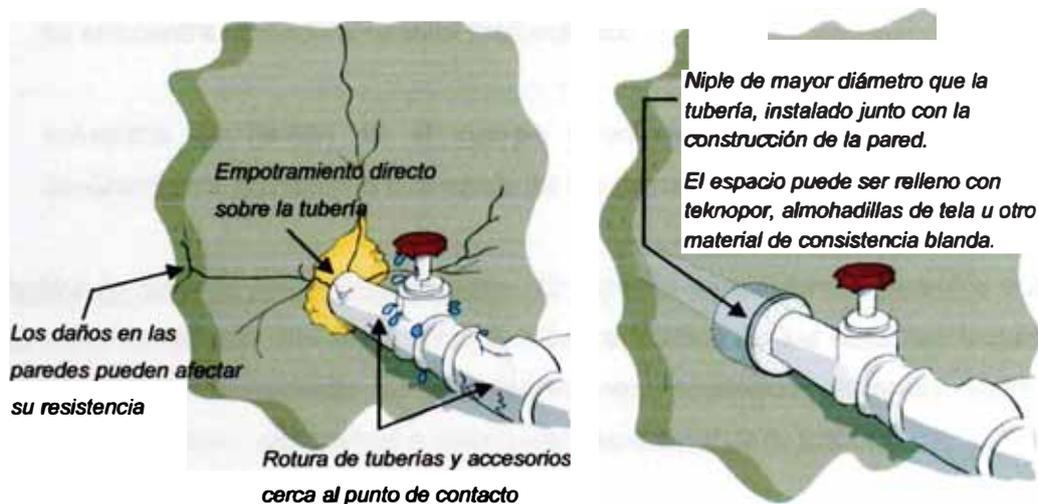
Cuando sea forzosa la instalación sobre terrenos arenosos o de poca resistencia, el diseño debe contemplar la cimentación apropiada para las resistir la vibración del terreno.

Respetar el uso de materiales y proporciones adecuados para la construcción de las unidades y reforzar, en el diseño estructural, las juntas de construcción.

Daños en accesorios y tuberías empotradas. Los daños se asocian al sacudimiento del terreno y a las uniones rígidas entre las tuberías y accesorios, así como el empotramiento con las paredes. Al respecto de ello se recomienda lo siguiente.

Evitar el empotramiento con las paredes de casetas, estaciones, etc. Cuando no se necesite una unión impermeable (como en el caso de la

Figura 4.3. Propuesta para la reducción de daño en tuberías empotradas



mayoría de estaciones de bombeo), el paso a través de las paredes debe permitir un margen para que la tubería pueda desplazarse sin generarse esfuerzos con los muros. Para ello pueden practicarse aberturas mayores a la tubería, mediante la instalación de un niple de mayor diámetro y relleno con materiales flexibles como teknopor, almohadillas u otro similar

En caso se requiera que el muro sea impermeable, la tubería que sale de la unidad (reservorio por ejemplo) debe unirse al siguiente tramo mediante una unión flexible o incorporando tramos con tubería flexible en el intermedio.

Otros daños en los accesorios en las unidades de captación y almacenamiento. Los deslizamientos o desprendimiento de rocas, sumado a la exposición de los accesorios al ingreso y/o salida de las unidades, han resultado en los daños mencionados. Para todo caso, exista o no la amenaza de deslizamiento o desprendimiento de rocas, las tuberías o accesorios de ingreso y salida de estas unidades deben estar protegidos por una caseta de válvulas que impedirá la caída de elementos extraños o que sean manipulados de manera incorrecta.

IV.3.3. LINEAS DE CONDUCCION, ADUCCION Y REDES DE DISTRIBUCION

Los siguientes han sido los daños identificados en tuberías (línea de conducción, bombeo y aducción):

aplastamiento por el impacto directo de rocas sobre la tubería o cuando esta se encuentra ubicada a escasa profundidad;

esfuerzos de flexión en el cuerpo y uniones de la tubería debido al deslizamiento del terreno o la caída de las estructuras de soporte.

Daños en tubería por aplastamiento. El impacto de elementos pesados sobre las tuberías ha sido uno de los daños más frecuentes en los sistemas incluidos en la muestra; dependido de dos condiciones: *existencia de rocas sobre el trazado de la línea; exposición o instalación superficial de la tubería.*

Para reducir dicho riesgo, se plantea:

- Durante el trazado de las líneas, evitar el paso por terrenos con presencia de rocas sueltas o zonas donde se reporten caídas periódicas de detritos.
- Cuando sea necesaria la instalación a lo largo de terrenos de alta vulnerabilidad, es recomendable profundizar la instalación de la tubería. La siguiente formulación puede ser usada⁶:

$$h = \frac{k}{16} \cdot \frac{W}{A} \cdot \log\left(1 + \frac{g \cdot H}{10000}\right), \text{ donde:}$$

h: profundidad recomendada para la instalación de la tubería (m)

k: coeficiente experimental de penetración (ver tabla 4.1)

W: presión superficial (kilogramos)

A: Área de impacto (m²)

g: aceleración gravitatoria (9.81 m/s²)

H: Altura de caída (m)

Tabla 4.1. Valores experimentales para el coeficiente de penetración

Condiciones de suelo	valor k
Terreno arenoso	0.0367
Terrenos con vegetación	0.0482
Terreno suelto	0.0732

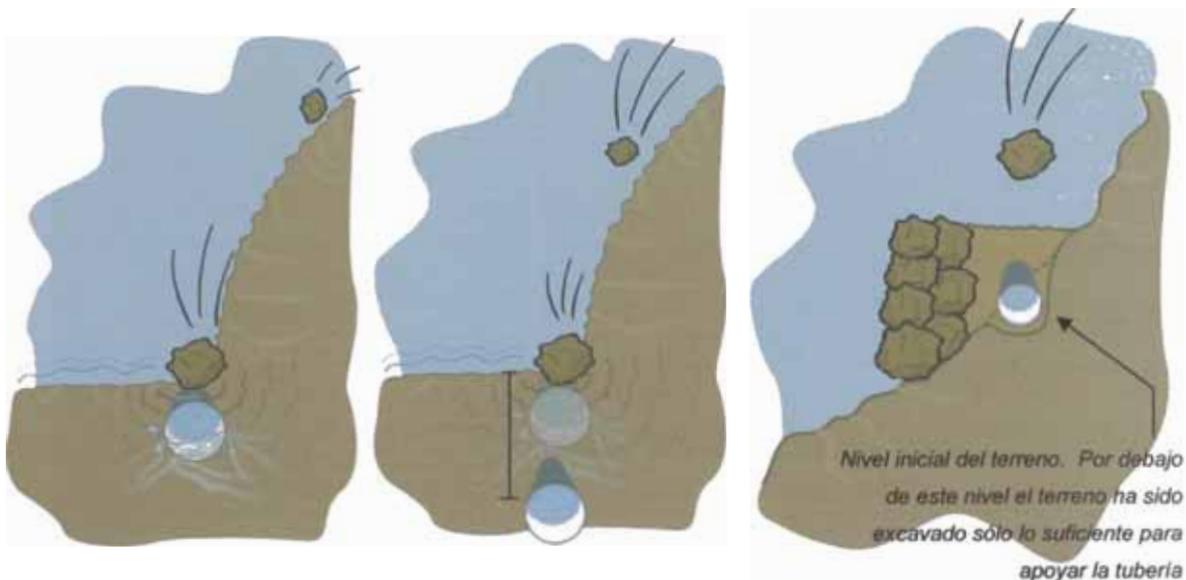
Fuente: Adaptado de *Surface Impact Loads* (ASCE, 2005)

- En terrenos rocosos donde no sea posible la profundización de la tubería, esta puede discurrir por sobre el terreno aunque el material debe ser tal que resista el intemperismo (hierro dúctil u otro similar); sin embargo esta opción puede resultar muy costosa cuando los tramos en riesgo son extensos.
- Cuando no se puede enterrar la tubería (por tener terreno rocoso u otro impedimento), la protección puede darse recubriendo la tubería por encima del nivel de suelo. Para ello se construyen andenes o muros de piedra

⁶ La relación presentada ha sido adaptada de la expresión propuesta por Amirikian (1950) para el cálculo de la profundidad de penetración del impacto de cargas superficiales para tuberías enterradas.

dentro de los cuales se ubica la tubería para luego ser rellenado con material arenoso y gravas hasta alcanzar una mayor profundidad. Las visitas de campo muestran que esta es una medida efectiva sobre todo cuando la amenaza viene dada por pequeños bloques de roca que impactan tramos de PVC que quedan expuestos a la intemperie por la imposibilidad en la excavación de zanjas.

Figura 4.4. Daños en tuberías enterradas por aplastamiento debido a la caída de rocas, y propuestas de solución



(a) La poca profundidad de instalación y la caída de rocas produjo fisuras y filtraciones en las tuberías

(b) Incrementar la profundidad de instalación hasta la altura recomendada es una alternativa para la mitigación de impactos.

(c) Otra alternativa es proteger la tubería por encima de la superficie del terreno.

Se recomienda que el trazado de las líneas de conducción, bombeo y/o aducción sean paralelos a los caminos de acceso. El trabajo de campo ha mostrado que esto presenta las siguientes ventajas:

No existen limitaciones de acceso para la operación y mantenimiento, así como la rehabilitación; a excepción que se hayan afectado, además, las vías de comunicación.

La instalación en una plataforma, como la existente en el camino, provee la posibilidad de que la excavación de las zanjas se efectúe con menos

riesgo para quienes participan en la labor que si esto se diera en laderas empinadas.

Cuando no sea posible excavar las zanjas a la profundidad adecuada debido al terreno, la protección de la tubería puede efectuarse por encima del nivel protegiendo la tubería con material propio de la zona y estableciendo muros para estabilizarlo.

Figura 4.5. Ejemplos de protección de tubería con muros de piedra



Daños por flexión. Este daño se dio por el deslizamiento del terreno que estaba instalaba la tubería cuando este se ubicaba en una ladera de fuerte pendiente y material deleznable o al borde de una quebrada. Para estos casos se puede mencionar lo siguiente:

Evitar el trazado de tuberías a través de pendientes deleznales o por terrenos propensos a sufrir deslizamientos.

Cuando sea necesario cruzar terrenos con estas características, las tuberías deben encontrarse expuestas, ser de materiales resistentes al intemperismo y contar con elementos de sujeción que eviten que estas se apoyen sobre el terreno.

Cuando necesiten cruzar por quebradas, las estructuras de soporte deben encontrarse ancladas a cierta distancia del borde la misma y cimentados en terreno firme para evitar que en futuros deslizamientos sufran daños.

IV.3.4. ADMINISTRACION DE SERVICIOS Y PARTICIPACION COMUNITARIA.

Para mejorar las deficiencias identificadas en la administración y gestión del sistema, se plantea lo siguiente:

Capacitar a los miembros de la JASS y personal encargado de la operación y mantenimiento, así como asegurar que estas capacidades se transmitan en el tiempo. Contar con manuales de operación y mantenimiento, e información técnica es importante para asegurar esta continuidad.

Determinar la tarifa en base en los requerimientos reales del sistema, la misma que debe ser de conocimiento de la comunidad desde antes de la instalación del sistema, haciéndoles partícipes de la elección del nivel de servicio en función de los costos que ello significa.

Los nexos entre las JASS, autoridades locales y otras organizaciones de apoyo externo (gubernamentales, cooperación internacional, etc.) facilitan el restablecimiento del servicio cuando este se afecte por un fenómeno natural.

La comunidad debe ser involucrada desde la etapa de diseño incorporando las amenazas locales desde la perspectiva de la comunidad. Para ello es necesario el desarrollo de mapas comunitarios de riesgo, los que servirán, además, como apoyo para la apropiación del sistema.

IV.3.5. MAPAS COMUNITARIOS DE RIESGO Y ANALISIS DE VULNERABILIDAD.

En el área rural, donde las mediciones instrumentales no siempre se encuentran disponibles o no existen capacidades para llevarlas a cabo, el conocimiento local

constituye una fuente de información importante de considerar en el diseño. El incluir el conocimiento local en el planteamiento del proyecto contribuye a:

El involucramiento de los usuarios en la planificación del sistema, lo que incrementa su compromiso y contribuye a su sostenibilidad.

Conocer las amenazas más importantes en la zona y las características particulares del su sistema.

Conocer las capacidades locales y el nivel de organización para responder ante las emergencias.

Cuando no se cuenta con registros, esta información puede ser proporcionada por los miembros de la comunidad y usarse para determinar períodos de ocurrencia de fenómenos naturales, zonas de deslizamiento, etc.

Aunque no es una actividad exclusiva en la planificación de los servicios de agua potable, esta herramienta debe incluir estos sistemas y todas las líneas vitales de la comunidad (agua y saneamiento, electricidad, transporte, etc.) así como las viviendas entre otros.

Mapas comunitarios de riesgo. Los mapas comunitarios de riesgo consisten en representaciones gráficas que los pobladores realizan de su comunidad, servicios, vías de acceso, etc. en la cual identifican la presencia de amenazas de acuerdo a su conocimiento experimental del entorno ambiental.

Este es un paso previo al diseño del sistema y debe contar con la participación de la comunidad o sectores y personas representativas, y no sólo de los técnicos a cargo del proyecto. Con este ejercicio se busca tener información de:

Fuentes de agua: ubicación, calidad, permanencia en el tiempo

Amenazas: ubicación, períodos de ocurrencia, magnitud de los fenómenos.

- *Ubicación de componentes:* emplazamientos con menor probabilidad de resultar afectados ante un determinado fenómeno.⁷

Para la elaboración del mapa comunitario de riesgos es necesaria una concertación previa de la comunidad en torno al proyecto a ejecutarse, y un proceso preparatorio en que, además de la identificación del riesgo de la comunidad, se ejecuten labores de educación sanitaria, información de los niveles de servicio y su costo, entre otros.

Dentro de la elaboración del mapa de riesgo comunitario se deberán identificar:

- Instalaciones principales (municipio, establecimientos de salud, etc.)
- Caminos de acceso
- Amenazas existentes
- Fuentes de agua disponibles
- Posibles emplazamientos de componentes del sistema.

Para ello es de utilidad la simbología gráfica, cuya facilidad de uso por parte de la comunidad agiliza el desarrollo de la metodología.

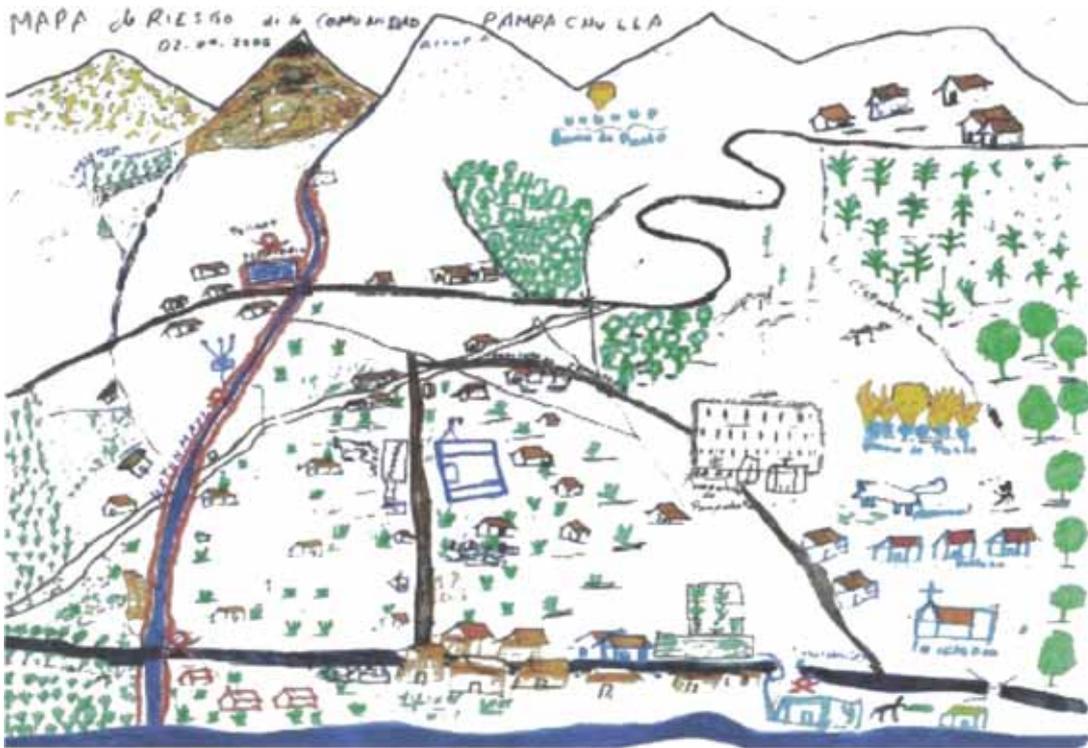
Figura 4.6. Ejemplo de Simbología utilizada

	Terremotos o sismos		Posta médica
	Inundaciones		Puesto policial
	Deslizamientos de tierra		Vivienda
	Caída de rocas		Municipio

Fuente: Manual de Capacitación a JASS N° 12. Zona Alto-Andina (SANBASUR – IMA, 2005).

⁷ El objeto es recoger información de las amenazas existentes en las ubicaciones técnicamente apropiadas del componente y considerar esto (la presencia de amenazas) como un condicionante adicional en el diseño.

Figura 4.7. Mapa comunitario de riesgo. Comunidad de Pampachulla.



Fuente: Manual de Capacitación a JASS N° 12. Zona Alto-Andina (SANBASUR – IMA, 2005).

Análisis de vulnerabilidad. Una vez establecido los *puntos críticos* en el entorno de la comunidad y el sistema de agua potable, el análisis de vulnerabilidad del sistema servirá para identificar.

Condición actual de los componentes, estado de conservación.

Requerimiento de medidas de mitigación e identificación de las mismas.

Nivel de respuesta de la comunidad en la rehabilitación del sistema.

Una vez identificado los componentes y las amenazas, se determinará el nivel de riesgo (por componente y a nivel de sistema) relacionando el nivel de amenaza (dado por las condiciones del sitio), vulnerabilidad (estado de conservación,

mantenimiento, existencia de obras de protección) y la resiliencia (entendido como la capacidad para recuperar su funcionalidad⁸).

Tabla 4.2. Tabla de Análisis o Evaluación de Riesgos.

CARACTERISTICAS	COMPONENTES DEL SISTEMA				TOTAL
	Captación	Conducción	Reservorio	Red de Distribución	
A. Estado de Conservación					
B. Tipo de Suelo					
C. Pendiente					
D. Mantenimiento					
E. Obras de Protección					
F. Nivel De Organización					
TOTAL					

Fuente: Manual de Capacitación a JASS Nº 12. Zona Alto-Andina (SANBASUR – IMA, 2005).

Tabla 4.3. Indicadores de Medición

Valor	Estado de Conservación.	Tipo de Suelo	Pendiente	Mantenimiento del sistema	Obra de protección	Nivel de organización
1	Bueno	Compacto	Baja	Bueno	Adecuadas	Organizados
2	Regular	Medio	Media	Regular	Insuficientes	Regularmente org.
3	Malo	Delaznable	Alta	Malo	Inexistentes	No organizados

Fuente: Manual de Capacitación a JASS Nº 12. Zona Alto-Andina (SANBASUR – IMA, 2005).

Tabla 4.4. Calificación del riesgo.

Por componente		Por sistema	
Nivel de Riesgo	Ponderación	Nivel de Riesgo	Ponderación
Bajo	0 a 6	Bajo	0 a 24
Mediano	7 a 12	Mediano	25 a 48
Alto	Mayor de 13	Alto	Mayor de 49

Fuente: Manual de Capacitación a JASS Nº 12. Zona Alto-Andina (SANBASUR – IMA, 2005).

En el anexo 3 se muestra una propuesta para la valoración del riesgo en sistemas de abastecimiento de agua potable, en base a metodologías anteriormente propuestas y la incorporación de criterios obtenidos en base al trabajo realizado.

⁸ Al respecto, la bibliografía de gestión de riesgos indica al riesgo como una función de la amenaza, la vulnerabilidad y la resiliencia ($Riesgo=f(A, V, Re)$), teniendo relación directa con la amenaza y vulnerabilidad, e inversa con la resiliencia.

IV.3.6. PLAN DE EMERGENCIA PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE RURALES.

A pesar de que se tomen medidas para la protección de los sistemas de agua, existe el riesgo de que estos presenten daños que afecten la continuidad del servicio. Para ello es necesario que las JASS u otras organizaciones que administren y gestionen los sistemas tengan en consideración: *preparativos y planes de respuesta a la emergencia* en caso que estos daños se presenten. A continuación se mencionan los aspectos más importantes a tomar en cuenta para la preparación de estas herramientas.

- **Identificación de los puntos críticos del sistema.** En base al resultado de los mapas comunitarios de riesgo y el análisis de vulnerabilidad, se identifican los puntos de mayor riesgo y en los que la probabilidad de daño también es mayor.
- **Establecer escenarios de riesgos.** Dados los puntos críticos identificados, se establece un escenario de riesgo para el cual se asume la ocurrencia de un desastre sobre el sistema abastecimiento de agua, a partir del cual se estiman los posibles daños que ocurrirían y el impacto sobre el servicio de agua. Este escenario debe ser planteado de manera conjunta por el personal técnico y la población local, reconociendo lo siguiente:
 - *Afectación de la fuente de agua.* Reducción (%) del caudal producido y recolectado de la fuente.
 - *Daños en las unidades de captación.* Caracterizar los daños probables según el escenario establecido y definir el impacto en el sistema como la reducción (%) en la continuidad del servicio.
 - *Daños sobre las líneas de conducción, impulsión y/o aducción.* Estimar la longitud de tubería dañada (como distancia en metros y % de la longitud total) así como los puntos afectados. En caso se requiere se deben identificar los posibles daños indirectos debido a las fugas de agua generadas por las roturas.

- *Daños en las unidades de almacenamiento:* Al igual que las unidades de captación se estimaran los daños en los reservorios y su impacto como reducción (%) en la continuidad del servicio. Asimismo se identificará los daños sobre los sistemas/dispositivos de cloración.
- ***Identificación de acciones de rehabilitación y responsabilidades:*** Una vez identificados los posibles impactos sobre los sistemas y los servicios de agua rurales se planificarán las actividades de rehabilitación y respuesta así como los responsables de cada una de estas.
 - *Provisión de agua segura.* Mientras dure la suspensión o restricción del servicio, la JASS debe, en coordinación con las autoridades locales y dependencias del MINSA, asegurar la provisión de agua (repartición con camiones cisterna, inclusión de fuentes alternativas, etc.) y supervisar los programas de mejoramiento de la calidad de agua a nivel domiciliario (provisión de cloro, uso de filtros de mesa, etc.). La asignación de recursos para dichos programas debe ser responsabilidad de la autoridad local, y coordinados con otras instituciones y organizaciones existentes (junta de regantes, centro de salud, escuelas, entre otros.)
 - *Rehabilitación de los componentes dañados.* Deberá estar a cargo de los operadores del sistema, con la supervisión técnica de las autoridades locales. La JASS debe contar con los materiales y herramientas necesarios para las labores de rehabilitación inmediata.
 - *Reconstrucción del sistema.* Es necesario que los componentes afectados sean reconstruidos en condiciones mejores a las originales y que se establezcan criterios que reduzcan el riesgo al cual se encontraba expuesto y por el cual resultó dañado. Los recursos necesarios para dichos trabajos deben ser canalizados a través de las autoridades locales y supervisados

IV.4. RECOMENDACIONES PARA LA REDUCCION DE IMPACTO EN LOS SERVICIOS DE AGUA RURALES. RESUMEN.

El siguiente cuadro muestra de manera resumida las recomendaciones anteriormente planteadas:

Tabla 4.5.Recomendaciones para la reducción de impactos en los sistemas de abastecimiento de agua en el ámbito rural. (RESUMEN).

COMPONENTE	IMPACTO REPORTADO	CAUSA IDENTIFICADA	RECOMENDACIONES
FUENTE DE ABASTECIMIENTO	Interrupción por falla en la infraestructura de riego	<p>FACTORES NATURALES. Deslizamientos inducidos.</p> <p>GESTION DEL SISTEMA. Falta de coordinación con junta de regantes u otros para mantenimiento preventivo de infraestructura de riego</p>	<p>DISEÑO: Identificar tramos expuestos a deslizamientos en canales de regadío o cursos de agua.</p> <p>OPERACIÓN: Limpieza de sedimentos que reduzcan la capacidad de conducción y eventual interrupción del servicio en canales y cursos de agua</p> <p>DISEÑO Y GESTION: Identificar fuentes alternativas y mantener su calidad para abastecer a la población mientras se recupera la fuente principal</p>
	<p>Disminución en el caudal de producción, agotamiento de fuente o cambio en punto de afloramiento</p> 	<p>FACTORES NATURALES. Sacudimiento del terreno.</p> <p>DISEÑO DEL SISTEMA. Desconocimiento del impacto de anteriores sismos sobre las fuentes de abastecimiento.</p>	<p>DISEÑO DEL SISTEMA: Incluir información sobre permanencia del afloramiento (cantidad y tiempo), así como variaciones debido a movimientos sísmicos. Incluir el conocimiento local como fuente de información.</p> <p>Cuando existen otras fuentes, no considerar manantiales de reciente aparición, y en especial a raíz de un sismo.</p> <p>GESTION DE LOS SERVICIOS: Conservar la disponibilidad y calidad de otras fuentes existentes en la zona.</p>
	<p>Desvío superficial del afloramiento</p> 	<p>FACTORES NATURALES. Sacudimiento del terreno.</p> <p>DISEÑO DEL SISTEMA. No se incluyó conocimiento local sobre la ubicación del punto de afloramiento. Ubicación de la unidad en terreno de cultivo o suelos inestables</p> <p>CONSTRUCCION DE LA UNIDAD. No se descubrió completamente el punto de afloramiento Cimentación poco profunda o fallas en muro impermeable</p>	<p>DISEÑO DEL SISTEMA: Identificar la ubicación del punto de afloramiento, así como variaciones de posición en el tiempo.</p> <p>CONSTRUCCION DE LA UNIDAD: Descubrir el punto exacto del afloramiento, para ello debe realizarse los movimientos de tierra correspondientes.</p> <p>CONSTRUCCION DE LA UNIDAD: Confinamiento del acuífero dentro de las estructuras de la captación, impermeabilizar las bases cuando sea necesario (manantial de ladera).</p>

COMPONENTE	IMPACTO REPORTADO	CAUSA IDENTIFICADA	RECOMENDACIONES
<p>CAPTACION Y ALMACENAMIENTO</p>	<p>Colapso de unidades</p>	<p>FACTORES NATURALES. Derrumbe de rocas sueltas.</p> <p>DISEÑO DEL SISTEMA. Ubicación en zonas de amenaza.</p> <p>CONSTRUCCION DE UNIDADES. No se consideró remoción de rocas sueltas dentro de la preparación de la zona.</p>	<p>DISEÑO DEL SISTEMA: Identificación de material deleznable por sobre la ubicación de la unidad de captación.</p> <p>CONSTRUCCION DEL SISTEMA.: Remoción de escombros y rocas sueltas en las inmediaciones de la unidad.</p> <p>CONSTRUCCION DE LA UNIDAD: Incluir cerco perimétrico para la protección de la unidad.</p>
<p>CAPTACION Y ALMACENAMIENTO</p>	<p>Figuras y filtraciones.</p>	<p>FACTORES NATURALES. Sacudimiento del terreno.</p> <p>DISEÑO DEL SISTEMA. Ubicación en zonas de terrenos de poca resistencia sin la cimentación adecuada.</p> <p>CONSTRUCCION DE LA UNIDAD. Materiales de construcción inadecuados o poco resistentes como el caso de la mampostería.</p>	<p>DISEÑO DE LA UNIDAD: No considerar el uso de materiales poco resistentes (albañilería y concreto simple), en zonas con alta amenaza sísmica.</p> <p>DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA UNIDAD: Incluir los refuerzos de acero en caso sea necesario, en especial cuando el terreno sobre el cual se encuentra cimentada la unidad es de poca resistencia (terrenos de relleno: cultivo o arenosos).</p>
<p>CAPTACION Y ALMACENAMIENTO</p>	<p>Daños en accesorios y valvulería.</p> 	<p>FACTORES NATURALES. Sacudimiento del terreno y caída de rocas.</p> <p>DISEÑO DEL SISTEMA. Falta en la implementación de medidas no estructurales y evitar el empotramiento de las tuberías</p> <p>CONSTRUCCION DE UNIDADES. Falta construcción de casetas de válvulas.</p> <p>GESTION DEL SERVICIO. Escaso mantenimiento preventivo de las válvulas y accesorios de captaciones y reservorios.</p>	<p>CONSTRUCCION DE LAS UNIDADES:</p> <p>Incorporar orificios en las paredes que permitan el paso de las tuberías hacia el exterior y les proporcionen libertad para oscilar.</p>  <p>Incorporar uniones flexibles en las tuberías.</p>

COMPONENTE	IMPACTO REPORTADO	CAUSA IDENTIFICADA	RECOMENDACIONES
LINEAS DE CONDUCCION. ADUCCION Y DISTRIBUCION	<p data-bbox="475 1442 504 1682">Daños por aplastamiento</p>  <p data-bbox="802 1518 831 1682">Daños por flexión</p>	<p data-bbox="379 869 427 1220">FACTORES NATURALES. Caída de rocas</p> <p data-bbox="451 824 504 1220">DISEÑO DEL SISTEMA. Trazo de líneas por zona con presencia de rocas sueltas.</p> <p data-bbox="528 846 603 1220">CONSTRUCCION DE LINEAS. Poca profundidad de instalación. Tramos de tubería expuestos.</p>	<p data-bbox="217 253 392 786">DISEÑO DEL SISTEMA: Evitar el trazado de la línea por zonas con presencia de rocas sueltas o material deleznable, aunque esto involucre un recorrido mayor (es necesario evaluar el beneficio/costo de ello). Recopilar información de la comunidad sobre la ocurrencia de deslizamientos o caída de rocas en el recorrido elegido.</p> <p data-bbox="416 253 491 786">CONSTRUCCION DE LA LINEA. Remoción de rocas sueltas que se ubiquen en la parte superior de las línea de conducción</p> <p data-bbox="515 253 590 786">CONSTRUCCION DE LA LINEA: En caso no fuera factible el cambio de trazo y sea necesario instalarlo en zonas de amenaza:</p> <ul data-bbox="619 253 767 786" style="list-style-type: none"> - Profundizar la ubicación de la tubería cuando esta discorra por terrenos. - Protección de la línea en los casos en que esta se encuentre expuesta (cambio de material) o no se pueda profundizar (recubrimiento especial o por sobre el nivel de terreno). <p data-bbox="791 253 866 786">DISEÑO DEL SISTEMA: Evitar el trazado por zonas de terreno deleznable. Recopilar información local sobre le existencia de dichas zonas en el recorrido.</p> <p data-bbox="890 253 965 786">CONSTRUCCION DE LA LINEA: Cuando se necesite atravesar por terrenos deleznales por la imposibilidad de cambiar el trazado:</p> <ul data-bbox="994 253 1214 786" style="list-style-type: none"> - Evitar que las tuberías se apoyen directamente sobre el terreno, pudiendo instalarse soportes para las mismas o elementos de sujeción desde la parte superior. - En todo caso en que estas se encuentren expuestas se debe asegurar que el material sea resistente al intemperismo, procurando que los empalmes tengan libertad de oscilar durante un movimiento sísmico.

COMPONENTE	IMPACTO REPORTADO	CAUSA IDENTIFICADA	RECOMENDACIONES
LINEAS DE CONDUCCION. ADUCCION Y DISTRIBUCION	<p>Daños por caída de elementos de soporte en tramos elevados</p> 	<p>FACTORES NATURALES. Sacudimiento del terreno. Calda de rocas o material suelto.</p> <p>INSTALACION DE LINEAS. Materiales inadecuados para la construcción de estructuras de soporte.</p> <p>GESTION DEL SERVICIO. Obras de rehabilitación inmediata perduran en el tiempo como soluciones definitivas.</p>	<p>DISEÑO: Los elementos de soporte deben ser diseñados como parte del sistema, y su costo debe ser incluido en el costo total de la obra.</p> <p>CONSTRUCCION: Los cimientos de estos elementos de soporte deben estar ubicados sobre terreno firme evitando que estos deslicen junto con el terreno circundante.</p>
	<p>Daño en redes de distribución.</p> 	<p>FACTORES NATURALES. Sacudimiento del terreno</p> <p>INSTALACION DE REDES. Poca profundidad de instalación. Existencia de tramos superficiales.</p> <p>GESTION DEL SERVICIO. Falta de mantenimiento preventivo.</p>	<p>CONSTRUCCION DEL SISTEMA. Instalación de tuberías a una profundidad mayor, especialmente en los caminos de acceso que pueden experimentar un incremento en el tránsito durante las etapas de emergencia.</p> <p>OPERACIÓN DEL SISTEMA. Correcta operación de redes de agua en la localidad, evitando la existencia de sobrepresión.</p>
	<p>Interrupción del servicio por otros factores.</p> 	<p>FACTORES NATURALES. Sacudimiento del terreno, deslizamientos inducidos, calda de rocas.</p> <p>CONSTRUCCION. Materiales inadecuados, carencia de accesorios no se aplicaron técnicas adecuadas para la instalación de tuberías.</p> <p>GESTION DEL SERVICIO. Falta de mantenimiento en los accesorios. Rehabilitaciones artesanales quedan como soluciones definitivas.</p>	<p>CONSTRUCCION DEL SISTEMA. Capacitación de los miembros de la comunidad que intervendrán en la construcción del sistema. Materiales de calidad adecuada y supervisión de personal técnico a los trabajos ejecutados por la población para verificar que se ejecute de manera correcta.</p> <p>OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO. Uso de materiales adecuados en las labores de reparación del sistema. Mantenimiento preventivo de las unidades y componentes.</p>

CAPITULO V:**RELACIÓN BENEFICIO-COSTO DE LA INCLUSIÓN DE
MEDIDAS DE REDUCCION DEL RIESGO EN SISTEMAS
RURALES DE AGUA POTABLE.**

El objetivo central en la implementación de servicios de agua y saneamiento es el mejoramiento de la salud, además de los beneficios asociados a la calidad de vida traducido en términos de ahorro del tiempo en el acarreo del agua, mayor productividad de la población asociada a la reducción de enfermedades y al desarrollo de otras actividades, etc. Estos beneficios son difíciles de cuantificar, pues su valoración tiende a ser subjetiva

Ante la pérdida de la continuidad, cobertura o calidad de los servicios de agua potable por efectos de un desastre natural, los beneficios indicados se interrumpen mientras esta situación se mantiene y, en caso lleve al colapso de la operatividad del sistema, corren el riesgo de perderse.

Por otro lado, las labores de rehabilitación requieren de inversión que, en la mayoría de los casos analizados, no es posible afrontar por los propios usuarios; lo que lleva a prolongar el tiempo en que los sistemas se encuentran inoperativos o el servicio no se brinda en condiciones óptimas. Otro costo necesario de considerar es el que se destina a la provisión de agua segura a las poblaciones con servicios suspendidos, y que a menudo no se cuantifica dentro del costo total del impacto sobre los servicios.

Además, el impacto sobre los sistemas de agua potable obliga a usar fondos que podrían ser utilizados en otras facetas de la emergencia e incluso en proyectos distintos para la ampliación de los servicios y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población.

El presente capítulo evalúa la relación beneficio/costo al aplicar medidas de reducción del riesgo de desastres naturales en sistemas de abastecimiento de agua potable en zonas rurales.

V.1. ESTUDIO DE CASO. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE ORLAQUE.

Para la relación Beneficio-Costo se analizó un caso particular, donde se establecerán supuestos acordes a la información recopilada en el trabajo de campo y recopilación de información documentaria.

El sistema seleccionado corresponde a la localidad de Orlaque.

Localidad: Orlaque
 Distrito: Puquina
 Provincia: Gral. Sanchez Cerro
 Departamento: Moquegua

Figura 5.1. Ubicación de la localidad de Orlaque



Tabla 5.1. Información general del sistema de abastecimiento de la localidad de Orlaque.

INFORMACION GENERAL	
Tipo de sistema	Gravedad sin tratamiento (GST)
Población beneficiaria	120 habitantes (30 conexiones).
Año de instalación	1994 (11 años de antigüedad a la fecha de la visita)
Institución proveedora	Municipalidad Distrital
Administración del servicio	Comité de Agua Potable
Operación del sistema	Personal contratado por la Junta (operador del sistema)
Información técnica	No se cuenta con planos ni manuales de O&M.
Existencia de herramientas y materiales	El personal cuenta con materiales para la limpieza del reservorio aunque no se tiene materiales para reparaciones.

Figura 5.2. Restos de la antigua estructura de captación colapsada en el terremoto del 2001.

El caso particular de esta localidad indica que este sistema sufrió los siguientes daños por efecto del terremoto del 2001:

- **Captación:** Colapso de la unidad de mampostería de bloques de concreto sin refuerzo.
- **Línea de conducción:** Daños por aplastamiento en la tubería por efecto del sismo.
- **Reservorio:** Colapso de la unidad de mampostería de bloques de concreto sin refuerzo (fisuras generalizadas y filtraciones).

Del levantamiento de información en campo se obtuvo lo siguiente:

- La captación se encuentra ubicada sobre terrenos de cultivo. Al momento de la visita, existían infiltraciones en los alrededores de la unidad, la misma que fue reconstruida luego del terremoto del 2001 y en la actualidad opera a un 30% de su capacidad (reducción del caudal).

Figura 5.3. Caja de captación afectada por el desvío del manantial. Nótese filtraciones en el terreno alrededor



- El punto real del afloramiento se encuentra a 100m de la unidad actual y a 1.20m de profundidad, según información de los miembros de la JASS.

Figura 5.4. Detalle de reparación en línea de conducción por aplastamiento de tubería debido a caída de rocas



Existen daños puntuales y recurrentes (aprox. 5 reparaciones al año) en la línea de conducción debido a la caída de rocas sueltas en un tramo de aproximadamente 500m, los cuales se encuentran instalados a poca profundidad (h prom.= 0.20m.)

La cronología del sistema indica que ha sufrido las siguientes intervenciones desde su instalación.

Instalación (1994). Construcción del sistema con las siguientes características:

- **Captación:** Mampostería de concreto sin refuerzos; ubicada sobre terrenos de cultivo.
- **Línea de conducción:** PVC. D=1". L=1500m. Profundidad (tramo intermedio)=0.20m (Lexpuesta=1000m)
- **Reservorio.** Mampostería de concreto.

- **Redes de distribución y conexiones domiciliarias:** PVC. D=1". L=1300m. 30 conexiones domiciliarias.

Reconstrucción (2001). Las obras ejecutadas fueron:

- Reconstrucción de **unidad de captación**. Concreto armado
- Reconstrucción de **reservorio**. Concreto Armado. $V=13m^3$

Labores de rehabilitación (Periódicas). Reposición anual de 5 tramos de tubería de 1m de longitud dañados por la caída de rocas en tubería superficial.

Por otro lado, los beneficios serán calculados como si el sistema hubiese sido incorporando las medidas de reducción del riesgo planteadas.

- **Captación.** Instalación de la unidad sobre el punto de afloramiento y sobre el estrato rocoso, lo que implica:

Construcción de unidad de concreto armado, semienterrada ($H=1.60m$).

Incremento en 100m de tubería en el tramo inicial de línea de conducción.

Profundizar el tramo inicial de tubería a 1.20m de profundidad (100 m luego de la salida de la unidad).

- **Línea de conducción.** Protección de las tuberías en todo su recorrido, en especial en la zona expuesta a amenaza de caída de rocas.

Profundizar la tubería en los tramos inicial y final ($L_{total}=500m$) a profundidad de $H=0.60m$

Incorporar recubrimiento por sobre el nivel del terreno en el tramo intermedio de 1000m expuesto a la caída de rocas

V.1.1. CALCULO DE LA RELACION BENEFICIO COSTO.

Los costos usados para el cálculo fueron determinados del *análisis de precios unitarios* incluidos en los expedientes técnicos para la rehabilitación de sistemas de agua incluidos en el proyecto "*Medidas para el mejoramiento de la calidad del*

agua y saneamiento de las poblaciones afectadas por el terremoto de junio 2001 en el sur del Perú”, (CEPIS, 2003). Del mismo proyecto se ha tomado el costo de atención a la emergencia para la provisión de agua segura por efecto de la suspensión del sistema.

Estos costos fueron llevados al valor en el año 1994 con una tasa de actualización del 12% anual. Una vez homogéneos a la fecha de instalación del sistema, se compararon según las dos alternativas planteadas.

A. Sistema construido en su estado original y los costos incurridos por la ocurrencia de daños en el sistema:

costo inicial del sistema instalado

costo de la rehabilitación periódica por daños recurrentes

costo total del proyecto de reconstrucción por el terremoto del 2001.

costo de provisión de agua segura durante la suspensión del servicio.

B. Instalación del sistema incorporando las medidas planteadas para la reducción de vulnerabilidades correspondientes a los vulnerabilidades identificadas:

ubicación de la caja de captación según lo planteado.

construcción de caja de captación de concreto armado.

instalación de tubería de conducción en la profundidad recomendada.

protección de tubería de conducción por sobre el nivel del terreno.

Construcción de reservorio de concreto armado.

Tabla 5.2. Costos de la alternativa A.

Año	Costos considerados (S/.)				Total	Valor actualizado a 1994
	Instalación	Atención a la emergencia	Reconstrucción	Reparaciones		
1994	13,882.79				13,882.79	13,882.79
1995				161.76	161.76	144.43
1996				161.76	161.76	128.95
1997				161.76	161.76	115.14
1998				161.76	161.76	102.80
1999				161.76	161.76	91.79
2000				161.76	161.76	81.95
2001		1,284.53		161.76	1,446.29	654.23
2002				161.76	161.76	65.33
2003			10,545.54	161.76	10,707.30	3,861.16
2004				161.76	161.76	52.08
2005				161.76	161.76	46.50
COSTO TOTAL DE LA ALTERNATIVA "A"						19,227.16

Tabla 5.3. Costos de la alternativa B.

COMPONENTE	COSTO (S/.)
Captación	1,597.63
Línea de conducción	10,837.73
Tramo inicial (S/ 2,456.32)	
Tramo intermedio (S/ 6,438.56)	
Tramo final (S/ 1,942.84)	
Reservorio	5,167.82
COSTO TOTAL DE LA ALTERNATIVA "B"	17,603.18

NOTA: Los precios unitarios y demás consideraciones son indicadas en el Anexo 4: "Cálculos auxiliares en la evaluación Beneficio-Costo".

De lo mostrado concluye que:

- Los costos de la incorporación de medidas de mitigación son menores que los incurridos cuando el sistema fue instalado sin contemplar estos aspectos.
- Incorporar las medidas de protección planteadas hubiera sido un 27% mayor que la alternativa inicialmente ejecutada.
- El incremento de costos al incorporar las medidas planteadas corresponden en 25% a la mano de obra, la que puede ser provista por la comunidad y lograr una reducción en el desembolso monetario.

- Los beneficios que se hubieran conseguido por incorporar las medidas planteadas son mayores que los calculados si tomamos en cuenta:

El gasto por enfermedades de origen hídrico en la población afectada.

El tiempo ocupado en provisión de agua al estar interrumpido el sistema.

El riesgo a la salud por abastecerse de fuentes no seguras.

Se ocuparon fondos que pudieron atender otras necesidades de la población afectada.

La situación actual del sistema no garantiza la distribución de agua segura debido a los problemas reportados en el año anterior y que, a la fecha de la visita, seguían vigentes.

Finalmente, el análisis beneficio-costos mostrado pone en evidencia que el incorporar medidas de mitigación en el sistema evaluado hubiese sido rentable no sólo por el menor costo y sino sobre todo por los beneficios en el mantenimiento de la calidad de vida de la población.

CAPITULO VI:**PERSPECTIVAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA
GESTIÓN DE RIESGO EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO
DE AGUA EN ZONAS RURALES**

Dado el problema de la escasa sostenibilidad en los sistemas rurales de abastecimiento de agua, y habiendo esbozado la relación que esto tiene con la ocurrencia de fenómenos naturales y su impacto sobre los servicios básicos, es necesario plantear perspectivas para incorporar el tema de *Gestión de Riesgos* dentro de la política del sector.

El presente capítulo busca articular el tema con los lineamientos actuales del sector proponiendo una vía para la inclusión de las medidas planteadas, y en general del tema, de manera transversal en los proyectos de mejoramiento e instalación de sistemas de agua y saneamiento rural.

VI.1. PLAN NACIONAL DE SANEAMIENTO 2006-2015.

El Plan Nacional de Saneamiento es un marco de orientación para integrar y armonizar las acciones de los diversos agentes que de una u otra forma intervienen en el desarrollo del Sector Saneamiento (MVCS, 2006). Siendo que la reducción de vulnerabilidades en los sistemas rurales de agua potable es un aporte para la sostenibilidad de estos servicios, estas iniciativas deben ser acordes con el Plan Sectorial vigente.

VI.1.1. PERSPECTIVAS DEL ÁMBITO DE APLICACIÓN.

El trabajo realizado y las propuestas formuladas pueden ser aplicados tanto en las poblaciones estrictamente rurales (menos de 2000 habitantes), como en aquellos sistemas que presentan características similares, tanto en la parte física

del sistema como en la administración y gestión de los servicios, pero que abastecen poblaciones en un rango mayor. En este sentido, el Plan Nacional de Saneamiento define el rango de *pequeñas ciudades* a aquellas con una población entre 2000 y 30000 habitantes (un total de 490 localidades con cerca de 2.5 millones de habitantes) donde los servicios son administrados por los municipios distritales o las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS)⁹.

VI.1.2. MANEJO DE INFORMACION Y PARTICIPACION COMUNITARIA.

Dentro del Plan Nacional de Saneamiento, así como en el presente trabajo, se reconoce la escasa información que existe sobre el estado de los sistemas y la calidad de los servicios que se ofrecen, sobre todo el ámbito rural, para lo cual el Plan Sectorial incluye la propuesta de implementación de un Sistema de Información en Agua y Saneamiento.

Por otro lado se estipula la necesidad de recursos humanos calificados para la implementación de acciones, proyectos y obras en agua y saneamiento, planteando la necesidad de un Sistema Nacional de Capacitación. Como parte de esta capacitación es necesario incorporar **capacidades** para la reducción de la vulnerabilidad en el diseño, construcción y supervisión de la instalación de los sistemas de agua potable.

Finalmente se reconoce la participación de la población en el desarrollo de temas ambientales y de agua y saneamiento en sus respectivas localidades como uno de los pilares de la sostenibilidad de los servicios de agua potable y saneamiento. En ese sentido, se ha dejado claro a lo largo del documento la necesidad y factibilidad de incorporar el conocimiento local dentro de los procesos de implementación de servicios de agua y saneamiento, llegando a plantear criterios para la reducción de vulnerabilidad donde el aporte de la comunidad es indispensable.

⁹ Estas 490 pequeñas municipalidades tienen en común, con las comunidades rurales, la autogestión de sus servicios de agua potable; siendo que las autoridades municipales locales son los responsables del servicio.

VI.1.3. LA GESTION DEL RIESGO COMO APORTE A LA SOSTENIBILIDAD.

El Plan Nacional de Saneamiento reconoce expresamente la necesidad de implementar programas de reducción de riesgos, disminución de vulnerabilidad y optimización de atención en casos de emergencia, como un componente para incrementar la sostenibilidad de los servicios.

En ese sentido, las propuestas mostradas en el presente documento buscan aportar en esta necesidad expresa dentro del sector, y ser validadas para su difusión y aplicación en la construcción de nuevos sistemas y/o mejoramiento de los actuales.

VI.1.4. PROGRAMA NACIONAL DE AGUA Y SANEAMIENTO RURAL (PRONASAR)

Como se mencionó anteriormente, el Programa Nacional de Saneamiento Rural, que se viene ejecutando desde el 2004, ha cambiado la dinámica de intervención estatal en el área rural y tiene como objetivo el mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable, tanto en el ámbito rural como en las pequeñas ciudades.

Dado que una de las motivaciones para la implementación de este programa fue la baja sostenibilidad de los sistemas en el área rural (motivo por el cual la mayor parte de sus fondos son destinados a rehabilitar y mejorar sistemas existentes), es necesario que las nuevas intervenciones consideren reducir el riesgo de que esta situación se repita, incluyendo los factores que la propiciaron, dentro de lo cuales se cuenta el impacto de los fenómenos naturales.

VI.2. SISTEMA NACIONAL DE DEFENSA CIVIL.

Definidos como el conjunto de organismos, normas, recursos y doctrinas orientados a la protección de la población en caso de desastres de cualquier índole u origen mediante la Prevención o Reducción de Riesgos, prestando

ayuda adecuada hasta alcanzar las condiciones básicas de rehabilitación que permitan el desarrollo continuo de las actividades de la zona.

Dentro de la estructura orgánica del programa se articulan las distintas instancias que van desde el nivel nacional (Instituto Nacional de Defensa Civil) hasta los niveles distritales y locales (Comité Distrital de Defensa Civil). Dentro de esta articulación existe un canal de comunicación (Sistema de Información para la Prevención y Atención de Desastres) para el reporte de emergencias y la solicitud de apoyo en cuanto a medidas de rehabilitación, pudiendo realizarse mediante los procesos administrativos correspondientes al SNIP simplificado (RM 037-2005-EF/15).

Los mecanismos con los cuales cuenta el Sistema Nacional de Defensa Civil se orientan sobre todo a la comunicación de situaciones de alerta ante peligro inminente y cuando ya ha sido originado el impacto, sin embargo su articulación con las autoridades del sector debe darse hacia un trabajo conjunto en la atención a la emergencia y la atención a las necesidades de rehabilitación inmediata. Sin embargo, el sector debe encargarse que los trabajos destinados a recuperar el servicio sean luego fortalecidos con medidas que reduzcan efectivamente la condición de riesgo que derivó en los daños ocurridos.

VI.3. ACTIVIDADES Y PROYECTOS DESARROLLADOS POR LA COOPERACION INTERNACIONAL.

Si bien es el Estado el encargado de la provisión de servicios en el área rural, existen otras organizaciones no gubernamentales que han tomado a acción en esta actividad y han desarrollado esfuerzos en la instalación y mejoramiento de los servicios de agua potable en comunidades rurales. Por otro lado, también es justo remarcar las actividades que estas organizaciones realizan para la atención de la emergencia y la provisión de agua segura en estas condiciones.

Además de estas actividades, existen iniciativas para incorporar la gestión del riesgo en los procesos de implementación de servicios en el área rural, algunas

de las cuales han incluido, de manera práctica, herramientas para la identificación del riesgo dentro de la administración local de los servicios. Por otro lado también existen iniciativas orientadas a la formación de capacidades técnicas en gestión de riesgo dentro del personal destinado a trabajar en el proceso de implementación de los servicios.

Finalmente, se debe precisar que la inclusión de la gestión del riesgo (ya sea en la aplicación de herramientas técnicas, formación de capacidades, elaboración de preparativos y planes de respuesta a nivel local) debe ser transversal a todo el proceso de provisión de servicios básicos en la zona rural; es decir que debe contemplarse desde la etapa de planeación del proyecto, diseño del sistema, construcción e instalación de componentes, administración y gestión de los servicios. Para ello es necesario que se reconozca que los riesgos asociados a los fenómenos naturales afectan la sostenibilidad de los servicios y deben tomarse en consideración en cuanto a medidas de mitigación como preparación de las comunidades para la respuesta, dotándolos de capacidades para poder hacer frente a los impactos que podrían reportarse.

CONCLUSIONES:

Una vez analizado el problema, desarrollado el trabajo de campo y efectuadas las propuestas para la reducción de vulnerabilidades, las conclusiones obtenidas son:

- Ante la ocurrencia de un fenómeno sísmico, los daños ocurridos en sistemas de agua rural suceden siguiendo patrones, que han sido identificados. Estos daños pueden darse, además, por otros fenómenos geológicos como deslizamientos o caídas de roca donde los movimientos sísmicos no son la causa exclusiva.
- Las causas de los daños son las siguientes:
 - Ocurrencia del fenómeno.
 - Condiciones de terreno
 - Ubicación del componente.
 - Materiales inapropiados.
 - Deficiencias en la construcción e instalación.
- Aunque el diseño de los sistemas pueda ser el adecuado, muchas veces la ejecución de las obras no cumple con las especificaciones adecuadas por falta de una supervisión técnica estricta y adecuada.
- El impacto de los daños sobre la calidad del servicio de agua potable fueron:
 - Sobre la calidad del agua; cambio de la calidad fisicoquímica del agua subterránea, aumento de turbiedad y sólidos en aguas superficiales y contaminación por daños en las tuberías y estructuras de captación y almacenamiento.
 - Sobre la continuidad y cobertura del servicio; asociado a los daños en las fuentes superficiales, unidades de captación y almacenamiento (pérdida de agua almacenada) y en líneas de de conducción y aducción que generalmente involucraron la suspensión del servicio.

Sobre la infraestructura misma del sistema; el impacto sobre cada componente involucra daños sobre la infraestructura y los *activos* pertenecientes a la comunidad y directamente sobre su sostenibilidad financiera.

- Las capacidades locales para la rehabilitación de sistemas son escasas y se encuentran limitadas por insuficiencia de recursos técnicos y la carencia de recursos económicos de las JASS. Sin embargo, existen soluciones técnicas de bajo costo, que involucran la participación de la comunidad, y que pueden ser utilizadas para la protección de sistemas de abastecimiento de agua. Aunque muchas son actualmente utilizadas, algunas no se encuentran indicadas en los criterios técnicos y dependen del juicio del profesional encargado del diseño y construcción o son innovaciones practicadas por la población local.
- Es necesaria la incorporación del conocimiento local en los procesos de implementación de sistemas, los que sirven de ayuda cuando no se tienen registros, lo que usualmente sucede en el medio rural. Para ello existen herramientas metodológicas como los *mapas comunitarios de riesgo* que deben ser considerados en las fases previas a la instalación de sistemas.
- La incorporación de medidas de mitigación en el medio rural resulta rentable y efectiva en el lapso comprendido en el período de diseño, más aún cuando se consideran aspectos de riesgo a la salud y pérdida de calidad de vida por efecto de la suspensión de los servicios.
- Los proyectos de intervención en ampliación de coberturas y rehabilitación de servicios de agua en el ámbito rural deben incorporar aspectos de la gestión del riesgo si se desea que estos sean sostenibles y cumplir con las metas y objetivos trazados en el Plan Nacional de Saneamiento.
- No existe, dentro del sector Agua y Saneamiento y en el medio rural, una articulación que permita tener conocimiento de los sistemas que resultan afectados en caso de fenómenos naturales (incluso fenómenos de nivel

local) con lo cual la asistencia a las JASS para el restablecimiento del servicio se ve retrasada o simplemente no llega.

- Esta falta de articulación hace que las experiencias en rehabilitación de sistemas no sean documentadas y no puedan generarse lecciones aprendidas para reducir los futuros impactos en contextos similares.

RECOMENDACIONES:

De acuerdo a las conclusiones esbozadas se plantean las siguientes recomendaciones.

- Identificar las amenazas que se encuentran presentes en la zona de manera preliminar a cualquier proceso de diseño o construcción de sistemas; e incluir, durante las distintas fases del proyecto, medidas de protección y reducción de vulnerabilidad, como las planteadas en el presente documento, según las amenazas identificadas.
- Proveer a la comunidad de una supervisión técnica adecuada durante todo el proceso de ejecución del sistema, la misma que verifique que la construcción e instalación de componentes se realicen según los criterios indicados.
- Es necesario el fortalecimiento de las JASS en sus capacidades de operación y mantenimiento preventivo, así como la gestión y administración del sistema, proveyéndolos de las herramientas técnicas para tales efectos.
- Se debe vincular las JASS con los gobiernos locales como parte del fortalecimiento de sus capacidades, teniendo de ese modo un socio cuando se requiere intervenir en rehabilitación ante fenómenos naturales. Para ello es importante la sensibilización de las autoridades y que estos asuman sus roles y competencias.
- El conocimiento local debe ser recolectado, traducido por los profesionales a cargo de la intervención en provisión de servicios e incorporado en todas las etapas del proyecto. Para ello se deben utilizar herramientas como los mapas de riesgo u otros que permitan a la población mostrar las características especiales de su entorno.

- Se requiere generar criterios de diseño, construcción, operación y mantenimiento que incorporen medidas para la reducción de riesgo ante otros desastres naturales.
- Incorporar herramientas para reducir la vulnerabilidad de los sistemas de agua y saneamiento dentro de los proyectos de intervención en agua y saneamiento como un aporte en su sostenibilidad.
- Generar memoria institucional en cuanto a los daños por fenómenos naturales y los proyectos de intervención para generar herramientas que a futuro eviten repetir las vulnerabilidades en los nuevos sistemas.
- Buscar la articulación del sector agua y saneamiento en el medio rural con el objeto de:
 - brindar el apoyo adecuado y oportuno a las comunidades rurales en la gestión de sus sistemas de agua.
 - establecer responsabilidades para la asistencia de comunidades cuando sus sistemas resulten afectados.
 - sistematizar experiencias que permitan renovar los criterios técnicos para el diseño y construcción de sistemas de agua en el medio rural.
- Validar las propuestas de criterios técnicos mostradas y continuar en la investigación de métodos más efectivos en la protección de sistemas (uso de nuevos materiales, mejora de los métodos constructivos y de instalación, etc.)

REFERENCIAS

- Alva, J. y Castillo, J. (1993). *Peligro Sísmico en el Perú* en VII Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones. Lima, Perú.
- ANDA (2001). *Información preliminar de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario a nivel nacional dañados por el sismo del 13/01/2001*. Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados. San Salvador, El Salvador.
- ANDA (2001). *Información preliminar de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario del AMSS dañados por el sismo del 13/01/2001*. Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados. San Salvador, El Salvador.
- ANDA (2001). *Información preliminar de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario de la región central dañados por el sismo del 13/01/2001*. Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados. San Salvador, El Salvador.
- ANDA (2001). *Información preliminar de tanques de almacenamiento de agua potable del AMSS dañados por el sismo del 13/01/2001*. Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados. San Salvador, El Salvador.
- Argüello, R (2003). *Vulnerabilidad de los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento en Áreas Rurales de El Salvador*. Organización Panamericana de la Salud. San Salvador, El Salvador.
- Ban-Jwu Shih y Che-Hao Chang (2006). *Damage Survey of Water Supply Systems and Fragility Curve of PVC Water Pipelines in the Chi-Chi Taiwan Earthquake*. Natural Hazards. n. 37. p. 71-85, Taiwan.
- Banco Mundial (1999). *Perú. Saneamiento Básico Rural. Análisis Sectorial y Estrategia*. Dirección Sub-Regional Bolivia, Paraguay, Perú. Banco Mundial. Lima, Perú.
- Bernal, I. (2000). *Características de la sismicidad en la región sur del Perú* en Revista de trabajos de investigación. Instituto Geofísico del Perú. p. 69-80. Lima, Perú.
- Bernal, I y Tavera, H (2002). *Cuantificación del Tamaño del Terremoto de Arequipa del 23 de Junio del 2001* en XI Congreso Peruano de Geología, Lima 2002. Instituto Geofísico del Perú.
- Bernal, I; Tavera, H y Antayhua, Y (2002). *Zonas sismogénicas en Perú: volúmenes de deformación, gráficos polares y zonificación preliminar* en Boletín de la Sociedad Geológica del Perú v.93 (2002) p. 31-44. Lima, Perú.
- Brenguier, F. (2001). *Cálculo de la magnitud local ML para terremotos en el Perú* en Compendio de trabajos de investigación. Instituto Geofísico del Perú. Vol.2. p. 79-82. Lima, Perú.
- Bodero, M (2003). *Los servicios de agua y saneamiento en el Perú. Un diagnóstico y estadísticas*. Agencia Canadiense para el desarrollo, Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial. Lima, Perú.

Bomard, C. y Vulliet, L. (1999) *Lanslides en Disaster Resilient Infrastructure*. Secretariat for the International Decade for Natural Disaster Reduction. United Nations. Zurich, Suiza.

CEPIS (2003). *Informe final. Rehabilitación del sector agua y saneamiento en Perú "Medidas para el mejoramiento de la calidad del agua y saneamiento de las poblaciones afectadas por el terremoto de junio 2001 en el sur del Perú"*. Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico en el Área Rural. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Organización Panamericana de la Salud. Lima, Perú.

CEPIS (2005). *Patrones de daños producidos por desastres naturales en sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento rural*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, Perú.

CINARA - FINDETER (1998). *Marco conceptual para la prestación de servicios sostenibles de agua y saneamiento en localidades menores a 12.500 habitantes en Programa Nacional de sostenibilidad de sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento en Colombia*. Cali, Colombia.

CNDG-IGP (2001). *El terremoto de Arequipa del 23 de junio del 2001. Aspectos Sismológicos*. Revista Geonoticias. Año VII, p. 20-22. Instituto Geofísico del Perú. Lima, Perú.

Cockburn, C. (2004). *Agua y Saneamiento: El caso del Perú rural*. Oficina Regional para América Latina del ITDG. Lima, Perú.

CRID (2001). *Vocabulario controlado sobre desastres*. Centro Regional de Información Sobre Desastres, Costa Rica.

Davis, J y Iyer, P. (2002). *Taking sustainable rural water supply services to scale: a discussion paper*. Bank-Netherlands Water Partnership y Water and Sanitation Program, Washington D.C., USA.

Descouedres, F. et al. (1999). *Rockfalls en Disaster Resilient Infrastructure*. Secretariat for the International Decade for Natural Disaster Reduction. United Nations. Zurich, Suiza.

Grases, J.; Contreras, I. y Grases, G. (1997). *Estudio de caso: Vulnerabilidad de los sistemas de agua potable frente a deslizamientos*. Organización Panamericana de la Salud. Caracas, Venezuela.

Guzmán, G. (1982). *Efectos de las catastrofes sobre los sistemas de abastecimiento de agua potable en Preparativos en Ingeniería Sanitaria y Ambiental para situaciones de desastre*, Manual del curso regional. Vol.3. Organización Panamericana de la Salud y Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala.

FONCODES (2005). *Los proyectos de saneamiento rural y el plan nacional de prevención y atención de desastre*. Presentación en Consejo Consultivo del INDECI (17/03/2005). Fondo Nacional de Compensación y Desarrollo Social. Lima, Perú.

Guerrero, R (2002). *Lecciones aprendidas del Proyecto Piloto de Agua y Saneamiento Rural PROPILAS en Cajamarca – Perú*. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, CARE, Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial. Lima, Perú.

Guha-Sapir, D., Hargitt, D. y Hoyois, Ph. (2004). *Thirty years of natural disasters 1974-2003: The numbers*, Presses Universitaires de Louvain: Louvain-la Neuve. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. Bélgica.

Hernández, J. (2003). *Entorno tectónico y amenaza sísmica en el Perú* en Compendio de trabajos de investigación. Instituto Geofísico del Perú. Vol.4. p. 75-88. Lima, Perú.

Instituto CUANTO (2000). *Encuestas Nacional de Hogares sobre Medición de Niveles de Vida Enniv-2000*. Lima Perú.

INAA (2001). *Guía técnica para la reducción de la vulnerabilidad en los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario*. Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados. Nicaragua.

Izaguirre, J (2001). *Evaluación de la Vulnerabilidad y Mitigación de Sistemas Rurales de Agua Potable. Estudio de Caso*. Representación de la Organización Panamericana de la Salud. Lima, Perú.

Lockwood, H. (2004). *Scaling Up Community Management of Rural Water Supply*. International Water and Sanitation Centre (IRC). The Netherlands.

Marinof, N. (2001). *Abastecimiento de agua por gravedad para poblaciones rurales dispersas*. Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial. Lima, Perú.

MIDUVI, DIPLASEDE (2005). *Proyecto: "Criterios técnicos de protección de sistemas de agua y saneamiento ante desastres naturales"*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI); Dirección de Planeamiento de Seguridad para el Desarrollo Rural (DIPLASEDE). Ecuador.

Ministerio de la Presidencia (1995). *Decreto Supremo Nº 09-95 PRES. Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento Ley Nº 26338*. Ministerio de la Presidencia. Lima, Perú.

MINSAs (2001). *Estado de los sistemas de abastecimiento de agua al 20 de Julio del 2001*. Información remitida por las Oficinas Regionales de Salud Ambiental de Arequipa, Moquegua y Tacna a la Oficina de la Organización Panamericana de la Salud (OPS). Lima, Perú.

MINSAs/APRISABAC (1997). *Manual de procedimientos técnicos en saneamiento. Saneamiento Básico Rural Serie n. 4*. Dir. Regional de Salud Cajamarca, Ministerio de Salud y APRISABAC. Cajamarca, Perú.

MINSAs/OPS (2005). *El terremoto y maremoto del Sur del Perú, 2001. Lecciones para el futuro*. Oficina General de Defensa Nacional. Ministerio de Salud. Lima, Perú.

Ogura, A. y Soares, E. (2000). *Procesos y Riesgos Geológicos en* II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental. Instituto de Investigaciones Tecnológicas de Sao Paulo, Brasil.

OEA/DDRMA (1993). *Evaluación del peligro de deslizamientos de tierra en Manual de Manejo de Peligros*. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente. Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales. Organización de Estados Americanos. Washington, D.C., USA.

OEA/DDRMA (1993). *Peligros Geológicos en Manual de Manejo de Peligros*. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente. Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales. Organización de Estados Americanos. Washington, D.C., USA.

OMS/UNICEF (2004). *Alcanzar los ODM en materia de agua potable y el saneamiento: evaluación a mitad de período de los progresos realizados*. Organización Mundial de la Salud y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. Ginebra, Suiza.

OPS (1997). *Estudio de caso: terremoto del 28 de marzo de 1996. Pujilí, Ecuador*. Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional de Ecuador y Organización Panamericana de la Salud. Quito, Ecuador.

OPS, (2001). *Salud, agua potable y saneamiento en el desarrollo humano sostenible*. Organización Panamericana de la Salud. Washington D.C., USA.

OPS, MINSA (2001). *Terremoto en Arequipa, Ayacucho, Moquegua y Tacna*. Boletín Semanal N° 3, Julio 2001. Ministerio de Salud. Lima, Perú.

Pomachagua, O (2000). *Características Generales de la Tectónica y Sismicidad de Perú*. Revista de Trabajos de Investigación. p. 93-104. Instituto Geofísico del Perú. Lima, Perú

Sara J y Katz, T (1997). *Making Rural Water Supply Sustainable: Recommendations form a Global Study*. UNDP-World Bank. Washington D.C., USA.

Sara J y Katz, T (1998). *Making Rural Water Supply Sustainable: Report on the Impact of Project Rules*. UNDP-World Bank. Washington D.C., USA.

Simkin, Tom et al. (1994). *This Dynamic Planet. World Map of Volcanoes, Earthquakes, Impact Craters, and Plate Tectonics*. US Geological Survey, USA.

Soto, F. (1999). *Estudio de sostenibilidad de 104 sistemas de agua rural en Programa Nacional de Agua y Saneamiento Rural*. Vice Ministerio de Construcción y Saneamiento. Lima, Perú.

Trelles, J (2004). *Daños ocasionados por el terremoto del 23 de junio del 2001 en sistemas de abastecimiento de agua rurales – Perú. Informe final de prácticas pre-profesionales*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Lima, Perú.

Trelles, J (2005). *Impacto de fenómenos sísmicos en la sostenibilidad de sistemas rurales de abastecimiento de agua potable. Informe final de consultoría*. Representación de la Organización Panamericana de la Salud. Lima, Perú.

Tavera, F. (2004). *Sismicidad y Tectónica de Placas – Nota científica*. Revista Geonoticias. Año X, n. 4. p. 25-26. Instituto Geofísico del Perú. Lima, Perú.

UNDP-World Bank (1998). *Proceedings of the Community Water Supply and Sanitation Conference*. UNDP-World Bank. Washington D.C, USA.

Valdivia, I. (2002). *Cálculo de la relación intensidad-atenuación a partir de las isosistas de sismos de subducción ocurridos en el Perú* en Compendio de trabajos de investigación. Instituto Geofísico del Perú. Vol.3. p. 47-58. Lima, Perú.

Vargas, J. (2002). *Deslizamientos inducidos por sismos y sus efectos en abanicos aluviales* en Compendio de trabajos de investigación. Instituto Geofísico del Perú. Vol.3. p. 125-136. Lima, Perú.

VIDAPROM (2001). *Proyecto Emergencia: "Ayacucho Perú". Resumen Ejecutivo*. Instituto de Promoción de la Vida. Lima, Perú. *Información proporcionada por OXFAM*.

VMCS (2003). *Estudios de base para la implementación de proyectos de agua y saneamiento en el área rural*. Programa Nacional de Agua y Saneamiento Rural. Vice Ministerio de Construcción y Saneamiento. Lima, Perú.

VMCS (2004). *Política del Sector Saneamiento*. Presentación en el Foro Internacional "Infraestructura de Saneamiento: un desafío pendiente" (27/08/2004). Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. Lima, Perú.

WHO (2005). *Meeting on Small Community Water Supply Management*. World Health Organization. Reykjavik, Iceland.

WSP-EAP (2001). *"Towards sustainability with equity". Proceedings of East Asia Regional Conference, Chiang Mai, Thailand..* Water and Sanitation Program. East Asia and the Pacific. Jakarta, Indonesia.

ANEXO 1:**PATRONES DE DAÑOS EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE RURAL:
OTRAS EXPERIENCIAS EN AMERICA LATINA**

Dos terremotos en particular han sido tomados como referencia para la comparación de patrones de daños obtenidos con la experiencia del 23 de junio del 2001 en el Sur del Perú: Terremoto de Pujilí, Ecuador (1996) y El Salvador (2001).

A1.1. EL SALVADOR. TERREMOTOS DEL 13 DE ENERO Y 13 DE FEBRERO DEL 2001.

El sábado 13 de enero del 2001 ocurrió un sismo de magnitud mayor a 7.5 en las costas salvadoreñas que causó daños en este país, Guatemala y Honduras, sintiéndose desde Costa Rica hasta México. En El Salvador se decretó el estado de emergencia nacional. Se registraron edificios agrietados y caminos bloqueados por deslizamientos así como varios muertos y heridos, además de estructuras derrumbadas. Luego de un mes, el 13 de febrero, un segundo terremoto de magnitudes similares incrementó los daños reportados hasta ese momento y agravó las condiciones de salud, siendo el suministro de agua potable muy escaso, tanto en las zonas urbanas como rurales en los departamentos de mayor afectación (OCHA, 2001).

Luego de la ocurrencia de estos eventos, la Red de Agua y Saneamiento de El Salvador evaluó la situación de 138 sistemas rurales de agua potable pertenecientes a 13 de los 14 departamentos del país. Los resultados de dicha evaluación reflejan que más del 54% de los sistemas afectados (75 del total de 138) reportaron algún tipo de afectación, debiendo restringir o suspender sus servicios (OPS; 2003). Dichos impactos se produjeron en:

- Fuentes de abastecimiento
- Líneas de conducción, impulsión y aducción
- Tanques de almacenamiento
- Redes de distribución
- Sistema eléctrico (asociado a los sistemas de bombeo)
- Equipos (de bombeo y cloración)

Del mismo modo, la Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) del Salvador, realizó un levantamiento de información sobre los daños reportados en los sistemas rurales de abastecimiento de agua (ANDA, 2001). De 122 sistemas analizados, y el reporte de 418 componentes, se pudo evidenciar daños en:

- Líneas de Conducción
- Estructuras de Almacenamiento
- Fuentes y estructuras de captación
- Redes de distribución

Ambos trabajos coinciden en indicar que los mayores daños se presentaron en las fuentes de abastecimiento (y estructuras de captación) y las líneas de conducción o impulsión).

Tabla A1.1. Componentes afectados por el terremoto del 13 de enero del 2001.

COMPONENTE	Nº sistemas afectados	% afectación ¹⁰
Fuente de abastecimiento	22	15.9
Línea aductora o impelencia	14	10.1
Equipo de bombeo	13	9.4
Tanques	12	8.7
Red de distribución	10	7.2
Sistema eléctrico	8	5.8

Coincidentemente con otras experiencias similares, el levantamiento de datos en los sistemas de agua afectados no ha permitido hacer un análisis más exhaustivo del tema, resumiéndose a reportar los daños ocurridos.

¹⁰ Referido al total de 138 sistemas evaluados (OPS, 2003).

A1.2. ECUADOR. TERREMOTOS DEL 28 DE MARZO DE 1996.

El 28 de marzo de 1996, un sismo de magnitud de 5.7 grados afectó gravemente la provincia de Cotopaxi, Ecuador, causando severos daños en las viviendas y la infraestructura de la zona. En esta provincia se ubican alrededor de 90 sistemas rurales de abastecimiento de agua potable, bajo la supervisión de la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental (SSA) del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador (MIDUVI), de los cuales 35 fueron afectados y 10 dejaron de proveer totalmente el suministro de agua (OPS, 1997).

La Organización Panamericana de la Salud y el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador desarrollaron el estudio de caso para siete sistemas rurales afectados por el evento sísmico. Dicha experiencia y el trabajo realizado arrojaron los siguientes resultados:

Tabla A1.2. Daños reportados en sistemas de abastecimiento de agua rural (Cotopaxi, Ecuador).

COMPONENTE	DAÑO REPORTADO
Captación	Cambio de sitio en el afloramiento del agua. Aumento o disminución del caudal. Aparición de nuevos manantiales. Agrietamiento en muros de captación en intersecciones de los muros. Deslizamientos que produjeron destrucción total de estructuras Activación de nuevos deslizamientos que produjeron rotura parcial o total de las tuberías.
Línea de Conducción	Caída de rocas originaron grietas en algunos tramos, desestabilizando terrenos Crecidas de los ríos por deslizamientos impactaron las tuberías en pasos elevados. No se observó daño físico directo en estructuras de almacenamiento
Almacenamiento – Tratamiento.	Colmatación de filtros por incremento en turbiedad de agua de río. Paralización de mantenimiento de tanques y planta por atender otras facetas de la emergencia
Distribución y conexiones domiciliarias	Caída de tuberías de PVC colgantes en pasos de quebrada. Rotura de tuberías de fierro galvanizado Rotura de conexiones domiciliarias por caída de casas. Servicios restringidos y suspendidos a causa de daños en otros componentes.

ANEXO 2:**LEVANTAMIENTO DE INFORMACION DE CAMPO.**

El presente anexo muestra los formatos utilizados para el levantamiento de información recopilada en el trabajo de campo, el mismo que fue realizado entre agosto y octubre del 2005 dentro del trabajo con la Organización Panamericana de la Salud, y presentado a través de un Informe Final de Consultoría con fecha de octubre 2005.

Las comunidades y sistemas objeto de las visitas conducentes al levantamiento de información fueron los siguientes:

Tabla A2.1. Localidades incluidas en el levantamiento de información de campo

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	TIPO DE SISTEMA ¹
Arequipa	Arequipa	Pocsi	Tuctumpaya	GST
			Piaca	GST
	Camaná	Mariscal Cáceres	San José	BST
			San Isidro	BCT
		José María Quimper	El Cardo	BST
			El Puente	BST
	Caraveli	Cháparra	Cháparra	GST
		Caraveli	Chuñño	GST
			Caraveli	GST
	Moquegua	Mariscal Nieto	Cuchumbaya	Cuchumbaya
Sacuaya				GST
Yojo				GST
Huatalaque				GST
Quebaya				GST
General Sánchez Cerro		Puquina	Subín	GST
			Chilata	GCT
			Orlaque	GST
			La Capilla	GST
		La Capilla	La Capilla	GST

¹ Se identificaron los siguientes sistemas: Gravedad Sin Tratamiento (GST); Gravedad Con Tratamiento (GCT); Bombeo Sin Tratamiento (BST); y Bombeo Con Tratamiento (BCT)

A2.1. RECOPIACION DE INFORMACION DE CAMPO.

A continuación se muestran los formatos utilizados para el levantamiento de información de campo, los cuales fueron diseñados para dicho fin específico como parte de la consultoría anteriormente mencionada.

FORMATO PARA LA RECOPIACION DE INFORMACION DE CAMPO.

PERSONAS A CONTACTAR DURANTE LA VISITA

- **PERSONAL DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL** encargada o relacionada con los sistemas de agua y saneamiento. De preferencia, esta persona será contactada con anticipación previa coordinación telefónica.

Objetivo del contacto:

Contrastar la información acerca de la comunidad elegida dentro de su jurisdicción, verificar la existencia de información técnica en los archivos de su institución (municipalidad distrital) y, coordinar las visitas a la comunidad. De ser el caso, se pedirá referencia de alguna comunidad que sea de interés y utilidad visitar además de las previamente seleccionadas.

- **MIEMBROS DE LA JASS.** Se buscará contactar con las personas actualmente encargadas de la operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua, así como de aquellas que realizaban esta función al momento que se produjo el sismo el año 2001 y durante años anteriores desde el establecimiento del sistema. Del mismo modo, se buscará contactar al (los) encargado(s) de la administración del sistema.

Objetivo del contacto:

- **OPERADOR DEL SISTEMA.** Levantar información sobre los daños ocurridos en el sistema como consecuencia del evento sísmico u otros de carácter local que hayan podido afectarla, facilitar la inspección y recorrido del sistema, reconocimiento de las amenazas a las que esta sujeta el sistema. (elaboración de mapas de amenaza)

Recopilar información sobre las actividades normales de operación y mantenimiento del sistema, (reparaciones comunes, control de la calidad del servicio) así como los recursos empleados para ello.

- **ADMINISTRADOR DEL SISTEMA.** Levantar información sobre las labores que se dieron para la atención, rehabilitación y/o reconstrucción del sistema, costo de las reparaciones y tiempo durante el cual estuvo suspendido o deteriorado la calidad del servicio. Además, de qué manera se pudo hacer estas intervenciones (fondos propios de la JASS, coordinación con autoridades locales, ONG's, organismos de cooperación técnica, otros).

Del mismo modo, se les hará partícipes de las observaciones e información levantada en el recorrido del sistema, entregándoles copia de los formatos de evaluación para su conocimiento.

Finalmente se recopilará información que permita analizar la capacidad técnica y financiera de la JASS para hacer frente a situaciones de desastres, en especial en los puntos más vulnerables presentes en el sistema.

En la medida de lo posible, se intentará hacer las coordinaciones para que el personal de la municipalidad distrital acompañe la visita y de este modo pueda tener conocimiento de lo realizado.

ADMINISTRACION Y OPERACION DEL SISTEMA

- ¿De qué manera se administra el sistema?

Municipalidad JASS Otro _____

- ¿De qué manera se eligen los miembros de la junta?

- ¿Cuáles son las fuentes de ingresos de la junta y como se determinan? (cuota mensual)

- ¿Con qué recursos (económicos y técnicos) cuenta la junta para afrontar eventualidades en el funcionamiento? ¿Cuál es el nivel de ahorro promedio?

- ¿Qué otros nexos (constantes o esporádicos) tiene la junta a quien recurrir en caso de necesitar de apoyo técnico y/o económico? ¿Han sido efectivos dichos nexos en eventos anteriores?

- ¿Se cuenta con información técnica del sistema (planos de ubicación) y guarda registro de actividades realizadas?

- Labores de Operación / Mantenimiento y frecuencia con la que se realiza

ACTIVIDAD	PERSONAL ENCARGADO	RECURSOS UTILIZADOS	FRECUENCIA

INFORMACION SOBRE LA INSTALACION DEL SISTEMA

- Antigüedad del Sistema / Fecha de Instalación: _____
- Institución proveedora del sistema: _____
- ¿Existió participación de la comunidad en la elección de tecnología/reconocimiento de características locales? ¿De qué manera se realizó esta participación?

- ¿Cómo participó la comunidad en la construcción del sistema? ¿Existió previa capacitación?

INFORMACION DE DAÑOS POR EL TERREMOTO DE 23 DE JUNIO DE 2001

- ¿Existe algún registro de los daños ocurridos en el sistema? ¿Cómo se realizó?

- ¿Se rehabilitó el sistema por parte de la junta/comunidad (capacidades locales)? ¿Qué labores de rehabilitación se realizaron?

- ¿En qué tiempo se recuperó la operatividad del sistema? ¿Costo aproximado de las obras?

- Principales daños en sistema de agua potable. Especificar componente y tipo de daño

- ¿La rehabilitación se realizó con apoyo externo? ¿Qué obras se ejecutaron?

- ¿Las obras realizadas modificaron condiciones de los componentes intervenidos?

- Las obras realizadas:

- Restablecieron el servicio a niveles menores a los iniciales
- Restablecieron el servicio al mismo nivel inicial
- Mejoraron la calidad del servicio

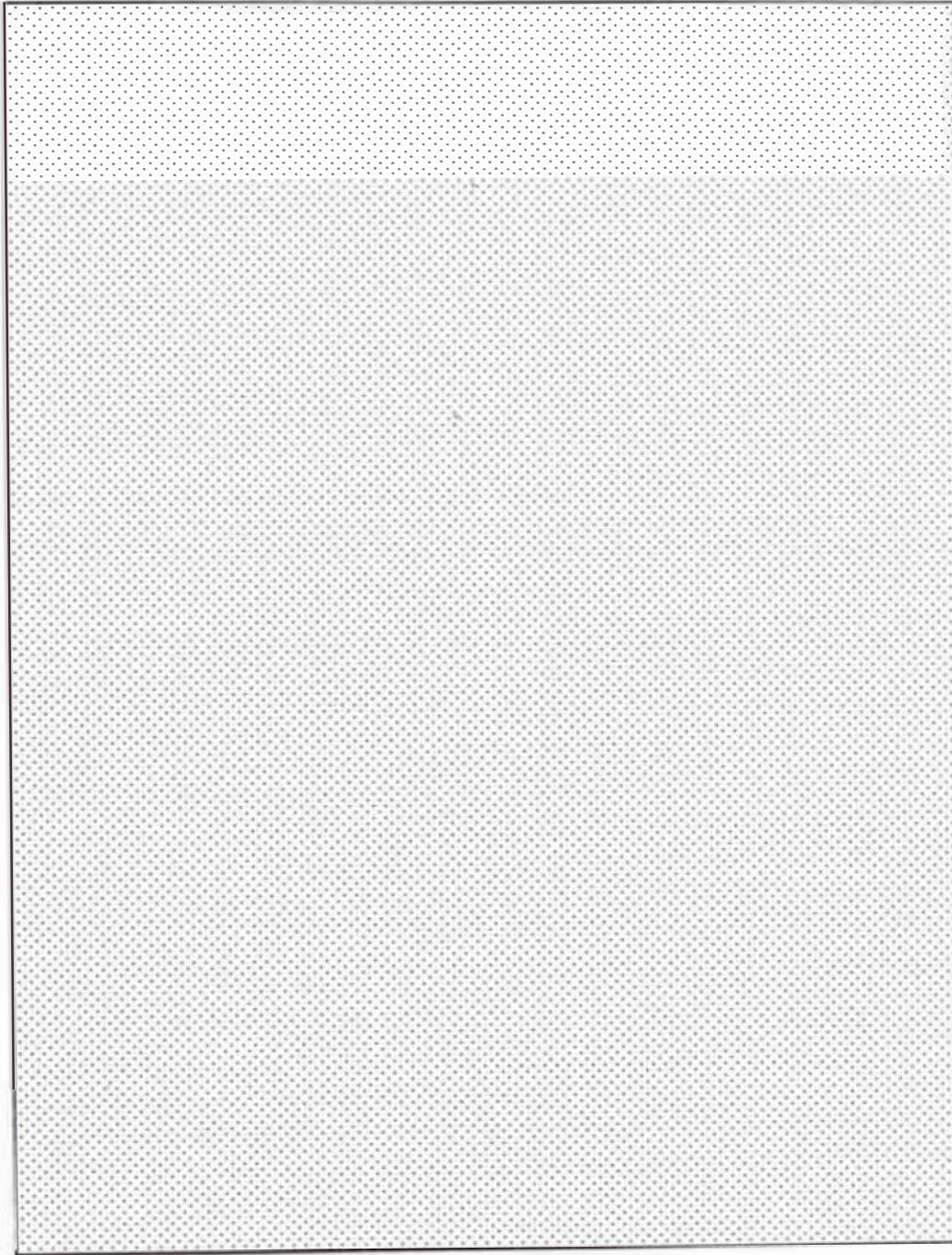
	calidad	continuidad	c. operación
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

cantidad cobertura

Observaciones:

INSPECCION FISICA DEL SISTEMA. DESCRIPCION DE AMENAZAS Y DAÑOS PASADOS**ESQUEMA DEL SISTEMA. DESCRIPCION Y UBICACIÓN ESPACIAL DE LOS COMPONENTES.**

Nota: De contar con un esquema, plano referencial con que cuente la localidad, incluirlo y contrastarlo con las observaciones de campo.



FUENTE:

Tipo de Fuente: Superficial Subterránea

• Fuente Superficial:
¿De qué tipo de fuente se trata? ¿Existe otro uso de la fuente? ¿Cuál?

• Fuente subterránea:
Tipo de fuente: Pozo Manantial
Tipo de Pozo/ Manantial: _____

Daño / Impacto reportado como consecuencia del sismo:

Observaciones:

CAPTACION:

Existe alguna estructura para la captación de la fuente

Descripción de las características físicas de la unidad de captación

Descripción del impacto/daños reportados como consecuencia del terremoto.

Descripción de labores para la rehabilitación/recuperación

Descripción visual de la zona circundante a la ubicación de la estructura de captación.

Existe material suelto / terreno deleznable sobre la estructura de captación.
Es posible proteger la unidad de captación del impacto de este material.
Se tienen instaladas medidas para evitar que estos impactos ocurran.
La estructura está ubicada sobre terreno estable, existe erosión en la base.

Otros:

LINEA DE CONDUCCION:

Material: _____

Dimensiones (aprox) _____

Prof. Instalación _____

(analizar posibilidad de realizar calicatas)

Descripción del impacto/daños reportados como consecuencia del terremoto.

Descripción de labores para la rehabilitación/recuperación

Tramo inicial: A la salida de la unidad de captación

- Longitud aproximada en alcanzar la profundidad máxima: _____
- ¿Existe caja de válvulas?, ¿existen tramos expuestos a la salida de la misma? _____
- Condiciones en el perímetro de la zona de instalación (Amenazas)

Tramo intermedio:

- Profundidad media de instalación : _____
- ¿Existen tramos expuestos/poco profundos? _____
- ¿Existen accesorios inadecuados, improvisados? _____
- Características especiales del trazado de la línea de conducción
(paralelo al camino, canales, pasos elevados, cruces por terrenos deleznable, presencia de rocas)

Tramo final: A la llegada a la siguiente unidad (reservorio, caja de repartición, tratamiento)

- Longitud aproximada en alcanzar la profundidad máxima: _____
- ¿Existe caja de válvulas?, ¿existen tramos expuestos a la salida de la misma? _____
- Condiciones en el perímetro de la zona de instalación (Amenazas)

Observaciones:

CAMARAS ROMPE PRESION. CAJAS DISTRIBUIDORAS DE CAUDAL

Material:

Dimensiones:

Características ubicación: (presencia de rocas sueltas, zonas de ladera, terreno deleznable u otra amenaza)

Características de la unidad:

- ¿la unidad cuenta con rebose?
- ¿Dónde se produce la descarga de la tubería de rebose?

• La estructura física presenta:

Fisuras / rajaduras Filtraciones a través de las fisuras

Estas pueden ser atribuidas a:

Otras observaciones:

Descripción del impacto/daños reportados como consecuencia del terremoto.

Descripción de labores para la rehabilitación/recuperación

RESERVORIO – UNIDAD DE ALMACENAMIENTO

Material:
Dimensiones (capacidad):
Ubicación:

Características de la unidad:

- ¿la unidad cuenta con rebose?
- ¿Dónde se produce la descarga de la tubería de rebose?

- La estructura física presenta: Fisuras / rajaduras
Filtraciones a través de las fisuras

Estas pueden ser atribuidas a:

Observaciones

Descripción del impacto/daños reportados como consecuencia del terremoto.

Descripción de labores para la rehabilitación/recuperación

CAJA DE VALVULAS

Material:
Dimensiones:
Ubicación:

CONDICIONES DE LA CAJA DE VÁLVULAS

- ¿tiene tapa, de que material es esta? _____
- ¿en qué condiciones se encuentran los accesorios?

Descripción del impacto/daños reportados como consecuencia del terremoto.

Descripción de labores para la rehabilitación/recuperación

LINEA DE ADUCCION / RED DE DISTRIBUCION

Material:

Dimensiones (aprox)

Prof. instalación

(analizar posibilidad de realizar calicatas)

Tramo inicial: A la salida del reservorio.

- Longitud aproximada en alcanzar la profundidad máxima: _____
- ¿Existe caja de válvulas?, ¿existen tramos expuestos a la salida de la misma? _____
- Condiciones en el perímetro de la zona de instalación (amenazas)

Tramo intermedio:

- Profundidad media de instalación : _____
- ¿Existen tramos expuestos/poco profundos? _____
- ¿Existen accesorios inadecuados, improvisados? _____
- Características especiales del trazado de la línea de conducción
(paralelo al camino, canales, pasos elevados, cruces por terrenos deleznales, presencia de rocas)

Descripción del impacto/daños reportados como consecuencia del terremoto.

Descripción de labores para la rehabilitación/recuperación

RED DE DISTRIBUCION

- Tipo de Red (ramificada / mallas): _____
- Profundidad de instalación (cm): _____
- * Accesorios – Válvulas en la Red. Características y condiciones

Descripción del impacto/daños reportados como consecuencia del terremoto.

Descripción de labores para la rehabilitación/recuperación

Observaciones:

A2.1. INFORMACION DE CAMPO RECOPIADA.

Finalmente, los resultados del levantamiento de información mediante la inspección del sistema y la entrevista con los miembros de las juntas de administración y gestión de los sistemas, así como con los operadores los mismos, se muestra a continuación.

- **ADMINISTRACION DE LOS SISTEMAS.** Cerca del 90% de los sistemas visitados cuenta con una Junta Administradora u otra organización comunal que se encargue de la operación y mantenimiento de los sistemas, asimismo son estas organizaciones quienes se han hecho cargo por la rehabilitación inmediata del sistema cuando este se ha visto afectado por el terremoto de junio del 2001 y otros desastres naturales pasados.

Tabla A2.2. Administración de los sistemas rurales de agua potable.

TIPO DE ORGANIZACIÓN QUE ADMINISTRA EL SISTEMA	Nº	%
Empresa de Agua (EPS)	1	5
Administración Municipal	4	23
Junta Administradora – Comité de Agua Potable	12	67
No cuenta con ninguna Organización reconocida por la comunidad	1	5
Total	18	100

En la mayoría de los casos en que los sistemas fueron administrados por Juntas o Comités de Agua Potable, sus miembros eran designados por elección de la comunidad por un período de 2 años; y estos son los responsables por el manejo económico y el funcionamiento del sistema de agua potable.

En los casos en que las comunidades contaran con instalaciones de saneamiento (alcantarillado, letrinas), estas organizaciones figuraban como responsables de estos servicios.

- **CAPACIDADES TECNICAS DE LAS JUNTAS U ORGANIZACIONES ADMINISTRADORAS.** Las juntas o comités administradores de agua potable carecen de información técnica sobre los sistemas que están a su cargo; siendo la operación y el mantenimiento realizados de manera empírica, muchas veces sin llevarse un registro de ocurrencias y recayendo en la memoria de las

personas que se encargan de dichas tareas; sin embargo cuando existe un cambio en este personal, este conocimiento es difícilmente transferido.

Tabla A2.3. Capacidades técnicas de operación y mantenimiento.

CAPACIDADES TECNICAS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	
Tienen información técnica para labores de O&M (planos, manuales de operación, etc.)	11%
Cuentan con registro de labores de operación y mantenimiento	22%
Cuentan con materiales para reparación de averías ²	66%
Necesitan de asistencia técnica externa para mantenimiento de equipos ³	100%

Cuando en la configuración del sistema existe equipamiento especial (como equipos de bombeo por ejemplo), el mantenimiento correctivo del mismo debe ser suministrado por personal externo, y la disponibilidad del mismo depende sobre todo de los recursos con que la junta disponga. En caso de emergencias, como el terremoto del 2001 por ejemplo, este tipo de asistencia técnica fue determinante en el restablecimiento del servicio, cuando los sistemas lo requirieron, el cual pudo tardar más de 3 meses para que el personal capacitado pueda rehabilitar los daños ocurridos (especialmente en sistemas de bombeo) o que las juntas o entidades administradoras puedan costear dichas intervenciones.

En cuanto a las capacidades económicas de las Juntas Administradoras o Comités de Agua Potable, estas carecen de una fuente de recursos estable para poder hacer frente a reparaciones de mayor envergadura que pudieran darse como consecuencia de un desastre natural.

De manera general, las comunidades carecen de capacidad de ahorro para afrontar reparaciones en sus sistemas, y las que se efectúan dependen del aporte puntual de los usuarios para adquisición de materiales.

De los 12 sistemas que son administrados por la propia comunidad y que son incluidas en el presente informe, sólo 2 manifestaron contar con recursos

² Estos materiales son los indispensables para poder efectuar reparaciones menores en el sistema de agua (tramos de tubería, pegamento, etc.); sin embargo, no están en capacidad de poder asumir reparaciones mayores como las ocurridas antes un desastre natural

³ Referidos al total de 4 sistemas que tienen equipos de bombeo necesario para la operación del sistema.

suficientes para hacer frente a reparaciones mayores en casos de emergencia. Aquellos sistemas cuya administración depende de gobiernos distritales pueden hacer estas reparaciones usando recursos directos de esta institución.

- **VULNERABILIDAD ACTUAL DE LOS SISTEMAS.** Mediante la visita y el recorrido de las instalaciones de los sistemas se levantó información de las condiciones actuales del sistema así como se valoró las amenazas a las que pudieran encontrarse sometidas, las mismas que han sido evaluadas según la metodología propuesta en el Anexo 2 del presente documento.

A modo de resumen, se muestra la siguiente tabla con las principales vulnerabilidades encontradas entre los diferentes sistemas.

Tabla A2.4. Vulnerabilidad de los componentes en los sistemas visitados.

SISTEMA	COMPONENTE VULNERABLE			
	Fuente Captación	L. Conducción	Reservorio	L. Aducción R. Distribución
Tuctumpaya	x	x		
San José	x			
Subín	x	xx		
Oraque	x	xxx	x	
Chilata	x		x	xx
Chaparra	x	xxx	x	
El Cardo	x			
Piaca		x		
El Puente	x		x	
San Isidro		x		x
Caravelí		xxx		
Chuñuño	x	xx		
Huatalaque	x			
Yojo	xx	xxx		
Quebaya		x		
Sacuaya	x	xxx		x
Cuchumbaya	x	xx		
La Capilla		xxx	x	
# sistemas	14	14	5	3

Nota: Las marcas indican mayor vulnerabilidad a algún fenómeno natural (sismos, caída de rocas, deslizamientos, erosión e inundaciones). A más marcas, mayor vulnerabilidad.

En el cuadro anterior vemos que los mayores riesgos dentro de un sistema de abastecimiento de agua potable se encuentran identificados en las unidades de

captación y líneas de conducción, siendo además que estos se encuentran ubicados en zonas a relativa distancia del asentamiento poblacional.

Dado que la extensión geográfica del sistema es mayor que la que el núcleo poblacional por si mismo, es comprensible que las amenazas a las que se ve sometido el sistema sean diferentes, y a veces mayores que las que de la población misma.

De las visitas realizadas se identificaron las siguientes amenazas como las más representativas y que pueden afectar a los sistemas de abastecimiento de agua rurales

Tabla A2.3. Amenazas identificadas en los sistemas visitados.

	AMENAZAS IDENTIFICADAS ⁴			
	Movimiento sísmico ⁵	Deslizamiento Caída de rocas	Deslizamiento Huaycos	Inundación/erosión por crecida de río
# sistemas	18	14	13	5

- **DE LA RESPUESTA A LA EMERGENCIA EN EVENTOS ANTERIORES: REHABILITACION – RECONSTRUCCION.** Tomando como base la emergencia en el terremoto de Junio del 2001 que afectó los sistemas rurales incluidos en el presente trabajo, analizaremos de qué manera se dio la atención a la emergencia y la posterior rehabilitación re reconstrucción de los componentes afectados en los sistemas de abastecimiento de agua potable.

Según se informó en las visitas de campo, el levantamiento de información sobre los daños que ocurrieron en los sistemas de agua afectados no se realizó de manera coordinada. En algunos casos se pudo tomar conocimiento de algunas labores de Defensa Civil y el Ministerio de Salud por recopilar información sobre las condiciones de operatividad de los sistemas con

⁴ Las amenazas se identificaron por observación del sistema y por recopilación de información sobre eventos ocurridos en años anteriores que pudieron afectar el sistema de abastecimiento de agua

⁵ El 100% de sistemas se consideraron con amenaza por movimientos sísmicos, dada su ubicación en una zona de actividad sísmica.

posterioridad al terremoto; sin embargo no se pudo tener un recuento del tipo de daño que estos sufrieron.

Sólo las autoridades locales (gobiernos municipales) pudieron tomar conocimiento de los daños que se suscitaron en cada uno de los sistemas afectados por información proporcionada por las propias comunidades en requerimiento de ayuda para la recuperación de los sistemas.

Las rehabilitaciones inmediatas fueron, en la mayoría de los casos, efectuadas por las propias comunidades con los recursos con los que contaban al momento del evento (reparación artesanal de fugas en tuberías), teniendo que esperar por apoyo externo para la rehabilitación de otras estructuras afectadas como unidades de captación, reservorios o daños mayores en las tuberías de agua.

En muchos casos, la propia comunidad, mediante el aporte de los usuarios, pudo adquirir los materiales para reparaciones mayores, careciendo muchas veces de apoyo técnico para ello; en otros tantos, el aporte de las municipalidades distritales en la donación de materiales fue la fuente de recursos para la rehabilitación de sistemas.

Los proyectos de reconstrucción de sistemas han sido realizados generalmente con financiamiento externo (ORDESUR, CTAR Moquegua, MINSA-OPS), sólo en 1 caso se indicó que la comunidad pudo asumir los costos de la reconstrucción de los componentes afectados.

Aquellas comunidades que no pudieron contar con nexos para la reconstrucción de sus sistemas, persisten en deficiencias en los mismos, pudiéndose apreciar que los daños se encuentran hasta el día de hoy.

ANEXO 3:

PROPUESTA PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZAS, VULNERABILIDAD, CAPACIDADES Y VALORACION DEL RIESGO EN SISTEMAS RURALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.

Se muestra la propuesta para la valoración del riesgo en sistemas rurales de abastecimiento de agua. Esta es una adecuación de “Metodología para el análisis de riesgo y vulnerabilidad de sistemas de agua potable y saneamiento”¹⁶:

A3.1. VALORACION DE AMENAZAS.

Para valorar una amenaza se tomarán su frecuencia y la significancia como factores determinantes.

A. **FRECUENCIA DE LA AMENAZA (FA):**

Los siguientes valores pueden ser usados para las distintas amenazas.

Tabla A3.1. Valoración de frecuencias

Frecuencia	Definición	Casos/Año – Frecuencia	Valor
Improbable	Difícil que ocurra	Menos de 0.02 o 1 cada 50 años	1
Remoto	Baja probabilidad que ocurra	Entre 0.02 y 0.05 (1 vez entre 20 y 50 años)	2
Ocasional	Limitada probabilidad de ocurrencia	Entre 0.05 y 0.2 (1 vez entre 5 y 20 años)	3
Moderado	Mediana probabilidad de ocurrencia	Entre 0.2 y 1 (1 vez entre 1 y 5 años)	4
Frecuente	Significativa probabilidad de ocurrencia	Entre 1 y 10 veces por año	5
Constante	Alta probabilidad de ocurrencia	Más de 10 casos al año	6

B. **SIGNIFICANCIA DE LA AMENAZA (SA):**

Del mismo modo para valorar de la “significancia” de la amenaza se tomará en cuenta: El TAMAÑO RELATIVO de la Amenaza y su CAPACIDAD DE DAÑO.

¹⁶ “Esta metodología se estructuró en un 100% con base en el Plan Maestro para Manejo de Crisis de las Empresas Públicas de Medellín E.S.P (1999).

Tabla A3.2. Tamaño relativo de la Amenaza

CATEGORÍA	VALOR	DESCRIPCIÓN
Bajo	1	Tiene efectos puntuales sobre el sistema. Sólo un componente o parte de este.
Medio	2	Sus efectos pueden influir más de un componente.
Alto	3	Afecta el sistema en su totalidad, caminos de acceso, población en general.

Tabla A3.3. Capacidad de daño

CATEGORÍA	VALOR	DESCRIPCIÓN
Bajo	1	Efectos puntuales, no compromete la operatividad del sistema ni restringe su uso.
Medio	2	Se restringe el acceso al componente del sistema afectado y puede perderse la capacidad de operación del mismo en las 48 horas posteriores al evento.
Alto	3	El evento produce la pérdida de operatividad del sistema en su totalidad por un tiempo mayor a 48 horas.

Tabla A3.4. Valoración de la Significancia de la Amenaza.

Tamaño Relativo	Alto	3	3	6	9
	Medio	2	2	4	6
	Bajo	1	1	2	3
			1	2	3
			Bajo	Medio	Alto
			Capacidad de daño		

C. VALORACION DE LA AMENAZA:

Tomando el valor real de la amenaza como el producto de la SIGNIFICANCIA de la misma y la FRECUENCIA con la cual esta se presenta, se propone la siguiente escala de valores:

Tabla A3.5. Valoración de Amenazas

AMENAZA	SA x FA	VALORACION
Baja	De 1 a 4	1
Media Baja	De 5 a 15	3
Media	De 16 a 25	5
Media Alta	De 16 a 30	7
Alta	Mayor de 30	9

A3.2. VALORACION DE VULNERABILIDADES

Adoptando la definición de vulnerabilidad como “el factor de riesgo interno que tiene una población, infraestructura o sistema expuesto a una amenaza, siendo susceptible de sufrir daño”, la valoración de esta en un sistema de agua potable rural, será de acuerdo a las características de los componentes que lo constituyen:

De manera similar, tomaremos la vulnerabilidad de un componente determinado como la función de sus características físicas y las condiciones en las cuales se encuentra dispuesto.

- **CONDICIONES FÍSICAS (CF):** Las condiciones físicas, tal y como se propone la valoración siguiente, se encuentran en función de las características de los materiales de los que se componen, la calidad de construcción/instalación y la complejidad en cuanto a la operación del sistema

Tabla A3.6. Valoración de condiciones físicas.

CATEGORÍA	VALOR	DESCRIPCIÓN
Bajo	1	Los materiales o estructuras que componen el componente analizado, así como la calidad de la construcción o instalación son los adecuados según su uso. No se requiere de supervisión técnica especializada para la operación y mantenimiento del sistema ¹⁷ .
Medio	2	Los materiales usados son los óptimos pero presenta deficiencias en cuanto a la calidad de construcción o instalación. Existencia de unidades y equipos cuyo mantenimiento requiera de personal especializado.
Alto	3	Materiales inadecuados (poco resistentes o deteriorados) para su uso en abastecimiento de agua potable y la calidad de construcción o instalación deficiente. Existencia de unidades y equipamiento cuya operación regular requiera de personal calificado.

- **CONDICIONES DE UBICACIÓN (CU):** Referida a las características del entorno en el que se desarrolla cada componente y las facilidades de acceso al mismo.

Tabla A3.7. Valoración de condiciones de ubicación.

CATEGORÍA	VALOR	DESCRIPCIÓN
Adecuada	1	Las características del entorno en el cual se ubica el componente no comprometen la integridad física u operacional del mismo (ubicado en terrenos estables y resistentes, de fácil acceso para mantenimiento y operación)
Aceptable	2	El entorno cercano al componente presenta factores que comprometen su estructura u operatividad (presencia de terrenos deleznable en los alrededores, presencia de rocas sueltas, cruces aéreos sobre quebradas o cursos de agua activos); existen algunas restricciones en el acceso del componente para su mantenimiento y operación.
Inadecuada	3	La ubicación en que se sitúa el componente se presenta inestable y compromete la condición física del componente (instalado sobre terrenos deleznable o poco resistentes, en quebradas de deslizamientos activos que de manera recurrente afectan el sistema); acceso restringido o difícil al componente para su mantenimiento u operación.

¹⁷ Referida a la existencia de unidades y equipos que necesiten capacidades técnicas distintas de las que dispone la comunidad de manera constante.

A. VALORACION DE VULNERABILIDAD:

La valoración propuesta es el producto de las valoraciones correspondientes a las Condiciones Físicas (CF) y las Condiciones de Ubicación (C.U.)

Tabla A3.8. Valoración de la Vulnerabilidad.

Condiciones de Ubicación	Inadecuada	3	3	6	9
	Aceptable	2	2	4	6
	Adecuada	1	1	2	3
			1	2	3
			Bajo	Medio	Alto
			Condiciones Físicas		

A3.3. VALORACION DE CAPACIDADES

Las capacidades de la comunidad, a través de la Junta, Comité u otra Organización encargada de la Administración, Operación y Mantenimiento del Sistema de Agua Potable son relevantes para la determinación del riesgo de un sistema que puede presentar daños y/o pérdidas que comprometan su posterior sostenibilidad.

Para efectos de la presente propuesta, evaluaremos las capacidades económico/financieras; técnicas y la factibilidad para recibir ayuda externa cuando se requiera. Las primeras se traducirán en la disponibilidad de materiales para la rehabilitación del sistema si es que este se viera afectado por el impacto de una amenaza; mientras que las técnicas se refieren a la disponibilidad de información y capacidades técnicas para recuperar la operatividad del sistema. La factibilidad de recibir ayuda externa se refiere a vínculos con autoridades locales, organismos de cooperación técnica, etc., que puedan brindar asistencia en caso de emergencias.

- **CAPACIDADES ECONOMICO/FINANCIERAS (CE):** Están referidas a la disponibilidad, por parte de la Junta, de recursos económicos, materiales e insumos para la rehabilitación del sistema.

Tabla A3.9. Valoración de las capacidades económico/financieras

CATEGORÍA	VALOR	DESCRIPCIÓN
Bajo	1	La Junta no posee materiales para el mantenimiento regular del sistema (reparación de fugas, reposición de valvulería, etc.), ni cuenta con un nivel de ahorro promedio que le permita proveerse de los mismos en un tiempo menor de 48 horas.

CATEGORÍA	VALOR	DESCRIPCIÓN
Medio	2	Se cuenta con materiales suficientes para la reparación de daños menores en el sistema (rehabilitación de daños puntuales en tuberías, reposición de válvulas) y/o se cuenta con recursos económicos para la adquisición de los mismos en las siguientes 48 horas luego de producida el evento. Se cuenta con las herramientas necesarias para la operación y mantenimiento.
Alto	3	Se cuenta con materiales suficientes para reparación de daños de magnitud media (daño en estructuras de concreto, reposición de tubería mayor al 5% de la longitud total o mayor a 100m).

- **CAPACIDADES TECNICAS (CT):** Se refiere a las herramientas y capacidades para la operación y mantenimiento correctos del sistema, tomando como base la operación normal del mismo.

Tabla A3.10. Valoración de las capacidades técnicas

CATEGORÍA	VALOR	DESCRIPCIÓN
Bajo	1	No se cuenta con información técnica del sistema (planos de ubicación, características de los componentes) para la operación y mantenimiento regular del sistema. No se cuenta con personal técnico necesario para la operación y mantenimiento regular del sistema ¹⁸ . No se dispone de herramientas para la operación y mantenimiento.
Medio	2	Se cuenta con información técnica básica del sistema (planos de ubicación y distribución de componentes). El personal requerido para el mantenimiento del sistema puede acudir a la asistencia técnica en un lapso de 48 horas. La junta cuenta con herramientas básicas para la operación y mantenimiento
Alto	3	Se cuenta con información técnica del sistema para su operación y mantenimiento (planos, manuales y especificaciones para la operación y mantenimiento de los componentes). El personal que opera el sistema está capacitado para la operación de todos los componentes y equipos del sistema. Se cuenta con herramientas para la rehabilitación de todos los componentes.

- **FACTIBILIDAD DE APOYO EXTERNO (AE):** Referido a la capacidad de contar con apoyo de instituciones o autoridades locales que asistan a la Junta en la rehabilitación del sistema, sea con apoyo económico o técnico.

Tabla A3.11. Valoración de la factibilidad de apoyo externo.

CATEGORÍA	VALOR	DESCRIPCIÓN
Bajo	1	No se cuentan con nexos para el apoyo externo o estos no han sido efectivos en eventos pasados.
Medio	2	La junta cuenta con nexos instituciones y autoridades locales que puedan asistir la reconstrucción de los componentes afectados.
Alto	3	Coordinación constante con autoridades e instituciones locales para la operación y mantenimiento del sistema que puedan brindar apoyo económico y técnico para la rehabilitación del sistema.

¹⁸ Referido a la operación y mantenimiento de unidades y equipos necesarios para el funcionamiento del sistema (unidades de tratamiento, equipo electromecánico, etc.)

- **VALORACION DE CAPACIDADES:** De acuerdo a las factores antes mencionadas, se propone la siguiente tabla para la valoración de las capacidades de la Junta para afrontar la rehabilitación y reconstrucción de un sistema de abastecimiento de agua potable afectado por las amenazas anteriormente señaladas.

Tabla A3.12. Valoración de las Capacidades

CAPACIDADES	CT x CE x AE	VALORACION
Alta	Mayor de 20	9
Media	De 9 a 18	5
Media Baja	De 4 a 8	3
Baja	De 1 a 3	1

A3.4.VALORACION DEL RIESGO

Finalmente, en base a las valoraciones anteriormente asignadas, y partiendo de la definición de riesgo como la interacción de las AMENAZAS, VULNERABILIDADES y CAPACIDADES (donde el incremento de este último factor contribuye a la reducción del riesgo), se plantea una valoración el riesgo como el producto de la AMENAZA Y VULNERABILIDAD dividido entre las CAPACIDADES.

$$\text{Riesgo} = f(\text{Amenaza, Vulenarbilidad, Capacidades}) = \frac{\text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}}{\text{Capacidades}}$$

Con lo cual tenemos que el riesgo puede tomar valores mayores a 0 (riesgo nulo) y 81, para los cuales se propone la siguiente clasificación.

Tabla A3.13. Valoración del Riesgo

RIESGO	VALOR
Mínimo	Menor de 5
Bajo	De 5 a 10
Medio Bajo	De 10 a 15
Medio	De 15 a 20
Media alto	De 20 a 30
Alto	De 30 a 50
Muy Alto	Mayor de 50

ANEXO 4:

CÁLCULOS AUXILIARES EN LA EVALUACIÓN BENEFICIO-COSTO.

Para la evaluación beneficio costo han sido elaborados presupuestos, análisis de precios unitarios y otras consideraciones para el establecimiento de las dos alternativas planteadas y mostradas en el capítulo 5. Estos cálculos auxiliares se muestran a continuación.

Tabla A4.1. Presupuesto Alternativa "A".

ITEM	Un.	METRADO	P.U.	SUB-TOTAL	
Instalación del sistema (1994)					13,882.79
Captación					646.18
Trazo y replanteo	m	6.72	0.37	2.50	
Excavación manual en t. cultivo (h=0.60m)	m ³	0.50	9.46	4.73	
Estructura mampostería ^a	und	1.00	383.04	383.04	
Relleno con material granular	m ³	0.25	23.62	5.91	
Caja de válvulas y accesorios. ^b	glb	1.00	250.00	250.00	
Línea de conducción					10,809.39
Trazo y replanteo	m	1,500.00	0.37	558.23	
Excavación manual de zanja (h=0.40m)	m	1,500.00	2.23	3,340.17	
Suministro e instalación de tubería	m	1,500.00	2.97	4,460.50	
Relleno y compactación de zanja	m	1,500.00	1.63	2,450.49	
Reservorio					2,427.23
Trazo y replanteo	m	30.00	0.37	11.16	
Excavación manual en t. natural (h=0.40m)	m ³	3.00	14.19	42.56	
Estructura de mampostería ^a	und	1.00	1,573.50	1,573.50	
Caja de válvulas y accesorio) ^b	glb	1.00	800.00	800.00	
Atención de la Emergencia (2001)					1,284.53
Proyecto para la desinfección intradomiciliaria de agua ^c	pob beneficiada	120.00	10.70	1,284.53	
Reconstrucción (2003)					10,545.54
Proyecto de reconstrucción del sistema de agua potable de Orlaque ^d	glb	1.00	10,545.54	10,545.54	
Rehabilitación Periódica					26.96
Línea de conducción					
Excavación manual de zanja (h=0.40m)	m	1.00	3.15	3.15	
Retiro de tubería deteriorada	m	1.00	1.52	1.52	
Reparación de tubería	m	1.00	20.69	20.69	
Relleno y compactación de zanja	m	1.00	1.60	1.60	

OBSERVACIONES:

- ^a El costo de las estructuras de mampostería se han considerado como el 50% de su similar de concreto armado.
- ^b El costo de caseta de válvulas y accesorios es el mismo que el considerado en las opciones de rehabilitación.
- ^c El costo del proyecto de desinfección intradomiciliaria de agua se ha obtenido del proyecto “*Medidas para el mejoramiento de la calidad del agua y saneamiento de las poblaciones afectadas por el terremoto de junio 2001 en el sur del Perú*” ejecutado por CEPIS/OPS en la zona afectada.
- ^d Se considera el costo total de la rehabilitación del sistema de Orlaque presentado y ejecutado dentro del proyecto “*Medidas para el mejoramiento de la calidad del agua y saneamiento de las poblaciones afectadas por el terremoto de junio 2001 en el sur del Perú*” ejecutado por CEPIS/OPS en la zona afectada.

Tabla A4.2. Presupuesto Alternativa “B”.

ITEM	Un.	METRADO	P.U.	SUB-TOTAL	
Captación					1,597.63
Trazo y replanteo	m	6.72	0.37	2.50	
Excavación manual en terreno de cultivo (h=1.20m)	m ³	1.00	9.46	9.46	
Concreto caja de válvula f c=140 kg/cm ²	m ³	0.12	182.36	21.88	
Encofrado y desencofrado caja de válvulas	m ²	0.76	16.90	12.84	
Tarrajeo en exterior con cemento-arena	m ²	0.87	15.47	13.46	
Concreto caja de captación f c=175 kg/cm ²	m ³	2.40	202.74	486.58	
Concreto tapa caja de captación f c=140 kg/cm ²	m ³	0.34	182.36	62.00	
Encofrado y desencofrado caja de captación	m ²	15.53	16.90	262.42	
Tarrajeo en exterior con cemento-arena	m ²	7.09	15.47	109.68	
Tarrajeo con impermeabilizante	m ²	8.05	16.89	136.00	
Tapa sanitaria metálica 0.60 x 0.60	und	1.00	115.40	115.40	
Tapa sanitaria metálica 0.30 x 0.30	und	1.00	115.40	115.40	
Accesorios caja de válvulas	glb	1.00	250.00	250.00	
Línea de conducción					10,837.73
Tramo inicial					2,456.32
Trazo y replanteo	m	300.00	0.37	111.65	
Excavación manual de zanja (hasta h=1.20m)	m	100.00	3.09	309.27	
Excavación manual de zanja (hasta h=0.60m)	m	200.00	2.23	445.36	
Suministro e instalación de tubería	m	300.00	2.97	892.10	
Refine y nivelación de zanja	m	300.00	0.56	167.01	
Relleno y compactación de zanja (hasta h=1.20m)	m	100.00	2.04	204.21	
Relleno y compactación de zanja (hasta h=0.60m)	m	200.00	1.63	326.73	
Tramo intermedio					6,438.56
Trazo y replanteo	m	1,000.00	0.37	372.15	
Suministro e instalación de tubería	m	1,000.00	2.97	2,973.67	
Protección de tubería (hasta h=0.60m)	m	1,000.00	3.09	3,092.75	

ITEM	Un.	METRADO	P.U.	SUB-TOTAL	
<i>Tramo final</i>					1,942.84
<i>Trazo y replanteo</i>	<i>m</i>	300.00	0.37	111.65	
<i>Excavación manual de zanja (hasta h=0.60m)</i>	<i>m</i>	200.00	2.23	445.36	
<i>Suministro e instalación de tubería</i>	<i>m</i>	300.00	2.97	892.10	
<i>Refine y nivelación de zanja</i>	<i>m</i>	300.00	0.56	167.01	
<i>Relleno y compactación de zanja (hasta h=0.60m)</i>	<i>m</i>	200.00	1.63	326.73	
Reservorio					5,167.82
<i>Trazo de niveles y replanteo preliminar</i>	<i>m²</i>	1.25	2.03	2.54	
<i>Trazo de niveles y replanteo durante el proceso</i>	<i>m²</i>	0.37	2.71	1.00	
<i>Excavación manual en terreno natural</i>	<i>m³</i>	1.00	14.43	14.43	
<i>Relleno y nivelación c/material propio</i>	<i>m³</i>	0.63	11.44	7.21	
<i>Concreto solado 1:8</i>	<i>m³</i>	0.13	144.15	18.74	
<i>Concreto caja de válvula f c=140 kg/cm²</i>	<i>m³</i>	0.40	182.36	72.94	
<i>Encofrado y desencofrado caja de válvulas</i>	<i>m²</i>	3.92	16.90	66.25	
<i>Tarrajeo en exterior con cemento-arena</i>	<i>m²</i>	4.17	15.47	64.51	
<i>Tapa sanitaria metálica 0.60 x 0.60</i>	<i>und</i>	1.00	115.40	115.40	
<i>Trazo de niveles y replanteo preliminar</i>	<i>m²</i>	7.29	2.03	14.80	
<i>Trazo de niveles y replanteo durante el proceso</i>	<i>m²</i>	1.29	2.71	3.50	
<i>Picado estructura de concreto</i>	<i>m²</i>	36.00	16.98	611.28	
<i>Excavación manual en terreno natural</i>	<i>m[*]</i>	5.83	14.43	84.13	
<i>Relleno y nivelación c/material propio</i>	<i>m³</i>	3.65	11.44	41.76	
<i>Concreto solado 1:8</i>	<i>m³</i>	0.73	144.15	105.23	
<i>Muro de concreto reservorio f c=210 kg/cm²</i>	<i>m³</i>	3.82	334.12	1,276.34	
<i>Encofrado y desencofrado reservorio</i>	<i>m²</i>	30.28	19.69	596.21	
<i>Acero de refuerzo f y=4,200 kg/cm²</i>	<i>kg</i>	229.54	1.57	360.38	
<i>Tarrajeo en exterior con cemento-arena</i>	<i>m²</i>	29.87	15.47	462.09	
<i>Tarrajeo con impermeabilizante</i>	<i>m²</i>	20.53	16.89	346.75	
<i>Tapa sanitaria metálica 0.60 x 0.60</i>	<i>und</i>	1.00	115.40	115.40	
<i>Válvula compuerta de Br. c/r ø 1"</i>	<i>und</i>	2.00	68.23	136.46	
<i>Válvula compuerta Br. ø 2"</i>	<i>und</i>	2.00	79.65	159.30	
<i>Válvula flotadora ø 1"</i>	<i>und</i>	1.00	69.26	69.26	
<i>Codo PVC ø 1" x 90°</i>	<i>und</i>	5.00	9.71	48.55	
<i>Codo PVC sal ø 2" x 90°</i>	<i>und</i>	2.00	14.31	28.62	
<i>Cono de rebose PVC ø 2"</i>	<i>und</i>	1.00	24.08	24.08	
<i>Colocación de accesorio y suministro de ventilación</i>	<i>und</i>	1.00	187.68	187.68	
<i>Canastilla de Br ø 1"</i>	<i>und</i>	1.00	43.28	43.28	
<i>Tubería PVC SAP c-7.5 ø 1"</i>	<i>ml</i>	5.00	4.37	21.85	
<i>Tubería PVC SAP c-7.5 ø 2"</i>	<i>ml</i>	5.00	6.13	30.65	
<i>Hipoclorador</i>	<i>und</i>	1.00	22.25	22.25	
COSTO TOTAL ALTERNATIVA "B"					17,603.18

OBSERVACIONES:

- Las obras correspondientes a la captación y reservorio son equivalentes a las construidas en el proyecto de reconstrucción (CEPIS/OPS, 2003).
- En las siguientes actividades se han tomado las siguientes consideraciones:
 - Captación: excavación manual en terreno de cultivo (50% del metrado inicial)*
 - Captación: *concreto en caja de captación (50% del metrado inicial)*
 - Captación: *encofrado de caja de captación (20% del metrado inicial)*
 - Captación: *tarrajeo con impermeabilizante (20% del metrado inicial)*

**Tabla A4.3. Análisis de costos unitarios:
Trazo y replanteo (Rendimiento: 1000 ml)**

Item	Descripción	Un.	Cantidad	P.U.	Subtotal
1	Cordel	ML	0.10	0.25	0.03
2	Estaca Fe. 3/8" .60 m.	UD	0.10	0.42	0.04
3	Pintura esmalte	GL	0.00	23.73	0.02
	Total Materiales				0.09
4	Jalón	HM	0.02	2.00	0.03
5	Mira metálica	HM	0.01	5.00	0.04
6	Nivel de ingeniero	HM	0.01	6.00	0.05
	Total Maquinaria				0.12
7	Peón	HH	0.01	5.89	0.05
8	Portamira	HH	0.01	6.52	0.05
9	Topógrafo	HH	0.01	7.18	0.06
	Total Mano Obra				0.16
10	Herramientas (% M.O.)	%	0.03	0.16	0.00
TOTAL					0.37

**Tabla A4.4. Análisis de costos unitarios:
Excavación manual en terreno natural. H.máx.=1.80 m (Rendimiento: 4 m³)**

Item	Descripción	Un.	Cantidad	P.U.	Subtotal
1	Capataz	HH	0.13	8.66	1.73
2	Peón	HH	1.33	5.89	11.78
	Total Mano Obra				13.51
3	Herramientas (% M.O.)	%	0.05	13.51	0.68
TOTAL					14.19

**Tabla A4.5. Análisis de costos unitarios:
Excavación manual en terreno de cultivo. H.máx.=1.80 m (Rendimiento: 6 m³)***

Item	Descripción	Un.	Cantidad	P.U.	Subtotal
1	Capataz	HH	0.13	8.66	1.15
2	Peón	HH	1.33	5.89	7.85
	Total Mano Obra				9.01
3	Herramientas (% M.O.)	%	0.05	9.01	0.45
TOTAL					9.46

* por la consistencia más suave del terreno de cultivo se incrementó el rendimiento en 50%.

Tabla A4.6. Análisis de costos unitarios:
Excavación de zanja: H.máx.=0.60 m (Rendimiento: 25 ml)

Item	Descripción	Un.	Cantidad	P.U.	Subtotal
1	Capataz	HH	0.03	8.66	0.28
2	Peón	HH	0.32	5.89	1.88
	Total Mano Obra				2.16
3	Herramientas (% M.O.)	%	0.03	2.16	0.06
TOTAL					2.23

Tabla A4.7. Análisis de costos unitarios:
Excavación de zanja: H.máx.=1.20 m (Rendimiento: 18 ml)*

Item	Descripción	Un.	Cantidad	P.U.	Subtotal
1	Capataz	HH	0.04	8.66	0.38
2	Peón	HH	0.44	5.89	2.62
	Total Mano Obra				3.00
3	Herramientas (% M.O.)	%	0.03	3.00	0.09
TOTAL					3.09

* 30% menor que en la instalación regular de tubería

Tabla A4.8. Análisis de costos unitarios:
Refine y nivelación de zanja. (Rendimiento: 100 ml)*

Item	Descripción	Un.	Cantidad	P.U.	Subtotal
1	Capataz	HH	0.04	8.66	0.38
2	Peón	HH	0.44	5.89	2.62
	Total Mano Obra				3.00
3	Herramientas (% M.O.)	%	0.03	3.00	0.09
TOTAL					3.09

* 30% menor que en la instalación regular de tubería

Tabla A4.9. Análisis de costos unitarios:
Suministro e instalación de tubería. (Rendimiento: 500 ml)

Item	Descripción	Un.	Cantidad	P.U.	Subtotal
1	Cinta teflón	UD	0.25	0.51	0.13
2	Tubería PVC SAP C/R CL-10 Ø 1"	ML	1.05	2.25	2.36
3	Union PVC SAP C/R 1"	UND	0.20	1.27	0.25
	Total Materiales				2.74
4	Capataz	HH	0.00	8.66	0.01
5	Oficial	HH	0.02	7.18	0.11
6	Peón	HH	0.02	5.89	0.09
	Total Mano Obra				0.22
7	Herramientas (% M.O.)	%	0.03	0.22	0.01
TOTAL					2.97

Tabla A4.10. Análisis de costos unitarios:
Protección de tubería (hasta H=0.60m). (Rendimiento: 18 ml)*

Item	Descripción	Un.	Cantidad	P.U.	Subtotal
1	Capataz	HH	0.04	8.66	0.38
2	Peón	HH	0.44	5.89	2.62
	Total Mano Obra				3.00
3	Herramientas (% M.O.)	%	0.03	3.00	0.09
TOTAL					3.09

* 30% menor que en la instalación regular de tubería

Tabla A4.11. Análisis de costos unitarios:

Relleno y compactación de zanja Hasta H=0.60 (manual). (Rendimiento: 100 ml)

Item	Descripción	Un.	Cantidad	P.U.	Subtotal
1	Capataz	HH	0.01	8.66	0.07
2	Oficial	HH	0.08	7.18	0.57
3	Peón	HH	0.16	5.89	0.94
	Total Mano Obra				1.59
4	Herramientas (% M.O.)	%	0.03	1.59	0.05
TOTAL					1.63

Tabla A4.12. Análisis de costos unitarios:

Relleno y compactación de zanja Hasta H=1.20 (manual). (Rendimiento: 80 ml)*

Item	Descripción	Un.	Cantidad	P.U.	Subtotal
1	Capataz	HH	0.01	8.66	0.09
2	Oficial	HH	0.10	7.18	0.72
3	Peón	HH	0.20	5.89	1.18
	Total Mano Obra				1.98
4	Herramientas (% M.O.)	%	0.03	1.98	0.06
TOTAL					1.63

* 20% menor que en la instalación regular de tubería

Tabla A4.13. Análisis de costos unitarios:

Reparación de tubería. (Rendimiento: 1 reparación)*

Item	Descripción	Un.	Cantidad	P.U.	Subtotal
1	Cinta teflón	UD	0.25	0.51	0.13
2	Tubería PVC SAP C/R CL-10 Ø 1"	ML	1.05	2.25	2.36
	Total Materiales				2.49
6	Operador	HH	3.00	5.89	17.67
	Total Mano Obra				17.67
7	Herramientas (% M.O.)	%	0.03	17.67	0.53
TOTAL					20.69

* En las horas hombre del operador se incluye el tiempo de traslado al punto

ANEXO 5:**PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO APLICABLE A LOS PROYECTOS DE
INVERSIÓN PÚBLICA EN CASO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE
DESASTRES.****RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 037-2005-EF/15**

(Publicada en el Diario Oficial "El Peruano" el 05 de febrero de 2005)

**Aprueban Procedimiento Simplificado Aplicable a los Proyectos de Inversión Pública que
apruebe la Comisión Multisectorial de Prevención y Atención de Desastres**

Lima,

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3 de la Ley N° 27293, Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública, dispone que el Ministerio de Economía y Finanzas a través de la Oficina de Inversiones es la más alta autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional de Inversión Pública. Dicta las normas técnicas, métodos y procedimientos que rigen los Proyectos de Inversión Pública;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 158-2001-EF-15 se modificó el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Economía y Finanzas, como consecuencia de la reestructuración organizativa institucional, aprobada por Decreto Supremo N° 071-2001-EF; disponiéndose que la Dirección General de Programación Multianual del Sector Público desarrolle las funciones de la Oficina de Inversiones que le fueran asignadas en el marco de la Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública;

Que, el segundo párrafo de la décimo quinta disposición final de la Ley General del Sistema Nacional de Presupuesto, Ley N° 28411, autorizó al Ministerio de Economía y Finanzas a aplicar un procedimiento simplificado para determinar la elegibilidad de los proyectos de Inversión Pública que apruebe la Comisión Multisectorial de Prevención y Atención de Desastres, creada por el Decreto Supremo N° 081-2002-PCM, a propuesta de la Dirección General de Programación Multianual del Sector Público;

En uso de las facultades conferidas por el Decreto Legislativo N° 183, Ley Orgánica del Ministerio de Economía y Finanzas; la Ley N° 27293, Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública; y la Ley N° 28411, Ley General del Sistema Nacional de Presupuesto;

SE RESUELVE:

Artículo Único.- Aprobar la Directiva N° 00x-200x-EF/68.01, "Procedimiento Simplificado Aplicable a los Proyectos de Inversión Pública que apruebe la Comisión Multisectorial de Prevención y Atención de Desastres", que consta de 10 artículos, una disposición complementaria y 3 anexos y forma parte de la presente Resolución.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

DIRECTIVA N° 002 –2005-EF/68.01**“PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO APLICABLE A LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN PÚBLICA QUE APRUEBE LA COMISIÓN MULTISECTORIAL DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES”****CAPÍTULO 1
DISPOSICIONES GENERALES****Artículo 1.- Objeto**

La presente Directiva tiene por objeto establecer un procedimiento simplificado aplicable a los Proyectos de Inversión Pública incluidos en los Programas aprobados por la Comisión Multisectorial de Prevención y Atención de Desastres, creada por el Decreto Supremo N° 081-2002-PCM.

Artículo 2.- Base Legal

- 2.1 Decreto Legislativo N° 183, Ley Orgánica del Ministerio de Economía y Finanzas.
- 2.2 Ley N° 27293, Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública.
- 2.3 Ley N° 28411, Ley General del Sistema Nacional de Presupuesto.
- 2.4 Decreto Supremo N° 071-2001-EF modificado por Decreto Supremo N° 093-2001-EF; que aprueba la reestructuración organizativa institucional del Ministerio de Economía y Finanzas mediante la cual se modifica la Estructura Orgánica del Viceministerio de Economía.
- 2.5 Decreto Supremo N° 081-2002-PCM, que crea la Comisión Multisectorial de Prevención y Atención de Desastres.
- 2.6 Decreto Supremo N° 157-2002-EF, Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública.
- 2.7 Resolución Ministerial N° 158-2001-EF/15, que Modifica el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Economía y Finanzas.

Artículo 3.- Alcance

La presente Directiva es de aplicación a las entidades y empresas del Sector Público, de los tres niveles de Gobierno, que ejecutan Proyectos de Inversión Pública en el marco de los Programas de Inversiones de Prevención de Daños ante Peligro Inminente, Atención de Emergencias y Rehabilitación, aprobados por la Comisión Multisectorial de Prevención y Atención de Desastres (CMPAD).

Artículo 4.- Particularidades de los Programas y Proyectos

- 4.1. Los Programas de Inversiones de Prevención de Daños ante Peligro Inminente, Atención de Emergencias y Rehabilitación, tienen como objetivo mitigar los posibles o

reales efectos causados por fenómenos naturales o antrópicos de gran magnitud, así como recuperar la infraestructura pública y la capacidad de producción de las localidades afectadas.

4.2. En el marco de las atribuciones de la CMPAD, dichos Programas pueden considerar intervenciones en una o más de las siguientes fases: acciones ante peligro inminente, atención durante la emergencia y rehabilitación.

4.3. Los Proyectos de Inversión Pública contenidos en los Programas a que se refiere el numeral precedente, deben tener un periodo de ejecución menor a cinco meses y deben estar destinados a uno o más de estos fines:

- a) Realizar acciones de mitigación ante el inminente impacto de un fenómeno natural que puede causar un desastre;
- b) Realizar acciones de atención de emergencia y de rehabilitación de la infraestructura pública para recuperar los niveles de servicio que tenían antes de la ocurrencia de un desastre;
- c) Realizar acciones de recuperación de la capacidad productiva de las localidades afectadas por la ocurrencia de un desastre.

4.4. Todos los proyectos a que se refiere la presente norma, se deben ejecutar en las zonas declaradas previamente en Estado de Emergencia por ocurrencia de fenómenos naturales o antrópicos y/o estar incluidos en un Programa aprobado por la CMPAD.

4.5. Las situaciones que determinan la emergencia deben estar debidamente registradas en el aplicativo informático del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) denominado "Sistema Nacional de Información para la Prevención y Atención de Desastres (SINPAD)". Excepcionalmente se podrá evaluar la elegibilidad de proyectos derivados de emergencias no registradas en el SINPAD, siempre y cuando se encuentre incluido en alguno de los Programas a que se refiere el artículo 3° y previo informe sustentatorio elaborado por el Comité de Defensa Civil responsable y con opinión favorable del INDECI.

CAPÍTULO 2

DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

Artículo 5.- Del Procedimiento Simplificado

5.1. Corresponde a las entidades y empresas del Sector Público de los tres niveles de Gobierno y en el ámbito de su competencias, la identificación de las principales intervenciones asociadas directamente a la emergencia, así como la elaboración de la Ficha Técnica (Formato SNIP-12), la cual debe estar debidamente suscrita por la máxima autoridad de la Unidad Ejecutora o empresa.

5.2. Corresponde a las entidades y empresas del Sector Público, de los tres niveles de Gobierno y en el ámbito de sus competencias, consolidar y priorizar los proyectos presentados por sus propias Unidades Ejecutoras, responsabilizándose del cumplimiento de lo establecido en la presente Directiva y de remitir los proyectos a:
 la Dirección General de Programación Multianual del Sector Público del Ministerio de Economía y Finanzas (DGPM); con copia a:
 el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI); y
 al Sector correspondiente, en el caso de Gobiernos Regionales o Gobiernos Locales;

Artículo 6.- Declaración de elegibilidad y elaboración de expedientes técnicos

6.1. Para que un proyecto sea elegible debe demostrar que tiene un nexo de causalidad directo con el desastre (real o inminente) que determina la emergencia, ser una solución técnica adecuada al problema planteado y ser factible financieramente.

6.2. Corresponde a:

- a) El INDECI, en su calidad de Secretaria Técnica de la Comisión Multisectorial de Prevención y Atención de Desastres (STCMPAD) y en coordinación con la DGPM, estructurar y proponer los Programas a que se refiere el artículo 3° de la presente Directiva, para su aprobación por la CMPAD.
- b) La CMPAD, evaluar y aprobar el Programa,
- c) La STCMPAD, comunicar a los organismos públicos del Gobierno Nacional, Gobiernos Regionales y Locales, los Programas aprobados,
- d) La DGPM, declarar y comunicar a las unidades ejecutoras la elegibilidad de los proyectos.

6.3. Corresponde a la Unidad Ejecutora, una vez recibida la copia de la declaración de elegibilidad (Formato SNIP-13), la elaboración del Expediente Técnico, el mismo que debe reflejar lo expresado en la Ficha Técnica que motivó la declaratoria de elegibilidad del proyecto, respetando las metas, actividades y costos del proyecto propuesto.

6.4. La máxima autoridad de la Unidad Ejecutora o de la empresa, deberá informar a la DGPM de cualquier modificación que altere la elegibilidad del proyecto, antes de la elaboración del expediente técnico, para su evaluación y, de ser el caso, verificación de dicha elegibilidad, lo cual se realizará conforme al procedimiento establecido en el presente artículo.

Artículo 7.- Ejecución

7.1. Corresponde a la máxima autoridad de la Unidad Ejecutora y empresas del Sector Público la responsabilidad, de que durante la ejecución del proyecto se cumplan las metas y actividades, así como se respeten los costos del proyecto expresados en la Ficha Técnica que motivó la declaratoria de elegibilidad.

7.2. La ejecución del proyecto se rige por lo establecido en la normatividad peruana aplicable sobre contrataciones y adquisiciones o sobre ejecución presupuestaria directa, según corresponda.

Artículo 8.- Información de la ejecución

8.1 Finalizada la ejecución del proyecto, corresponde a las Unidades Ejecutoras o empresas del Sector Público poner a disposición de su Órgano de Control Interno toda la documentación sustentatoria de dicha ejecución.

8.2. Finalizada la ejecución del proyecto, la máxima autoridad de la Unidad Ejecutora o de la empresa, deberá suscribir y remitir a la DGPM, con copia al INDECI y a su Órgano de Control Interno, el Informe de Ejecución (Formato SNIP-14).

8.3. La DGPM y el INDECI están facultados para solicitar información complementaria y detallada, relacionada con la ejecución de los proyectos.

Artículo 9.- Responsabilidades

9.1. Es responsabilidad de la Unidad Ejecutora o de la empresa que la ejecución de los proyectos, incluidos en los Programas aprobados por la CMPAD y declarados elegibles, se realice de acuerdo a las normas y procedimientos legales aplicables.

9.2. La DGPM está facultada para realizar evaluaciones *ex ante* o *ex post* a la ejecución del Proyecto de Inversión Pública.

9.3. Cualquier incumplimiento a lo dispuesto en la presente Directiva deberá ser comunicado al Órgano de Control Interno de la entidad o empresa del Sector Público correspondiente, para que determine las responsabilidades del caso.

Artículo 10.- Vigencia

La presente Directiva entrará en vigencia el mismo día de su publicación en el Diario Oficial "El Peruano".

Disposiciones Complementarias

Única.- La DGPM publicará en su página web los anexos de la presente norma, pudiendo modificarlos cuando, por necesidades propias de la evaluación, sea necesario.

FORMATO SNIP 12

FICHA TÉCNICA DE PIP ASOCIADO DIRECTAMENTE A EMERGENCIAS

(DÉCIMO QUINTA DISPOSICIÓN FINAL LEY N° 28411)

CODIGO (No llenar)

I. PLIEGO/SECTOR

II. DENOMINACIÓN DEL PROYECTO

III. UBICACIÓN DEL PROYECTO

DEPARTAMENTO
PROVINCIA
DISTRITO
LOCALIDAD

IV. ENTIDAD RESPONSABLE DE LA IDENTIFICACIÓN DEL
PIP ASOCIADO DIRECTAMENTE A LA EMERGENCIA4.1 SEÑALE SI EL PROYECTO SE ENMARCA DENTRO DE LAS COMPETENCIAS
DE LA ENTIDAD QUE FORMULA EL PROYECTOV. ENTIDAD RESPONSABLE DE LA ADMINISTRACIÓN
Y/U OPERACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA AFECTADA

VI. SITUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA PÚBLICA ANTES DEL DAÑO

VII. DESCRIPCIÓN DEL DESASTRE

FECHA APROXIMADA DE OCURRENCIA DEL DAÑO

//

VIII. DAÑOS OCASIONADOS (COMPARADO CON LA SITUACION ANTES DE LA OCURRENCIA DEL DESASTRE)

8.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS DAÑOS EN LA INFRAESTRUCTURA AFECTADA (PRODUCTIVA O SERVICIOS SOCIALES) ASI COMO LA DESCRIPCIÓN DE LOS
DAÑOS QUE ESTÁ CAUSANDO POR SU PÉRDIDA O DISMINUCIÓN DE SU CAPACIDAD

DAÑOS DIRECTOS:

DAÑOS INDIRECTOS:

IX. BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA CAUSADO POR EL DESASTRE

ALTERNATIVAS	DESCRIPCIÓN	COSTO	TIEMPO DE EJECUCIÓN	BENEFICIARIOS
		Miles de Nuevos Soles	(Meses)	(Población)
ALTERNATIVA 1				
ALTERNATIVA 2				
ALTERNATIVA 3				

9. 1 JUSTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

--

X. COSTO ESTIMADO PARA EJECUTAR EL PROYECTO (EN MILES DE NUEVOS SOLES)

PRINCIPALES RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
1. EXPEDIENTE TÉCNICO				
2. COSTO DIRECTO				
a.				
b.				
c.				
d.				
e.				
n.				
3. SUPERVISIÓN				
			TOTAL	

PLAZO DE EJECUCIÓN DÍASMODALIDAD DE CONTRATACIÓN XI. UNIDAD EJECUTORA DEL PROYECTO

XII. PROGRAMACIÓN FÍSICO -FINANCIERA DE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

RUBRO	CRONOGRAMA METAS FÍSICAS(%)						CRONOGRAMA METAS FINANCIERAS(%)					
	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	TOTAL	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	TOTAL
1. EXPEDIENTE TÉCNICO												
2. COSTO DIRECTO												
a.												
b.												
c.												
d.												
e.												
n.												
3. SUPERVISIÓN												
ROMEDIO -COSTO DIRECTO(%)												

XIII. DOCUMENTACIÓN DISPONIBLE RELACIONADA CON EL PROYECTO (ESTUDIOS, EXPEDIENTES TÉCNICOS, PLANOS Y OTROS DOCUMENTOS)

--

XIV. FUNCIONARIOS RESPONSABLES DE LA IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

14.1 FUNCIONARIO QUE IDENTIFICÓ EL PROYECTO Y ELABORÓ LA FICHA TÉCNICA

NOMBRE

CARGO

ENTIDAD

TELÉFONO CORREO

DIRECCIÓN

14.2 FUNCIONARIO QUE REFRENDA LA VERACIDAD DE LA FICHA DEL PROYECTO (Máxima autoridad de la Unidad Ejecutora o Empresa)

NOMBRE

CARGO

ENTIDAD

TELÉFONO CORREO

DIRECCIÓN

XV. CROQUIS, FOTOS O ALGUN ELEMENTO VISUAL QUE PERMITA MOSTRAR EL DAÑO CAUSADO POR EL DESASTRE Y SU UBICACIÓN

--

XVI. FECHA DEL REPORTE

Ciudad y fecha: _____ de _____ del _____

NOTA:

Las fichas se presentan en original a la DGPM del MEF y al INDECI

FORMATO SNIP 13
FICHA DE DECLARACIÓN DE ELEGIBILIDAD
PIP ASOCIADOS DIRECTAMENTE A EMERGENCIAS
POR LA DGPM

DEPARTAMENTO
 SECTOR
 ENTIDAD EJECUTORA
 MONTO TOTAL ELEGIBLE (Miles S./)
 REFERENCIA

CÓDIGO	NOMBRE DEL PROYECTO	UBICACIÓN			CARACTERÍSTICAS			OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
		PROVINCIA	DISTRITO	PLAZO DE EJECUCIÓN (DÍAS)	COSTO (MILES DE NUEVOS SOLES)	ELEGIBILIDAD		
TOTAL (Miles S./)								
MONTO TOTAL ELEGIBLE (Miles S./)								

FORMATO SNIP 14

INFORME DE EJECUCIÓN DE PIP ASOCIADO DIRECTAMENTE A EMERGENCIAS
 (Esta Información tiene el carácter de Declaración Jurada)

INFORMACIÓN RELACIONADA CON LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS APROBADOS POR LA COMISIÓN MULTISECTORIAL DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES Y DECLARADOS ELEGIBLES POR LA DGPM

I. CÓDIGO

II. NÚMERO DE CONVENIO SUSCRITO POR INDECI
 (Sólo en los casos que se recibió financiamiento del INDECI)

III. DENOMINACIÓN DEL PROYECTO

IV. UBICACIÓN DEL PROYECTO
 Según la Ficha Técnica Elegible por la DGPM
 Departamento
 Provincia
 Distrito (s)
 Localidad

V. DOCUMENTOS MEDIANTE LOS CUALES SE APRUEBA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

5.1. Documento remitido por el INDECI Oficio N° Fecha / /

5.2. Documento remitido por la DGPM Oficio N° Fecha / /

5.3. Resolución que aprueba el Expediente Técnico del Proyecto Resolución N° Fecha / /

5.4. Resolución que aprueba la liquidación de la ejecución del proyecto Resolución N° Fecha / /

VI. ASPECTOS RELACIONADOS CON LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

6.1 Breve Descripción del Proyecto

6.2 Metas del Proyecto consideradas en la Ficha Técnica - Formato SNIP 12 (Transcribir lo indicado en el Item N° IX de la Ficha Técnica Elegible por la DGPM)

6.3 Metas del Proyecto considerados en el Expediente Técnico

6.4 Metas alcanzadas al finalizar la ejecución del Proyecto

6.5 Periodo de Ejecución del Proyecto

a) Indicado en la Ficha Técnica Elegible Dias

b) Duración real de la ejecución del Proyecto Dias

c) Fecha de Inicio de Ejecución Dias

6.6 Costos del Proyecto - Principales Rubros (Montos en Miles de Nuevos Soles)

a) Costos Considerados en la Ficha Técnica (Transcribir lo indicado en el Item N° X de la Ficha Técnica declarada Elegible por la DGPM)

Rubros	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
TOTAL				

b) Costos ejecutados al finalizar el proyecto (Tal como se detalla en el expediente técnico)

Rubros	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
TOTAL				

6.7 Aspectos de la Ejecución

a) Entidad que ejecutó el proyecto

En el caso de que fuera una entidad diferente a la que suscribió el convenio con INDECI indicar la documentación sustentatoria que autoriza la transferencia de los recursos

b) Modalidad de Ejecución

Contrato
Administración Directa

6.8 Avance de la ejecución del proyecto al finalizar la ejecución del proyecto

Avance Físico %

Avance Financiero %

VII. INVERSIÓN RELACIONADA CON EL PROYECTO

7.1 Inversión Total Autorizada en la Declaración de Elegibilidad Miles de Nuevos Soles

7.2 Inversión Total Transferida para el proyecto Miles de Nuevos Soles

7.3 Inversión Total Realizada en el proyecto Miles de Nuevos Soles

VIII. POBLACION BENEFICIADA

8.1 Población beneficiada según la Ficha Técnica Elegible Habitantes

8.2 Población beneficiada luego de la ejecución del proyecto Habitantes

IX. PRINCIPALES DIFICULTADES U OBSERVACIONES DURANTE LA EJECUCION DEL PROYECTO

X. MENCIONAR SI SE HIZO MODIFICACIONES A LA FICHA TECNICA APROBADA POR LA DGPM Y SUSTENTAR LOS MOTIVOS DE LOS CAMBIOS REALIZADOS (Adjuntar Informe Sustentatorio aprobado por el Organismo Responsable)

XI. FUNCIONARIOS RESPONSABLES DE LA EJECUCION DEL PROYECTO

11.1 Jefe de la Oficina de Administración de la entidad responsable que suscribió el Convenio con INDECI

NOMBRE

CARGO

ENTIDAD

TELEFONO Correo Electrónico

11.2 Jefe de la Oficina de la entidad responsable de la ejecución y supervisión del proyecto

NOMBRE

CARGO

TELEFONO Correo Electrónico

Nota: Todas las hojas que forman parte del formulario deben estar firmadas por los funcionarios que se mencionan en los acápitos 11.1 y 11.2

XII. FECHA DEL REPORTE

Ciudad y fecha: _____ de _____ del _____

Nota: El formulario se presenta en original a la DGPM del MEF

ANEXO 6:**GLOSARIO.**

Amenaza: La probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente dañino en un determinado espacio y tiempo.

Desastre: Interrupción grave en el funcionamiento de una comunidad, causando grandes pérdidas a las personas, los bienes, los servicios y el medio ambiente, que exceden la capacidad de respuesta de la comunidad, institución o sistema afectado.

Emergencia: Evento repentino, no planeado, que puede tener consecuencias negativas sobre un sistema (físico, social, ambiental, etc.)

Mitigación: Medidas tomadas con anticipación al desastre, con el ánimo de reducir o eliminar su impacto sobre la sociedad, sistemas o el medio ambiente.

Preparación: Conjunto de medidas y acciones de la población para las emergencias, realizando ejercicios de evacuación y estableciendo sistemas de alerta temprana para una respuesta adecuada (rápida y oportuna) a fin de minimizar el impacto de los desastres.

Prevención: Toda política o acción dirigida a la reducción del riesgo y a eliminar la vulnerabilidad (física, social y económica)

Rehabilitación: Acciones que se realizan inmediatamente después del desastre. Consiste fundamentalmente en la recuperación temporal de los servicios básicos (agua, desagüe, comunicaciones, etc.) que permiten reactivar los servicios en la zona afectada.

Reconstrucción: Operaciones y decisiones tomadas después de un desastre con el objeto de restaurar la población, sistemas y servicios afectados y devolverle las condiciones iniciales o mejorarlas aplicando medidas que reduzcan la vulnerabilidad inicial que causó los daños.

Resiliencia: Capacidad de respuesta de la población, sistema o servicio afectado, que se encuentra relacionado con las capacidades técnicas, económicas y de organización con las que se cuentan y que se utilicen para el restablecimiento de las condiciones previas al desastre.

Respuesta: Suma de decisiones y acciones para atender las necesidades inmediatas después de ocurrido un desastre, tales como: atención médica, provisión de servicios básicos (agua, alimentos, saneamiento), reubicación de la población, etc.

Riesgo: Probabilidad de que se manifieste un peligro o amenaza que signifique daños y pérdidas. Es una función directa de la amenaza y la vulnerabilidad e inversa con la resiliencia.

Servicio de abastecimiento de agua potable: Se refiere, además del sistema, a la administración, gestión, operación y mantenimiento de las unidades conducentes a satisfacer a los usuarios con respecto al uso del sistema.

Sistema de abastecimiento de agua: Conjunto de componentes y unidades destinadas a captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir agua a una determinada población.

Sostenibilidad: Capacidad de un sistema de brindar el servicio dentro de su período de vida útil. Comprende factores técnicos, sociales, económicos, institucionales y ambientales relacionados al buen funcionamiento de los sistemas y provisión de servicios.

Vulnerabilidad: Factor de riesgo interno que tiene una población infraestructura o sistema expuesto a una amenaza, siendo susceptible a sufrir daño.

ANEXO 7:**LISTADO DE FIGURAS, TABLAS Y CUADROS****A5.1. LISTADO DE FIGURAS**

- **Capítulo I**

Figura 1.1. Población servida y no servida con fuentes de agua mejorada, en millones de habitantes. América Latina y el Caribe

Figura 1.2: Acceso a servicios de agua y saneamiento vs. mortalidad infantil.

Figura 1.3. Censos de población. Distribución de la Población en Perú 1950-2005

Figura 1.4: Sistemas de Abastecimiento de Agua por Gravedad.

Figura 1.5: Sistemas de Abastecimiento de Agua por Bombeo.

Figura 1.6. Marco Conceptual para ilustrar la búsqueda de Soluciones Sostenibles en programas de Desarrollo en Agua y Saneamiento.

Figura 1.7. Aspectos Claves (Dimensiones) de la Sostenibilidad en los Servicios de Abastecimiento de Agua y Saneamiento

- **Capítulo II**

Figura 2.1. Placas tectónicas en el mundo.

Figura 2.2. Caída de rocas. Diferentes posiciones de las partículas en movimiento.

Figura 2.3. Esquema de subducción para la región Sur de Perú

Figura 2.4. Terremotos ocurridos en Perú entre 1513 y 1959

Figura 2.5: Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas.

Figura 2.6: Mapa de Zonificación Sísmica del Perú.

Figura 2.7: Mapa de Zonificación Sísmica Preliminar del Perú.

Figura 2.8: Mapa de Zonificación de Peligro Geológico del Perú

- **Capítulo III**

Figura 3.1. Zonas de actividad sísmica del Perú.

Figura 3.2. Principales Peligros Naturales en el Perú.

Figura 3.3. Terremoto de Arequipa del 23 de junio de 2001 y réplicas principales de magnitud significativa ocurridos al 25 de junio de 2001.

Figura 3.4: Operatividad de los sistemas rurales de agua potable a un mes del terremoto

Figura 3.5. Distribución de componentes afectados en sistemas rurales de agua potable

- **Capítulo IV**

Figura 4.1. Desvío del afloramiento en manantiales instalados en terrenos de cultivo.

Figura 4.2. Propuesta para la reducción de la vulnerabilidad en las unidades de captación de manantial.

Figura 4.3. Propuesta para la reducción de daño en tuberías empotradas

Figura 4.4. Daños en tuberías enterradas por aplastamiento debido a caída de rocas y propuestas de solución.

Figura 4.5. Ejemplos de protección de tubería con muros de piedra

Figura 4.6. Ejemplo de Simbología utilizada

Figura 4.7. Mapa comunitario de riesgo. Comunidad de Pampachulla.

- **Capítulo V**

Figura 5.1. Ubicación de la localidad de Orlaque.

Figura 5.2. Restos de la antigua estructura de captación colapsada en el terremoto del 2001.

Figura 5.3. Caja de captación afectada por el desvío del material.

Figura 5.4. Detalle de reparación en línea de conducción por aplastamiento de tubería debido a caída de rocas

A5.2. LISTADO DE TABLAS

- **Capítulo I**

Tabla 1.1. Porcentaje de Población Pobre

Tabla 1.2. Evolución de la Cobertura de los Servicios de Agua en el Ámbito Rural.

Tabla 1.3. Sostenibilidad de los Sistemas de Agua Potable Rural

Tabla 1.4. Modelo basado en la Oferta (tradicional) y modelo basado en la Demanda

- **Capítulo II**

Tabla 2.1. Peligros Geológicos

Tabla 2.2. Escala de Intensidad de Mercalli Modificada.

Tabla 2.3. Escala de Magnitudes Richter

Tabla 2.4. Umbrales de Intensidad Sísmica para diferentes Tipos de Deslizamientos

Tabla 2.5. Clasificación de los principales deslizamientos inducidos por terremotos indicando los daños producidos

Tabla 2.6. Clasificación de los deslizamientos

Tabla 2.7. Efecto de sismos y terremotos sobre sistemas de agua potable

- **Capítulo III**

Tabla 3.1. Reporte de sistemas de agua afectados en Arequipa, Moquegua y Tacna.

Tabla 3.2. Localidades incluidas en el análisis de información.

Tabla 3.3. Distribución de sistemas, según tipo, en la muestra analizada

Tabla 3.4. Fuentes de abastecimiento de agua potable en la muestra analizada

Tabla 3.5. Impacto en las fuentes de abastecimiento de agua

Tabla 3.6. Materiales utilizados en las unidades de captación

Tabla 3.7. Unidades de Captación. Materiales de construcción según tipo de sistema.

Tabla 3.8. Afectaciones reportadas en las unidades de captación.

Tabla 3.9. Distribución de materiales en la línea de conducción.

Tabla 3.10. Daños reportados en las líneas de conducción

Tabla 3.11. Materiales y Tipos de Reservorios según su ubicación.

Tabla 3.12. Afectación de reservorios según el material de construcción.

Tabla 3.13. Daños reportados en líneas de aducción y redes de distribución

Tabla 3.14. Daños según componentes (RESUMEN).

Tabla 3.15. Administración de sistemas rurales de agua potable

Tabla 3.16. Capacidades técnicas de las JASS y otras asociaciones

Tabla 3.17. Principales causas de los impactos reportados en las unidades de captación

Tabla 3.18. Principales causas de los impactos reportados en reservorios

Tabla 3.19. Principales causas de los impactos reportados en las líneas de conducción.

Tabla 3.20. Principales causas de los impactos reportados en las líneas de aducción y redes de distribución.

Tabla 3.21. Causas identificadas de los impactos en los sistemas (RESUMEN).

Tabla 3.22. Consecuencias en el servicio debido a los daños identificados por componente.

- **Capítulo IV**

Tabla 4.1. Valores experimentales para el coeficiente de penetración

Tabla 4.2. Tabla de Análisis o Evaluación de Riesgos.

Tabla 4.3. Indicadores de Medición

Tabla 4.4. Calificación del riesgo.

Tabla 4.5. Recomendaciones para la reducción de impactos en los sistemas de abastecimiento de agua en el ámbito rural. (RESUMEN).

- **Capítulo V**

Tabla 5.1. Información general del sistema de abastecimiento de la localidad de Orlaque.

Tabla 5.2. Costos de la alternativa A.

Tabla 5.3. Costos de la alternativa B.

- **Anexo 1**

Tabla A1.1. Componentes afectados por el terremoto del 13 de enero del 2001.

Tabla A1.2. Daños reportados en sistemas de abastecimiento de agua rural (Ecuador).

- **Anexo 2**

Tabla A2.1. Localidades incluidas en el levantamiento de información de campo

Tabla A2.2. Administración de los sistemas rurales de agua potable

Tabla A2.3. Capacidades técnicas de operación y mantenimiento.

Tabla A2.4. Vulnerabilidad de los componentes en los sistemas visitados.

Tabla A2.5. Amenazas identificadas en los sistemas visitados.

- **Anexo 3**

Tabla A3.1. Valoración de frecuencias

Tabla A3.2. Tamaño relativo de la Amenaza

Tabla A3.3. Capacidad de daño

Tabla A3.4. Valoración de la Significancia de la Amenaza.

Tabla A3.5. Valoración de Amenazas

Tabla A3.6. Valoración de condiciones físicas.

Tabla A3.7. Valoración de condiciones de ubicación.

Tabla A3.8. Valoración de la Vulnerabilidad.

Tabla A3.9. Valoración de las capacidades económico/financieras

Tabla A3.10. Valoración de las capacidades técnicas

Tabla A3.13. Valoración de la factibilidad de apoyo externo.

Tabla A3.12. Valoración de las Capacidades

Tabla A3.13. Valoración del Riesgo

- **Anexo 4**

Tabla A4.1. Presupuesto Alternativa "A".

Tabla A4.2. Presupuesto Alternativa "B".

Tabla A4.3. Análisis de costos unitarios: Trazo y replanteo

Tabla A4.4. Análisis de costos unitarios: Excav. manual en terreno natural. H.máx=1.80 m

Tabla A4.5. Análisis de costos unitarios: Excav. manual en terreno de cultivo. H.máx.=1.80 m

Tabla A4.6. Análisis de costos unitarios: Excavación de zanja: H.máx.=0.60 m

Tabla A4.7. Análisis de costos unitarios: Excavación de zanja: H.máx.=1.20 m

Tabla A4.8. Análisis de costos unitarios: Refine y nivelación de zanja.

Tabla A4.9. Análisis de costos unitarios: Suministro e instalación de tubería.

Tabla A4.10. Análisis de costos unitarios: Protección de tubería (hasta H=0.60m).

Tabla A4.11. Análisis de costos unitarios: Relleno y compactación de zanja Hasta H=0.60

Tabla A4.12. Análisis de costos unitarios: Relleno y compactación de zanja Hasta H=1.20

Tabla A4.13. Análisis de costos unitarios: Reparación de tubería.

A5.3. LISTADO DE CUADROS

- **Capítulo III**

Cuadro 3.1. Localidad de Papachacra – Arequipa.

Cuadro 3.2. Localidad de Orlaque – Moquegua.

Cuadro 3.3. Localidad de El Puente – Arequipa.

Cuadro 3.4. Interacción entre suelos y estructuras de almacenamiento.

Cuadro 3.5. Localidad de San José – Arequipa.

Cuadro 3.6. Localidad de El Cardo – Arequipa

Cuadro 3.7. Localidad de Orlaque – Moquegua.

Cuadro 3.8. Localidad de Huarina – Moquegua

Cuadro 3.9. Localidad de Cháparra – Arequipa.

Cuadro 3. 10. Localidad de Sacuaya – Moquegua.

Cuadro 3.11. Localidad de Sacuaya – Moquegua

Cuadro 3.12. Daños en redes de distribución.

Cuadro 3.13. Localidad de Challaguayo – Moquegua