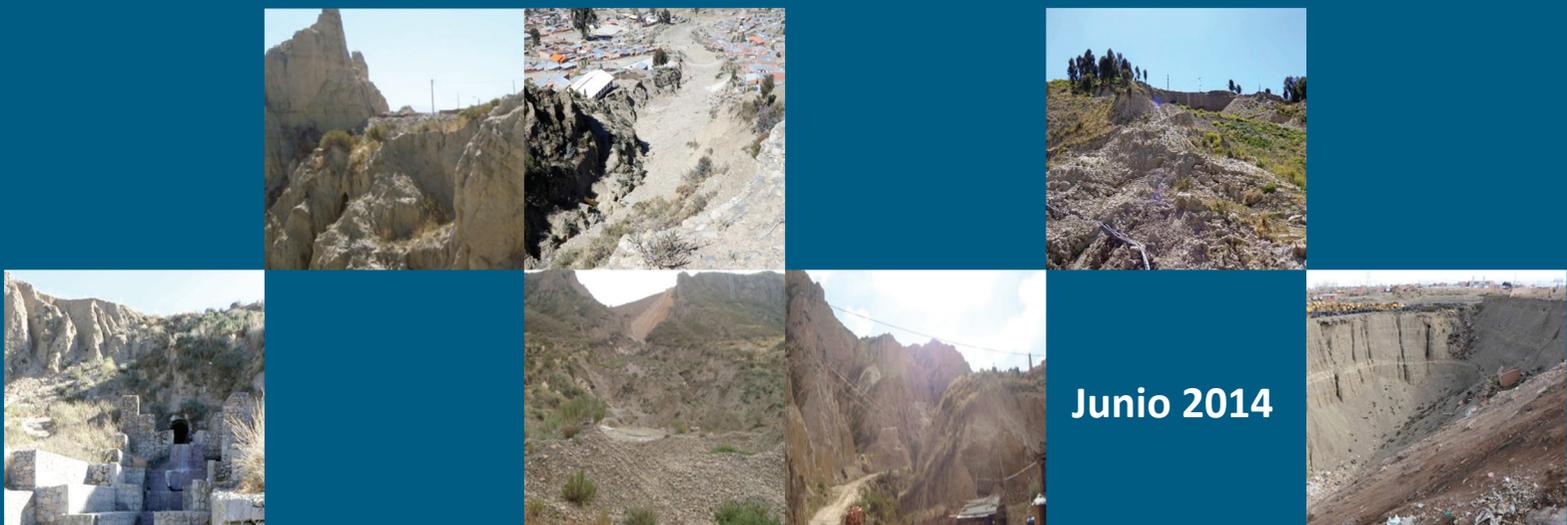


ESTUDIO

GESTIÓN INTEGRAL DE LA CUENCA ALPACOMA



Junio 2014

ESTUDIO

GESTIÓN INTEGRAL DE LA

CUENCA

ALPACOMA

LA PAZ - BOLIVIA

MINISTRA DE PLANIFICACIÓN DEL DESARROLLO

Lic. Elba Viviana Caro Hinojosa

VICEMINISTRO DE PLANIFICACIÓN Y COORDINACIÓN

Lic. Flavio Rivas Claros

ESTUDIO REALIZADO POR UMSS - Antea Group y supervisado por el equipo del Viceministerio de Planificación y Coordinación. Con el financiamiento del Proyecto de Reconstrucción y Gestión de Desastre (PREGD)

CONSULTORA: Universidad Mayor de San Simón UMSS - ANTEA BELGIUM GROUP

EQUIPO SUPERVISORES del Viceministerio de Planificación y Coordinación:

Supervisor de Infraestructura: Miguel Angel Figueroa Mariscal

Supervisor Geólogo: Hector Guzman Siles

Supervisor Hidráulico: Jose Luis Marquez Gallo

Supervisor Hidrologo: Airthon Angel Espejo Rospigliossi

FISCAL DE ESTUDIO: Silvia Frias Rojas

DOCUMENTO EDITADO POR:

Victor Cuizara A

BANCO MUNDIAL/GFDRR

Armando Guzmán

Marco Antonio Rodríguez

Wendy Guerra

Las fotografías incluidas son parte del informe final, propiedad del Viceministerio de Planificación y Coordinación

CUADRO DE CONTENIDO

Presentación	9
1. Antecedentes	11
2. Ubicación del área de Estudio	12
3. Metodología.....	12
4. Diagnóstico del área de Estudio	13
4.1.1. Demografía	13
4.1.2. Servicios Básicos	15
4.1.3. Eduacion y Salud	15
Salud	15
Educación	16
4.1.4. Infraestructura vial y Transporte	16
4.1.5. Vivienda	17
4.1.6. Sistemas Productivos	17
5. Topografía y Pendiente del Terreno.....	20
5.1. Red de Bm’s Georeferenciada.....	20
5.2. Modelo de Elevación Digital	21
5.3. Pendientes	22
6. Estudio Hidrológico	23
6.1. Aspectos Hidromorfologicos	23
6.2. Características Climáticas	25
6.3. Caracterización Hidrometereologica	25
6.3.1. Precipitación Anual	25
6.3.2. Precipitación Mensual.....	26
6.3.3. Temperatura.....	27
6.3.4. Estimación de Caudales Máximos	27
6.3.5. Modelación Hidráulica del Flujo.....	28
7. Geología y Geomorfología	30
8. Edafología y Erosión Superficial	32
9. Diagnostico Ambiental	36

10. Estudio Geotécnico.....	38
11. Hidrogeología	39
12. Amenazas y Vulnerabilidades	40
13. Identificación de la Problemática a Solucionar.....	43
13.1. Marco Metodológico para la Identificación de Sitios Críticos.....	43
13.2. Metodología para la Priorización de los Sitios Críticos.....	55
13.2.1. Subproyecto 1: Senkata Alonzo.....	59
13.2.2. Subproyecto 2: Villa Exaltación Alpacoma	60
13.2.3. Subproyecto 3: Tejada Alpacoma	61
13.2.4. Subproyecto 4: Japari Pucarani	63
13.2.5. Subproyecto 5: 31 de Octubre	64
13.2.6. Subproyecto 6: Río Alpacoma	65
13.2.7. Subproyecto 7. Arco Iris	67
13.2.8. Subproyecto 8. Titiri.....	68
13.3. Ingeniería del Proyecto	69
13.3.1. Componente Hidráulico	69
13.3.2. Componente de Conservación de Suelos.....	70
13.3.3. Componente Gestión de Suelos.....	70
13.4. Marco Institucional para la Ejecución del Proyecto	70
13.4.1. Marco Institucional	70
13.4.2. Institucionalidad Gobierno Autónomo Municipal de El Alto	71
13.4.3. Gobierno Autónomo Municipal de Achocalla	72
13.4.4. Aporte de los Municipios para la Ejecución del Proyecto	73
A) Sostenibilidad	73
B) Mantenimiento	73
C) Mantenimiento Rutinario	73
D) Inspección Especializada.....	75
14. Presupuesto	75
15. Evaluación del Proyecto	77
15.1. Evaluación Técnica	77
15.2. Evaluación socio Económica	77

15.3. Evaluación Ambiental	78
15.4. Evaluación Riesgos	80
16. Cronograma de Ejecución del Proyecto	80
17. Conclusiones y Recomendaciones	81
17.1. Conclusiones	81
17.2. Recomendaciones	82

TABLAS

Tabla 1. Definiciones para la zonificación en clases	13
Tabla 2. Número de familias y población por comunidad Cantón Achocalla	13
Tabla 3. Población por zonas afectadas	14
Tabla 4. Centros de salud en los municipios de El Alto y Achocalla	15
Tabla 5. Centros de salud en el área del proyecto	16
Tabla 6. Tipos de vivienda en los municipios de El Alto y Achocalla	17
Tabla 7. Actividades turísticas en el municipio de Achocalla	19
Tabla 8. Principales actividades comerciales	20
Tabla 9. Principales industrias identificadas	20
Tabla 10. Pendiente en las cuencas Alpacoma, Achocalla y Pasajahuira y sus áreas	22
Tabla 11. Precipitación mensual y anual (mm) - Estación Achocalla (Fuente SENAMHI)	26
Tabla 12. Caudal máximo para periodos de retorno indicados en cuencas del proyecto	28
Tabla 13. Columna cronoestratigrafía del área del estudio	31
Tabla 14. Superficie de las Unidades de Mapeo de Suelos	32
Tabla 15. Superficie de las Unidades Erosivas en las Cuencas	34
Tabla 16. Resultados de los ensayos de agua	37
Tabla 17. Priorización de los sitios críticos	56
Tabla 18. Presupuesto anual para la división de mantenimiento de un municipio	74
Tabla 19. Presupuesto General	76
Tabla 20. Parámetros socioeconómicos	78

PRESENTACIÓN

Hace más de 15 años, los ciudadanos de La Paz, El Alto y Achocalla fueron testigos de un deslizamiento en la zona de Alpacoma, como todo evento de este tipo en La Paz implicó familias afectadas, pérdida de viviendas e infraestructura básica, finalmente nunca se pudo establecer el número de vidas perdidas. A partir de este evento, Alpacoma se convirtió en una zona de permanente riesgo en épocas de lluvias, motivo de preocupación de autoridades y sobre todo de los vecinos asentados en sus alrededores.

En ocasión del diseño del Programa de Reconstrucción y Gestión de Desastres (PREGD) liderado por el Ministerio de Planificación del Desarrollo, se incluyó el Estudio de la Cuenca Alpacoma como un modelo piloto que proponga soluciones integrales de reducción del riesgo de desastre, en beneficio de la población, procesos productivos y recursos ambientales.

El Estudio en sí mismo, presentó el desafío de abordar la necesidad de realizar un análisis desde diferentes perspectivas, geológica, hidrográfica, hidrológica, ambiental, social y de planificación urbana, además de la implicación de considerar en su área de estudio a tres municipios. Como caso de estudio, por su naturaleza y complejidad, es representativo de problemáticas no solo en el país, sino también en otros países con similares condiciones geográficas.

El Estudio finalmente, presentó proyectos a diseño final que implementados de forma conjunta reducirán el riesgo de desastre, cumpliendo su propósito práctico, sin embargo, también la experiencia propone una metodología de estudio que utilizó tecnología de punta y un bagaje de conocimiento técnico científico digno de apreciar y utilizar en similares estudios.

El presente documento resume con fines didácticos los contenidos metodológicos y resultados de esta importante experiencia, esperando que su difusión contribuya a la gestión de cuencas con ámbitos urbanos complejos y permita formar la base de la experiencia para la investigación y el desarrollo de nuevas y mejores tecnologías al servicio del desarrollo integral en el país.

La Paz, Junio de 2014

ESTUDIO

“GESTIÓN INTEGRAL DE LA CUENCA ALPACOMA”

1. ANTECEDENTES

Es importante señalar que, la parte superior del valle de La Paz tiene una configuración muy particular debido a que hace aproximadamente unos 8 millones de años atrás ésta, estuvo constituido por una gran cantidad de deposiciones glaciares, posteriormente lacustres, en consecuencia era un depósito muy grande de aguas las que fueron conocidas con el nombre de lago Minchin y por alguna razón tectónica en el pleistoceno se abre una gran fisura en la cordillera oriental permitiendo discurrir las aguas del altiplano hasta pertenecer a las cuencas del río Beni.

Se va erosionando todas las deposiciones existentes y se va configurando la topografía y la morfología que tienen estos valles de la ciudad de La Paz, con suelos extremadamente jóvenes que no han tenido el tiempo de consolidarse para formar roca; esta la razón por la que estos suelos recurrentemente han ido generando inestabilidad en toda la cuenca del río La Paz y toda la cuenca de los afluentes como el Achocalla, Alpacoma, Pasajauri y los ríos que circundan.

Son ríos de reciente formación que van generando erosión regresiva muy alta, con fenómenos muy grandes, vale decir, movimientos de masas de manera recurrente con muchos vestigios de los mismos, es el caso del montículo de Sopocachi. Entonces estamos en una zona con equilibrio muy precario, con muchas inestabilidades y esto se ha visto con mayor impacto en Alpacoma, Achocalla y el Pasajauri.

Se tienen evidencias que hace unos ocho mil años atrás hubo un gran torrente de barro que llegó a taponar el valle de La Paz configurando un gran dique con más de 150 mts de altura formando un lago muy grande en la parte de Calacoto, lo que en la actualidad estuviera generando inestabilidad en el sector o como el ocurrido el 2004, donde hubo un gran deslizamiento en el margen izquierdo de Alpacoma, cuando 1,6 kilómetros se vino abajo hecho que se encuentra bien documentado por ingenieros del SERGIOTECMIN, entre otros.

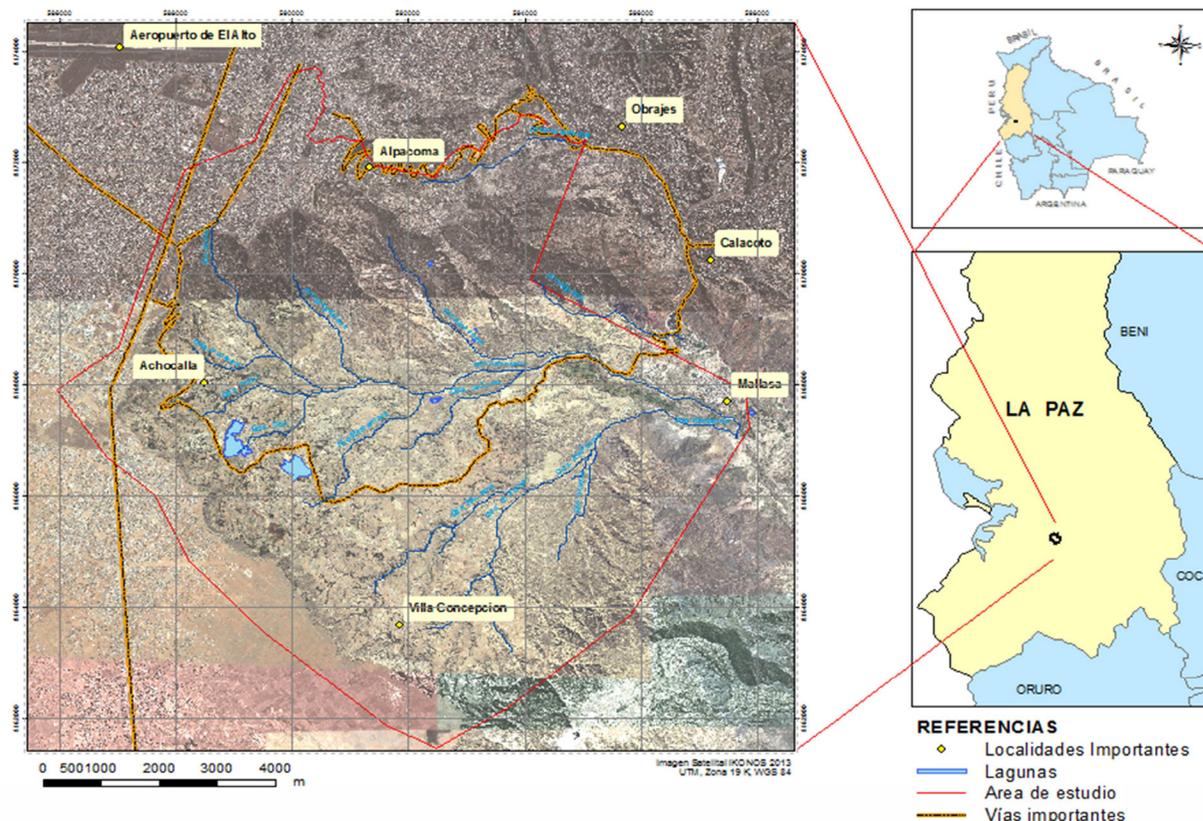
En este sentido, son recurrentes los procesos de inestabilidad en laderas y parte alta de las cuencas del valle de La Paz. Los últimos años han generado situaciones de emergencia con altos costos económicos y estado de desamparo y zozobra por parte de la población. Frente a esta situación, los ciudadanos directamente damnificados y/o amenazados han realizado las gestiones necesarias ante el estado para lograr la eliminación o por lo menos la reducción de las amenazas presentes.

El gobierno central a través del programa “Proyecto de Recuperación de Emergencias y Gestión de Desastres (PREGD)”, con financiamiento de la Agencia Internacional de Fomento (AIF), tomó la decisión de realizar el Estudio de Manejo Integral de la Cuenca Alpacoma con el siguiente objetivo: “Efectuar un estudio que permita dar solución a los problemas originados por los fenómenos hidrológicos y geológicos en la cuenca del río Alpacoma y cuencas adyacentes, con un enfoque de manejo integral de la cuenca. Las obras a plantearse deben contribuir a la mitigación del riesgo existente en el área de influencia, a través de su estabilización”.

El estudio fue realizado por la Asociación Universidad Mayor de San Simón (UMSS Cochabamba) y la empresa belga Antea Group Belgium, de marzo a septiembre del año 2013.

2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Por sus características el trabajo fue ampuloso muy complejo y hasta difícil de delimitar, que en definitiva contempló al sur-oeste de la ciudad de La Paz, entre las coordenadas 16°30'46" S – 16°37'30" S y 68°12'0" O – 68°4'30" O; abarcando las cuencas de río Alpacoma, río Achocalla al sur y la cuenca del río Pasajahuira al norte, con una extensión aproximada de 82 km².



3. METODOLOGIA

Se realizó un diagnóstico del riesgos, que implicó hacer análisis físicos para llegar a definir las amenazas, por otra parte hacer el estudio de las vulnerabilidades, reconociendo que en el país se tienen muchas limitaciones, que impide conjuncionar la teoría con la práctica debido a las limitaciones del contexto.

Se hicieron estudios de manera genérica de los aspectos poblacionales, actividades económicas, ingresos, entre otros, la infraestructura como aspecto fundamental que influye en los riesgos.

En este sentido, la metodología para cumplir con los objetivos del estudio estuvieron pautados por: i) diagnóstico biofísico ii) elaboración de los diferentes mapas temáticos, incluyendo los mapas de amenazas de erosión, degradación, de vulnerabilidad y de riesgos y iii) Plan de acción y diseño de obras, propugnado en tres fases:

Fase 1: Estudios espaciales específicos en el campo de geodesia, geología, geomorfología, hidrogeología, geotecnia, así como también estudios socio-económicos.

Fase 2: Determinación espacial de amenazas geológica-geotécnicas, hidrológicas- hidráulicas, determinación espacial de vulnerabilidades.

Fase 3: Un estudio de riesgos para zonificar el área de estudio en cinco clases básicas.

El método multicriterio permitió hacer una jerarquización de proyectos que dejó a la población afectada y las autoridades satisfechos por los resultados. La jerarquización utilizó los siguientes calificativos.

Tabla 1. Definiciones para la zonificación en clases

Clase	Calificativo	Características
I	Muy baja	Sectores estables, no se requieren medidas correctivas. Sectores aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables como hospitales, centros educativos, estaciones de policía, bomberos, etc.
II	Baja	Sectores estables que requieren medidas correctivas menores, solamente en caso de obras de infraestructura de gran envergadura.
III	Moderada	No se recomienda la construcción de infraestructura, previo estudio geotécnico y mejora de la condición del sitio. Las mejoras pueden incluir: movimientos de tierra, estructuras de retención, manejo de aguas superficiales y subterráneas, reforestación, entre otros. Recomendable para usos agropecuario.
IV	Alta	No se recomienda la construcción de infraestructura. Para su utilización se deben realizar estudios de estabilidad a detalle y la implementación de medidas correctivas que aseguren la estabilidad del sector, caso contrario, deben mantenerse como áreas de protección y agricultura.
V	Muy alta	No se recomienda la construcción de infraestructura, se recomienda como áreas de protección.

Fuente: Elaboración Propia

4. DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS

4.1.1. DEMOGRAFÍA

Según el Censo de 2001, Achocalla contaba con 15.110 habitantes, el 68,8% urbano y el 31,2% rural. El porcentaje más alto de la población se encuentra entre 6-18 años, que representa 21,4%, con una tasa de analfabetismo de 94,75% en hombres y 74,98% en mujeres.

Tabla 2. Número de familias y población por comunidad Cantón Achocalla

Comunidad	Familias	Población
Pucarani	950	4250
Marquirivi	570	2700
Cututu	110	510
Allancho	165	770
Cañuma	470	2200
Huancarami	110	555
Magdalena Cayo	95	470
Junthuma	140	675
Pacajes	670	3160
Arriendo Chico	25	75
TOTAL	3.305	1.5365

Fuente: Elaboración Propia

En el área de estudio se han identificado 31 zonas afectadas directamente por amenazas de deslizamiento, 6 en el municipio de El Alto y 25 en el municipio de Achocalla. La población total potencialmente afectada por los fenómenos de deslizamientos, es de aproximadamente 32.632 personas, de los cuales 15.707 hombres y 17.035 mujeres. .

Tabla 3. Población por zonas afectadas

Municipio	Sector	Zona	Población total	Hombres	Mujeres
El Alto		Villa Exaltación 2da sección	6500	3500	3000
El Alto		Anexo Santa Rosa	300	200	100
El Alto		Villa 31 de octubre	400	240	160
El Alto		Central Alpacoma	400	150	250
El Alto		Villa Tejada Alpacoma Bajo	800	400	400
El Alto		Villa Exaltación 3ra sección	3203	1453	1750
			Sub-total	11603	5943
Achocalla	Torrentera	Arco Iris	1200	600	600
Achocalla	Torrentera	Illimani	1000	500	500
Achocalla	Torrentera	Litoral	1500	700	800
Achocalla	Torrentera	San Martín	1500	750	750
Achocalla	Torrentera	Aroma	250	120	130
Achocalla	Torrentera	Comunidad Cotuto	50	20	30
			Sub-total	5500	2690
Achocalla	Pasajahuira Alpacoma	Los Pinos y los Alamos	550	250	300
Achocalla	Pasajahuira Alpacoma	Tunasani	50	20	30
Achocalla	Pasajahuira Alpacoma	Kentuni	80	30	50
Achocalla	Pasajahuira Alpacoma	Salviani	60	24	36
Achocalla	Pasajahuira Alpacoma	Vizcachani	150	75	75
Achocalla	Pasajahuira Alpacoma	6 de Agosto	500	220	280
Achocalla	Pasajahuira Alpacoma	Entre Ríos	200	100	100
Achocalla	Pasajahuira Alpacoma	Rosario	2000	800	1200
Achocalla	Pasajahuira Alpacoma	InkaMarka	85	46	39
Achocalla	Pasajahuira Alpacoma	Punata	38	18	20
Achocalla	Pasajahuira Alpacoma	Tomatanga	60	25	35
Achocalla	Pasajahuira Alpacoma	Sasari	1500	700	800
			Subtotal	5273	2308
Achocalla	Titiri	Pacajes	1806	806	1000
Achocalla	Titiri	Juntu Huma	400	200	200
			Subtotal	2206	1006
Achocalla	Huacarani-Putiri	Putiri	400	220	280
Achocalla	Cañuma Pampa	Cañuma	470	230	250
Achocalla	Villa Alonso	Alonso	230	110	120
Achocalla	Pucarani	Pucarani	4250	2000	2250
Achocalla	Markiviri	Markiviri	2700	1200	1500
			TOTAL	32.632	15.707
					17.035

Fuente: Elaboración Propia

Los pobladores del municipio de Achocalla en su mayoría son originarios del lugar, a excepción de las urbanizaciones nuevas. Contrariamente en la ciudad de El Alto, el mayor porcentaje de los pobladores son migrantes de distintos lugares del país.

Las diferentes zonas están organizadas en juntas vecinales, en algunos casos persisten otro tipo de organizaciones como los sindicatos agrarios (típicos de áreas rurales), también existen organizaciones de comerciantes y transportistas.

4.1.2. SERVICIOS BÁSICOS

Las zonas de El Alto tienen en su mayoría agua potable y alcantarillado, mientras que el municipio de Achocalla carece de estos servicios aunque han logrado establecer sistemas de distribución de agua a partir de tanques e instalaciones domiciliarias de agua proveniente de las vertientes.

Servicio eléctrico domiciliario en el Cantón Achocalla:

Todas las comunidades de Achocalla, cuentan con servicio de energía eléctrica y con luminarias en sus vías principales.

Servicio eléctrico domiciliario en el Alto

Todas las zonas tienen acceso al servicio de electricidad domiciliaria excepto las zonas Central Alpacoma y Villa Tejada Alpacoma Bajo donde la cobertura es parcial.

4.1.3 EDUACION Y SALUD

Salud

En cuanto a los servicios de salud, estos son limitados en los municipios de El Alto y Achocalla. De acuerdo al estudio socioeconómico en el municipio de Achocalla se cuenta con dos centros de salud y dos postas sanitarias:

Tabla 4. Centros de salud en los municipios de El Alto y Achocalla

	Nº de personas que trabajan	Nº de médicos	Nº enfermeras	Nº auxiliar de enfermera
Centro de salud Apóstol Santiago	6	2 (cirujanos)	1	3
Centro de salud Tuni	2	1	1	-
Posta sanitaria Layuri	2	1	-	1
Posta Sanitaria zona Norte Distrito 7	2	1	-	1

Fuente: Elaboración Propia

En las seis zonas de estudio del Municipio de El Alto, se han identificado tres centros de salud para una población superior a las 11.000 personas, por lo que, los pacientes en muchos casos deben asistir a centros de salud de otras zonas.

Tabla 5. Centros de salud en el área del proyecto

Zona	Centro de salud				
	Ubicación	Nº de personas que trabajan	Nº de médicos	Nº enfermeras	Nº de pacientes atendidos al día
1 Villa Exaltación 2da sección	Área de equipamiento	11	2	3	52
2 Anexo Santa Rosa	Frente Iglesia	10	1	5	70
	Santa Rosa				

Fuente: Elaboración Propia

Educación

Según datos del Ministerio de Educación, Achocalla tiene una población de 16.721 personas (año 2011), de los cuales 4.871 son niños y jóvenes en edad escolarizada (4 a 17 años). Sin embargo, existen 5.110 niños y jóvenes matriculados, lo que significa la existencia de estudiantes con sobre edad (personas mayores de 17 años estudiando). La relación de género de la población estudiantil es de, 28,47% mujeres y 30,97% de hombres.

Por otro lado, se hace difícil determinar la población estudiantil de las zonas afectadas del El Alto debido a la inexistencia de datos desgregados por zonas y barrios y fundamentalmente de lugares afectados.

4.1.4. INFRAESTRUCTURA VIAL Y TRANSPORTE

Una de las características de la ciudad de El Alto es su desarrollo poco planificado con vías de transporte medianamente accesibles. La más importante, la carretera panamericana con gran riesgo de afectación por su proximidad.

Las tres zonas afectadas de la ciudad de El Alto cuentan con servicio de transporte público regular, mediante líneas de minibuses y colectivos. La calidad de las vías de acceso es variada, entre regular y pésima, fundamentalmente en época de lluvias y sobre todo en Villa Exaltación 3ra sección, cuyas calles sufren inundaciones, debiendo los vecinos buscar maneras de evacuar las aguas hacia Achocalla.

El Municipio de Acholla ubicada en la parte baja, cuenta con una vía principal de acceso que une con El Alto y atraviesa la población de Achocalla para conectar con la ciudad de La Paz, en el sector de Mallasa. El servicio de transporte público es regular con minis buses que prestan sus servicios hasta Achocalla y muy escasa o nula a otras urbanizaciones y/o asentamientos humanos.

4.1.5. VIVIENDA

Tipo de viviendas en el municipio de Achocalla

Se evidencian un contraste marcado en los materiales y formas de construcción, por un lado, la persistencia de lo rural y por otro la superposición de lo urbano moderno. En este sentido, las áreas urbanas, preponderantemente tienen acceso a energía eléctrica y agua por cañería, por su parte las ubicadas fuera del radio urbano en muchos casos tienen luz pero consumen agua de pozo.

En los sectores urbanos con frecuencia las casas son de dos plantas. En cambio en el rural, las viviendas generalmente consta de dos o tres habitaciones que tienen diferentes usos, uno de estas es destinada a la cocina, por lo general no cuentan con alcantarillado, tienen corrales para las ovejas o chanchos, algunas viviendas cuentan con espacios especiales para almacenar algunos alimentos o forrajes que producen.

Tipo de viviendas en los sectores del municipio de El Alto

En la mayoría de las zonas de estudio, las viviendas habitadas son propias. Las viviendas son generalmente de una planta y rústicas, el material utilizado en las mismas son: el ladrillo y en menor porcentaje de adobe, con techos de calamina. Muchas de las viviendas se encuentran en proceso de construcción.

Los datos de encuesta grupal, reflejan los siguientes resultados:

Tabla 6. Tipos de vivienda en los municipios de El Alto y Achocalla

Zona	Nº de plantas	Ladrillo %	Adobes %	techos	Estructura	Estado
Villa Exaltación 2da sección	una	60	40	calamina	simple	Regular
Anexo Santa Rosa	una	30	70	calamina	simple	Regular
Villa 31 de octubre	una	50	50	calamina	simple	Regular
Central Alpacoma	una	30	70	calamina	simple	Regular
Villa Tejada Alpacoma Bajo	una	70	30	calamina	simple	Regular
Villa Exaltación 3ra sección	una	80	20	calamina	simple	Regular

Fuente: Elaboración Propia

4.1.6. SISTEMAS PRODUCTIVOS

Las actividades económicas de los habitantes de esta cuenca son diversas, entre las que se destacan:

Sistemas productivos en las zonas del municipio de Achocalla

Agricultura

Es una de las principales actividades económicas en el municipio de Achocalla, destacándose la producción de: papa, cebada, haba y oca, casi siempre a secano. Existen comunidades como Kella Kella que tienen microrriego y durante los últimos años se ha incrementado la producción de hortalizas en carpas solares.

Los productos son comercializados en los mercados de La Paz y El Alto, con cierta ventaja por su proximidad. Sin embargo, se reconoce que la actividad de la agricultura habría bajado debido a la creciente industria extractiva (fábrica de ladrillos y explotación de áridos), ligada a la construcción y manufactura, donde las personas hallan una ocupación independiente y fundamentalmente asalariada.

Ganadería

La ganadería está caracterizada por la crianza de bovinos, ovinos, porcinos, équidos y animales menores. En el valle húmedo. La explotación ganadera se caracteriza por ser extensiva y a pequeña escala, se basa principalmente en la crianza de ganado criollo; con la reciente introducción de ganado bovino mejorado de la raza Holstein y Pardo Suizo, con propósitos de producción de leche y derivados, con resultados óptimos de rendimiento y crecimiento permanente, lo que ha permitido la conformación de una asociación de productores lecheros apoyados por algunas ONGs.

Industria

En el Municipio de Achocalla se desarrollan varias actividades industriales, la principal es la industria ladrillera. La mayoría de las fábricas de ladrillo se encuentran en Alpacoma, actualmente son 79 ladrilleras que cuentan con su Registro Ambiental Industrial.

La Asociación Cerámica Roja con 52 afiliados, realizó una fuerte inversión para la conexión de gas a sus hornos y tiene prohibida la utilización de llantas como combustible, otras asociaciones se encuentran en proceso de adecuación, pero aún continúan quemando llantas, por lo que, la población se ve afectada por la contaminación del aire.

La explotación de áridos, es otra actividad en el sector, la misma se realiza en ríos y en tierra firme, por asociaciones y grupos familiares. Esta actividad aún no se encuentra regulada.

Micro-cervecería Saya Beer, Fundada en 1997, dedicada a la fabricación de diferentes tipos de cervezas, elaboradas con pura malta, libres de conservantes logrando así un sabor fresco y natural, es una cerveza artesanal bajo estándares internacionales de calidad. Por sus características es cotizado en el mercado.

En el municipio hay tres mataderos y sólo uno de ellos se encuentra en proceso de conseguir su licencia ambiental. Algunos de los entrevistados se quejaron de malos olores y disposición de residuos cárnicos en los ríos.

También se cuenta con tres transformadoras de productos agrícolas que producen papas fritas, estas tres empresas tiene Registro Industrial Ambiental, y por ultimo una refinería de aceite que presentó sus documentos al GAMA para obtener su licencia funcionamiento.

Existen otras de menor magnitud.

Comercio

En el municipio de Achocalla se tienen dos ferias importantes: la feria en la población Layuri, en la que participan todas las comunidades del altiplano y la feria Bio Achocalla, promovida por la AOPEB y el GAMA, que se desarrolla en la comunidad de Pucarani. La peculiaridad de la Bio Achocalla, es la venta de productos ecológicos como verduras orgánicas, bebidas sin conservantes, medicamentos y tónicos naturales, cosméticos, productos lácteos, café orgánico, etc.

Relleno Sanitario

El Relleno Sanitario Nuevo Jardín ubicado en Alpacoma, o más conocido como botadero de desechos sólidos generados en La Paz, se constituye en una fuente potencial de contaminación ambiental, causando malestar y repudio por los pobladores por la fetidez e incremento de la población de moscas, vectores de enfermedades.

Turismo

Esta actividad es importante para el municipio de Achocalla, toda vez que muchos pobladores de La Paz y fundamentalmente El Alto entre otros extranjeros, frecuentemente, visitan sus atractivos.

Tabla 7. Actividades turísticas en el municipio de Achocalla

Atractivo	Tipo de Atractivo	Lugar de ubicación	Tipo de turismo
Chullpa de Kotaña	Arqueológico	Viacha	Tradicional
Pintura rupestre	Arqueológico	Muyukani Calluma	
Iglesia de Santiago	Histórico	Villa Concepción	Tradicional
Valle de los ancestros	Paisaje natural	Pueblo de Achocalla	Aventura
Laguna de Achocalla	Paisaje natural	Aima	Tradicional
Paseo en cuadratrack	Natural	Valle de las Animas	Especializado
Bicicleta de montaña	Histórico	Aima	Especializado

Fuente: Elaboración Propia

Sistemas productivos en las zonas del municipio de El Alto

En las zonas del estudio se identificaron varias actividades productivas y comerciales.

Comercio

La población tiene una alta dinámica comercial al interior de las zonas y también externa, generando recursos y dinamizando la economía de El Alto, el incremento de la actividad comercial resulta ser una de las más destacadas.

Tabla 8. Principales actividades comerciales

Zona	Mercados	Tiendas de barrio	Otro tipo	Otros lugares de provisión
Villa Exaltación 2da sección zonal	si	20	Feria	
Anexo Santa Rosa 30		Sí		
Villa 31 de octubre	no	10		Ceja de el Alto
Alto Central Alpacoma	si	10		Ceja de el Alto
El Alto Villa Tejada Alpacoma Bajo de El Alto	si	7		Ceja de el Alto
Villa Exaltación 3ra sección	si	20	Feria zonal	

Fuente: Elaboración Propia

Industria

De las seis zonas estudiadas sólo en Villa Exaltación 2da sección se identifican dos fábricas de colchones; en las zonas Central Alpacoma y Tejada Alpacoma Bajo existen ladrilleras artesanales, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 9. Principales industrias identificadas

Zona	Industria	Tipo de industria
Villa Exaltación 2da sección	si	2 fábricas de colchones
Anexo Santa Rosa	no	
Villa 31 de octubre	no	
Central Alpacoma	no	Ladrilleras artesanal
Villa Tejada Alpacoma Bajo	no	Ladrilleras artesanal
Villa Exaltación 3ra sección	no	

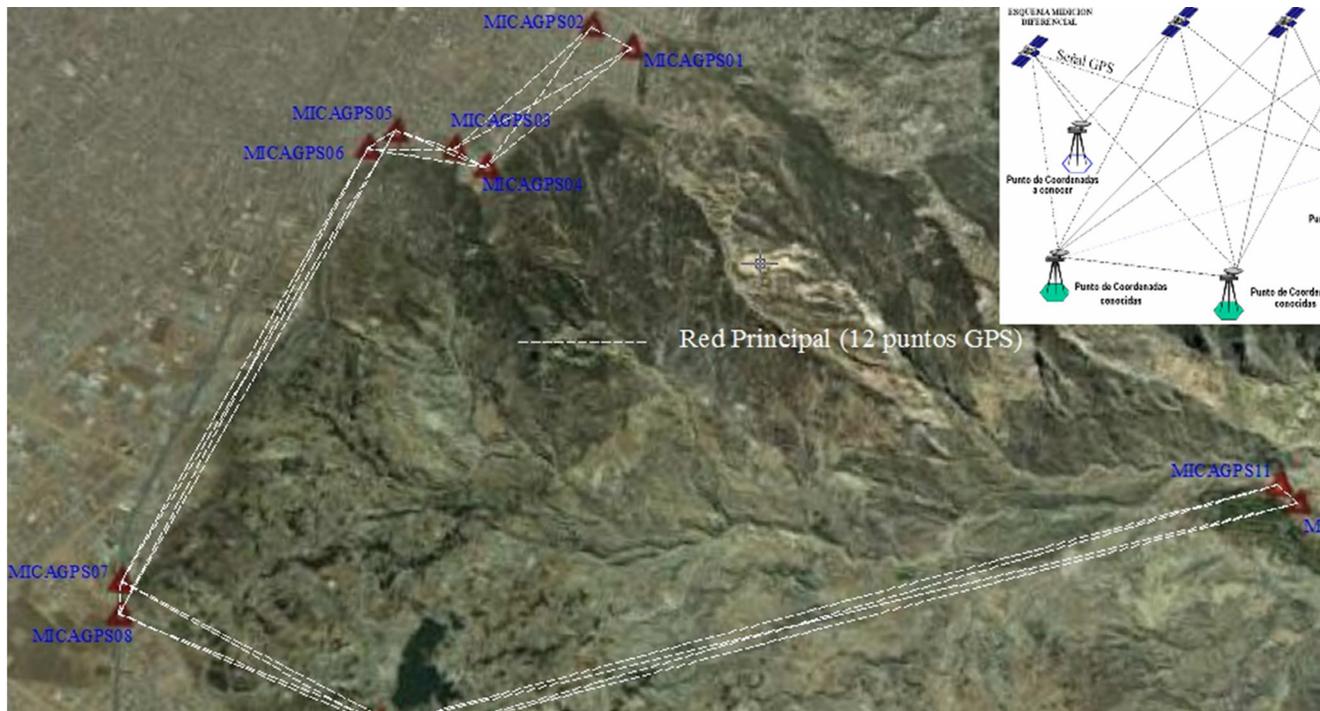
Fuente: Elaboración Propia

5. TOPOGRAFÍA Y PENDIENTE DEL TERRENO

5.1 RED DE BM'S GEOREFERENCIADA

Para el control Horizontal y Vertical de los trabajos topográficos, así como para el replanteo de las obras civiles se han procedido a la instalación de 12 puntos GPS georeferenciados y nivelados con la precisión necesaria, distribuidos en el área de estudio figura 1.

Figura 1. Esquema de observación red principal utilizando 4 receptores GPS



5.2. MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL

Un modelo digital de terreno (MDE) es una representación de la topografía (altimetría y/o batimetría) de una zona terrestre (o de un planeta telúrico) en una forma adaptada a su utilización mediante un ordenador digital. En el marco del presente estudio han sido consideradas dos fuentes primarias (fotografías satelitales):

- **SRTM (SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION)**

La Misión Topográfica de Radar volada en el Transbordador Espacial, también conocida en inglés como SRTM despegó el 11 de febrero del 2000, y utilizó los mismos instrumentos de radar que los de la misión SIR-C/X-SAR, la cual viajó dos veces en el transbordador Endeavor en 1994. La misión fue diseñada para recoger datos tri- dimensionales de la superficie terrestre para lo cual se añadió un mástil de 60 metros de largo (200 pies), una antena adicional de radar en las bandas C y X, y otros sistemas de navegación más precisos.

- **ASTER GDEM (ADVANCED SPACE BORNE THERMAL EMISSION AND REFLECTION RADIOMETER GLOBAL DIGITAL ELEVATION MODEL)**

El Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón (METI) y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), elaboraron un nuevo modelo digital de elevación a nivel mundial ASTER GDEM (ASTER Global Digital Elevation Model), confeccionado a base de aproximadamente 1,3 millones de imágenes estéreo tomadas desde el año 2000 hasta el 2008 por el radiómetro japonés ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) que orbita dentro del

satélite multinacional Terra, lanzado al espacio en Diciembre de 1999.

Los datos de elevación fueron obtenidos de las fuentes de libre disponibilidad en el internet, consiguiendo el producto estándar ASTER.

5.3. PENDIENTES

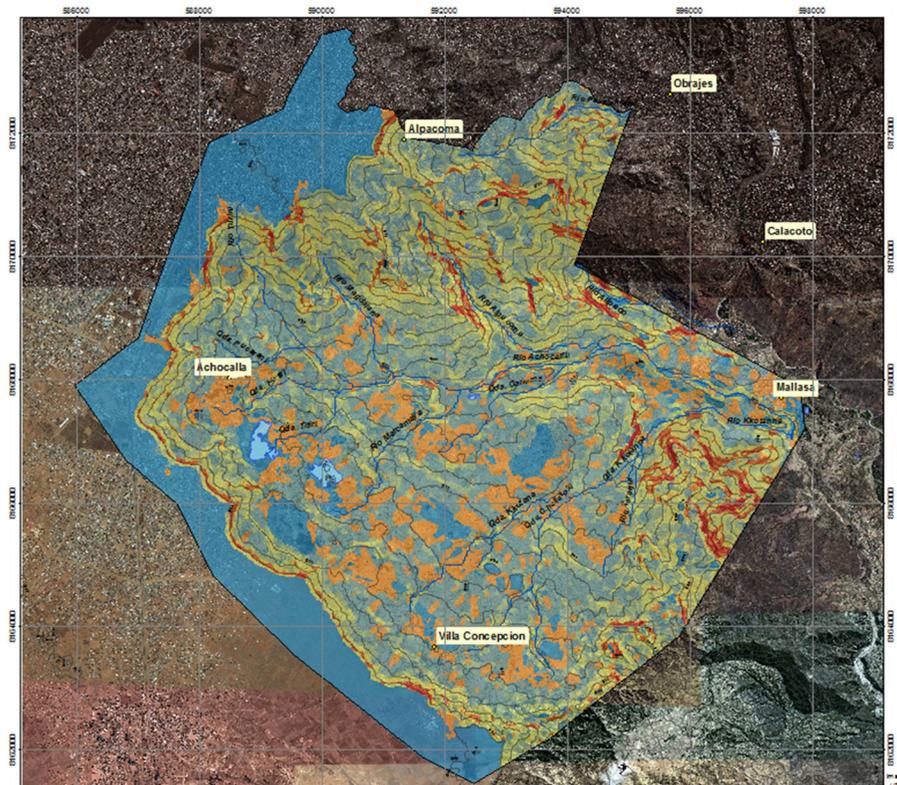
El área de estudio ha sido dividida en ocho categorías o intervalos de pendientes. A partir de un proceso de interpolación de curvas de nivel partiendo de los modelos de Elevación Digital I, aplicando técnicas avanzadas de tratamiento digital, se obtuvieron los siguientes rangos de pendiente.

Tabla 10. Pendiente en las cuencas Alpacoma, Achocalla y Pasajahuira y sus áreas

Unidad de pendiente	m ²	Has	km ²
0-5%	16594800	1659,48	16,6
5-10%	10041900	1004,19	10,0
10-20%	20953700	2095,37	21,0
20-30%	14767600	1476,76	14,8
30-45%	12722500	1272,25	12,7
45-55%	3712800	371,28	3,7
55-75%	2430900	243,09	2,4
>75%	667100	66,71	0,7
Total	81842616,5	8184,3	81,8

Fuente: Elaboración Propia

Figura 2. Mapa de Pendientes de las Cuencas Alpacoma, Achocalla y Pasajahuira



Fuente: Elaboración Propia

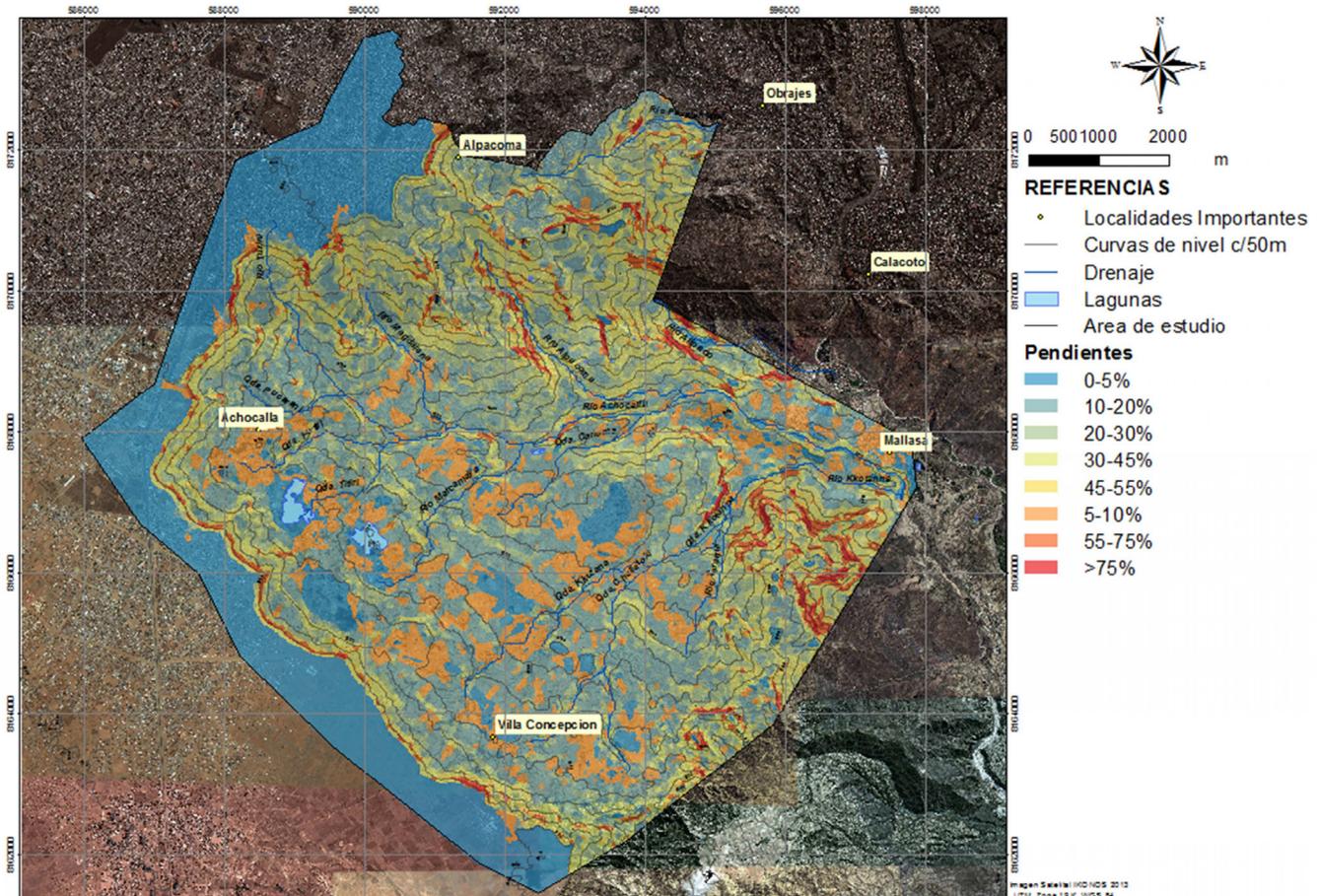
6. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El estudio hidrológico fue elaborado como parte del diagnóstico y contemplan los siguientes aspectos.

6.1. ASPECTOS HIDROMORFOLOGICOS

Se han identificado 16 cuencas.

Figura 3. Mapa de Pendientes de las Cuencas Alpacoma, Achocalla y Pasajahuirá

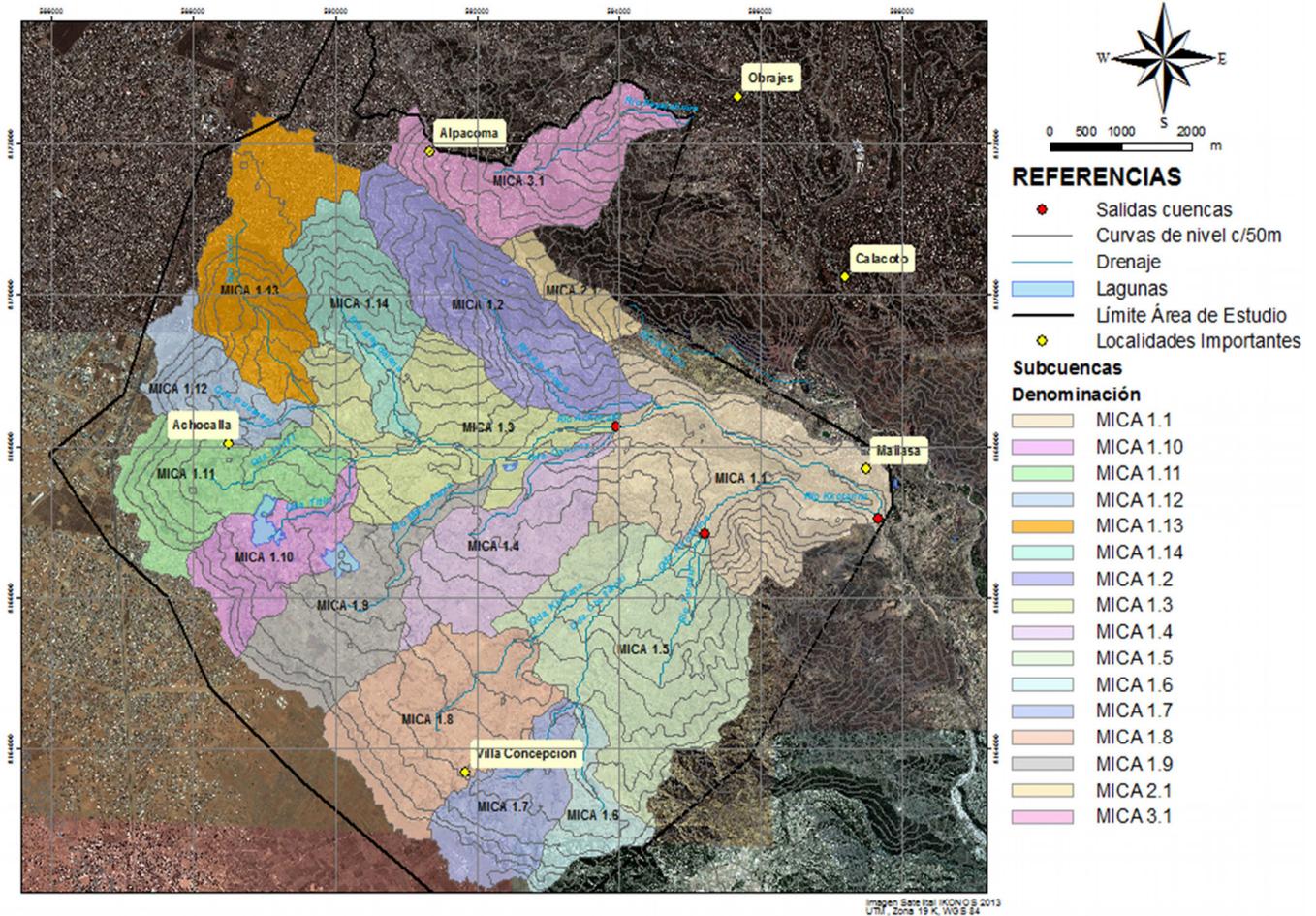


Fuente: Elaboración Propia

Vemos que las cuencas de cabecera presentan mayores pendientes como era de esperarse, donde la sub-cuenca MICA 1.13 tiene una importante área con pendientes menores a 5 grados esto debido a la parte plana de la cuenca sobre El Alto. Las sub-cuencas con mayor área de pendientes mayores a 30 grados son la MICA 1.2, 1.10, 1.1, 3.1 y 1.13. En la sub-cuenca 1.2 se encuentra la zona de Alpacoma; en la MICA 1.10 la zona Titiri y en la MICA 1.13 Arco iris. Se sabe que las cuencas más impermeabilizadas son las que responderán de forma más rápida y con mayor volumen a eventos de precipitación y las cuencas más conservadas y con mayor área de vegetación serán las que puedan almacenar más agua y atenuar los picos en eventos extremos.

Las sub-cuencas más degradadas están en la parte alta por ejemplo la MICA 1.2 y la MICA 1.9 donde su área degradada es mayor al 5%, de las sub-cuencas intermedias la más degradada es la MICA 1.5. En las sub-cuencas de la parte alta se espera mayor erosión laminar y por ende mayor degradación del terreno.

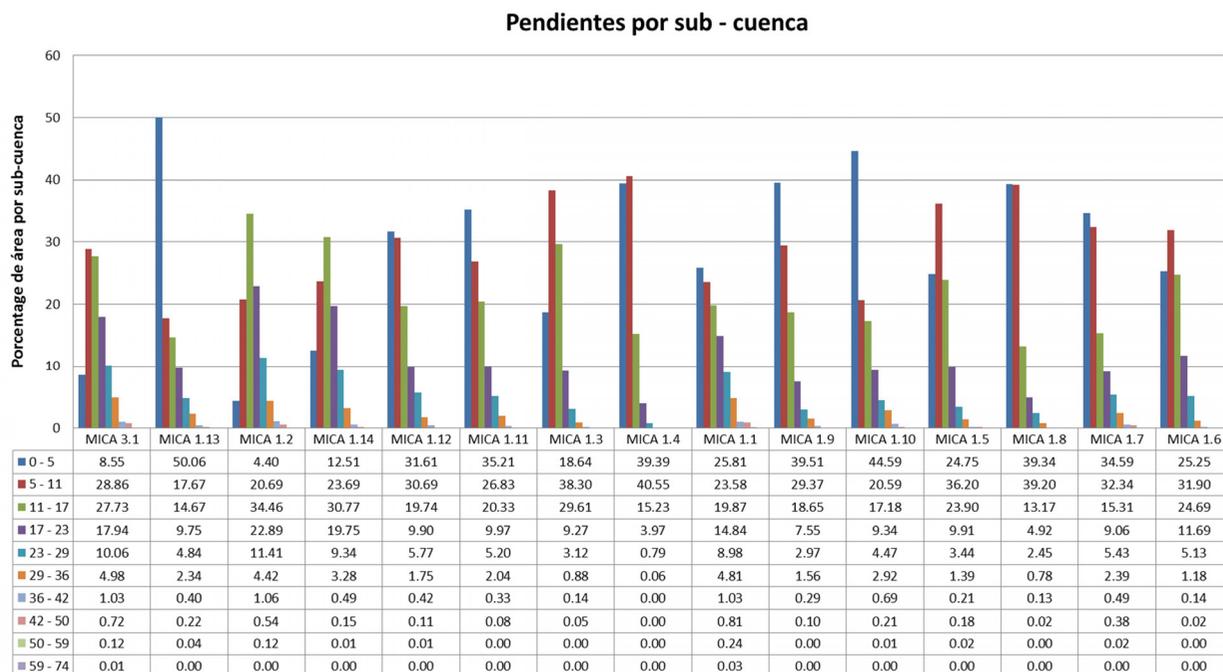
Figura 4. Subcuencas del proyecto



Fuente: Elaboración Propia

Se presenta un resumen de las características hidromorfológicas, notando que la superficie de drenaje de las sub-cuencas varía de 1.6 a 64.1 km², observando que de las 16 sub-cuencas, 13 tienen una superficie inferior a los 5.5 Km².

Figura 5. Distribución de pendientes por sub-cuenca



Fuente: Elaboración Propia

6.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

El clima de la zona es frío, durante 10 meses del año, con frecuencia se registran temperaturas inferiores a 0°C; la precipitación promedio anual es de 572 mm, gran parte de la misma se concentra entre los meses de octubre a abril, periodo en el que ocurre el 90 % de la precipitación anual.

El número promedio de días con precipitación es de 122 al año. La precipitación máxima diaria es de 59.9 mm en promedio y se registra en el mes de febrero. La humedad relativa promedio es de 56 %, variando desde 70% en febrero hasta un 44% en el mes de junio, la evaporación promedio es de 4.1 mm/día, típica de zonas secas con valores elevados de radiación solar.

6.3. CARACTERIZACIÓN HIDROMETEREOLÓGICA

6.3.1. PRECIPITACIÓN ANUAL

Para la determinación de la precipitación anual se han utilizado los registros de la estación de Achocalla, de los últimos 15 años comprendidos entre los años 1998 a 2012, como representativos para toda la zona de estudio, se aclara que se carecen de registros anteriores.

Tabla 11. Precipitación mensual y anual (mm) - Estación Achocalla (Fuente SENAMHI)

AÑO														TOTAL
HIDROLOGICO		AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	ANUAL
1998	1999	8.5	7.0	63.5	55.4	80.1	79.5	53.9	107.3	7.5	2.6	0.0	8.6	473.9
1999	2000	0.1	50.8	11.4	18.8	68.2	62.3	55.6	70.6	3.6	3.2	39.8	0.0	384.4
2000	2001	20.8	1.0	39.7	49.2	119.5	286.9	98.4	0.0	29.9	32.4	17.6	13.0	708.4
2001	2002	8.6	16.8	51.3	18.6	64.9	114.2	117.3	71.7	13.6	13.3	12.7	20.4	523.4
2002	2003	11.1	26.4	45.7	44.8	68.6	135.0	126.5	80.9	11.8	3.7	0.1	0.8	555.4
2003	2004	7.3	45.7	18.9	24.1	108.1	134.7	68.5	70.2	20.2	4.0	3.9	27.6	533.2
2004	2005	28.5	11.9	23.2	45.7	29.8	137.3	73.8	33.3	17.0	0.3	0.0	0.1	400.9
2005	2006	0.1	66.7	103.7	81.4	61.6	157.1	104.3	166.4	22.4	1.4	3.1	0.0	768.2
2006	2007	17.8	25.3	36.7	95.4	70.5	103.3	92.3	95.0	63.6	11.3	0.0	40.6	651.8
2007	2008	0.4	36.4	12.7	84.5	92.9	185.1	72.0	105.8	3.2	3.3	6.6	0.1	603.0
2008	2009	3.1	12.9	30.4	20.6	161.5	107.8	101.6	21.6	18.3	1.5	0.0	11.6	490.9
2009	2010	3.9	29.1	39.6	72.1	124.9	109.5	214.9	21.8	11.7	14.7	0.0	2.8	645.0
2010	2011	9.8	10.2	67.5	18.3	136.8	80.0	188.3	75.4	0.2	6.3	0.0	7.3	600.1
2011	2012	0.2	15.1	21.4	36.1	148.9	145.7	133.0	107.7	44.2	2.1	3.3	5.9	663.6

Fuente: Elaboración Propia

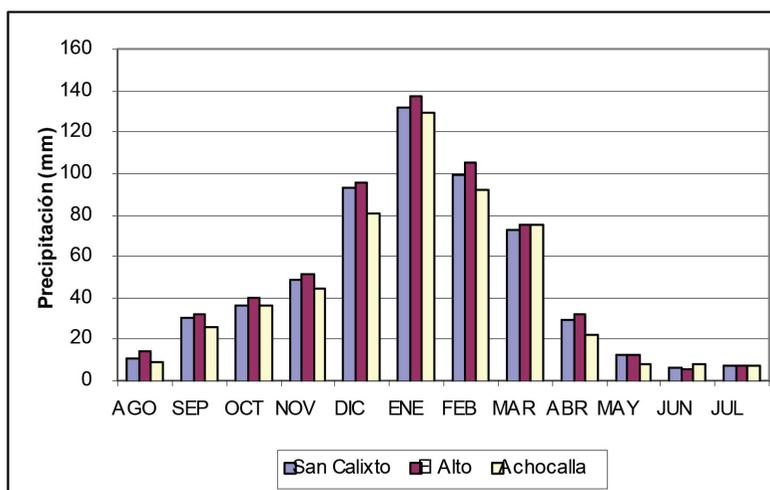
De la precipitación anual en Achocalla, han sido determinados los siguientes valores característicos:

- Precipitación para año Seco: P = 496 mm.
- Precipitación para año Normal: P = 572 mm.
- Precipitación para año Húmedo: P = 647 mm.

6.3.2. PRECIPITACIÓN MENSUAL

Los valores de precipitación promedio mensual en las estaciones de El Alto, Achocalla y San Calixto, son mostrados en la Tabla 11, los valores de precipitación son muy similares en las tres estaciones.

Figura 6. Precipitación mensual



Fuente: Elaboración Propia

6.3.3. TEMPERATURA

La caracterización de la temperatura en la zona de estudio ha sido efectuada en base a los registros de las estaciones de: El Alto (4071). San Calixto (3658). Central La Paz (3632) y Achumani (3200).

La altitud promedio de la zona que abarca todas las subcuencas consideradas es de 3700.msnm, con altitudes que van de los 3.203 a los 4.078 msnm. En términos generales se asume que en la parte alta de la zona de estudio se tendría un comportamiento similar a El Alto, mientras que en la zona más baja de la cuenca se pondría asumir un comportamiento de la temperatura similar a San Calixto.

En la Figura 2.9, se presentan las temperaturas promedio para las estaciones indicadas, observando que se tienen los **menores valores** para El Alto que se encuentra a mayor altitud, la estación de Central La Paz presenta los mayores valores de temperatura promedio mensual. En la Figura 2.10, se presenta una caracterización de la temperatura **máxima extrema** en la zona de estudio, observando que no hay una variabilidad espacial importante para esta magnitud.

6.3.4. ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS

En la metodología se asume que el máximo escurrimiento ocurre cuando la totalidad de la cuenca está contribuyendo al escurrimiento y que el caudal máximo es igual a cierto porcentaje de la intensidad de la lluvia. La ecuación del método Racional es:

$$Q = 0.278 * C * I * A$$

Dónde:

Q = caudal máximo (m³/s)

C = coeficiente de escurrimiento, adimensional

I = intensidad de lluvia (mm/h) A = área de la cuenca (km²)

0.278 es un factor utilizado para compatibilizar unidades

El coeficiente de escurrimiento C, fue determinado en forma indirecta a través del número de la curva de escurrimiento CN del Soil Conservation Service. Este número de curva de escurrimiento CN ha sido obtenido asignándose a cada pixel una asignación numérica en función de los resultados de otros estudios específicos referidos al uso actual de la tierra y la geomorfología. Con la ayuda del programa SIG-ILWIS se ha realizado el cruce o combinación de atributos para determinar finalmente un CN característico de cada microcuenca. La integración espacial requiere de mapas de cobertura vegetal y uso actual de la tierra del área de estudio. La relación entre C y CN es obtenida mediante tablas asociadas a otro mapa temático, el uso de suelo de la cuenca.

Los resultados obtenidos permiten también calcular caudales específicos; por ejemplo, para un periodo de retorno de 50 años el caudal específico varía de 2.0 a 2.6 m³/s/km².

Tabla 12. Caudal máximo para periodos de retorno indicados en cuencas del proyecto

Subcuenca	Superficie (km ²)	CN	C	Caudal de Diseño (Q)						
				(m ³ /s)						
				Tr= 2	Tr= 5	Tr= 10	Tr= 20	Tr= 50	Tr= 100	Tr= 200
MICA 1.2	5.5	85.8	0.46	8.3	9.7	10.5	11.4	12.5	13.3	14.1
MICA 1.13	4.8	85.2	0.46	7.6	8.8	9.6	10.4	11.3	12.1	12.8
MICA 3.1	4	85	0.46	7	8.1	8.8	9.5	10.4	11.1	11.8
MICA 1.14	3.2	84.7	0.46	5.6	6.5	7.1	7.7	8.4	9	9.5
MICA 1.8	5.5	84	0.46	7.4	8.5	9.3	10.1	11	11.8	12.5
MICA 1.7	2.8	84	0.46	4.3	5	5.5	5.9	6.5	6.9	7.3
MICA 1.11	3.9	83.9	0.46	5.3	6.1	6.7	7.2	7.9	8.4	8.9
MICA 2.1	1.5	84.3	0.46	3.3	3.8	4.2	4.5	4.9	5.3	5.6
MICA 1.12	2.2	83.3	0.46	3.4	4	4.3	4.7	5.1	5.5	5.8
MICA 1.10	2.7	83.1	0.46	4.6	5.4	5.9	6.3	6.9	7.4	7.8
MICA 1.9	4.1	82.4	0.45	5.6	6.5	7.1	7.7	8.4	8.9	9.5
MICA 1.4	4.1	82.3	0.45	5.4	6.3	6.9	7.4	8.1	8.7	9.2
MICA 1.6	1.6	82.3	0.45	2.7	3.2	3.5	3.7	4.1	4.4	4.6
MICA 1.2	5.5	85.8	0.46	1.5	1.8	1.9	2.1	2.3	2.4	2.6
MICA 1.13	4.8	85.2	0.46	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.5	2.7
MICA 3.1	4	85	0.46	1.7	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3
MICA 1.14	3.2	84.7	0.46	1.7	2	2.2	2.4	2.6	2.8	2.9
MICA 1.8	5.5	84	0.46	1.3	1.6	1.7	1.8	2	2.1	2.3
MICA 1.7	2.8	84	0.46	1.5	1.8	2	2.1	2.3	2.5	2.6
MICA 1.11	3.9	83.9	0.46	1.3	1.6	1.7	1.8	2	2.1	2.3
MICA 2.1	1.5	84.3	0.46	2.2	2.6	2.8	3	3.3	3.5	3.7
MICA 1.12	2.2	83.3	0.46	1.6	1.8	2	2.1	2.3	2.5	2.6
MICA 1.10	2.7	83.1	0.46	1.7	2	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9
MICA 1.9	4.1	82.4	0.45	1.4	1.6	1.7	1.9	2.1	2.2	2.3
MICA 1.4	4.1	82.3	0.45	1.3	1.5	1.7	1.8	2	2.1	2.3
MICA 1.6	1.6	82.3	0.45	1.7	2	2.2	2.3	2.5	2.7	2.9

Fuente: Elaboración Propia

También se ha aplicado el Método del Hidrograma Unitario Sintético del SCS. Para el “Sistema de Modelación Hidrológica – Tormenta de Proyecto” que ha sido aplicado para determinar el hidrograma en las secciones de control S1.1, S1.3 y S1.5. Los datos de entrada al modelo son tormentas de diseño, que en el presente trabajo son determinadas a partir de la caracterización de lluvias extremas

6.3.5. Modelación hidráulica del flujo

Como parte del diagnóstico han sido determinados los perfiles de flujo, las velocidades y los esfuerzos cortantes a los que está sometido el cauce para las quebradas y ríos principales de la zona de estudio. Para estos cálculos hidráulicos se han utilizado el paquete computacional el HEC-RAS (USACE. 2010), de uso libre. Se adoptó para el cálculo régimen permanente con flujo gradualmente variado.

Los caudales de ingreso al sistema son los calculados en la hidrología para periodos de retorno de 20. 50 y 100 años, mientras que las secciones transversales han sido obtenidas del modelo de elevación digital.

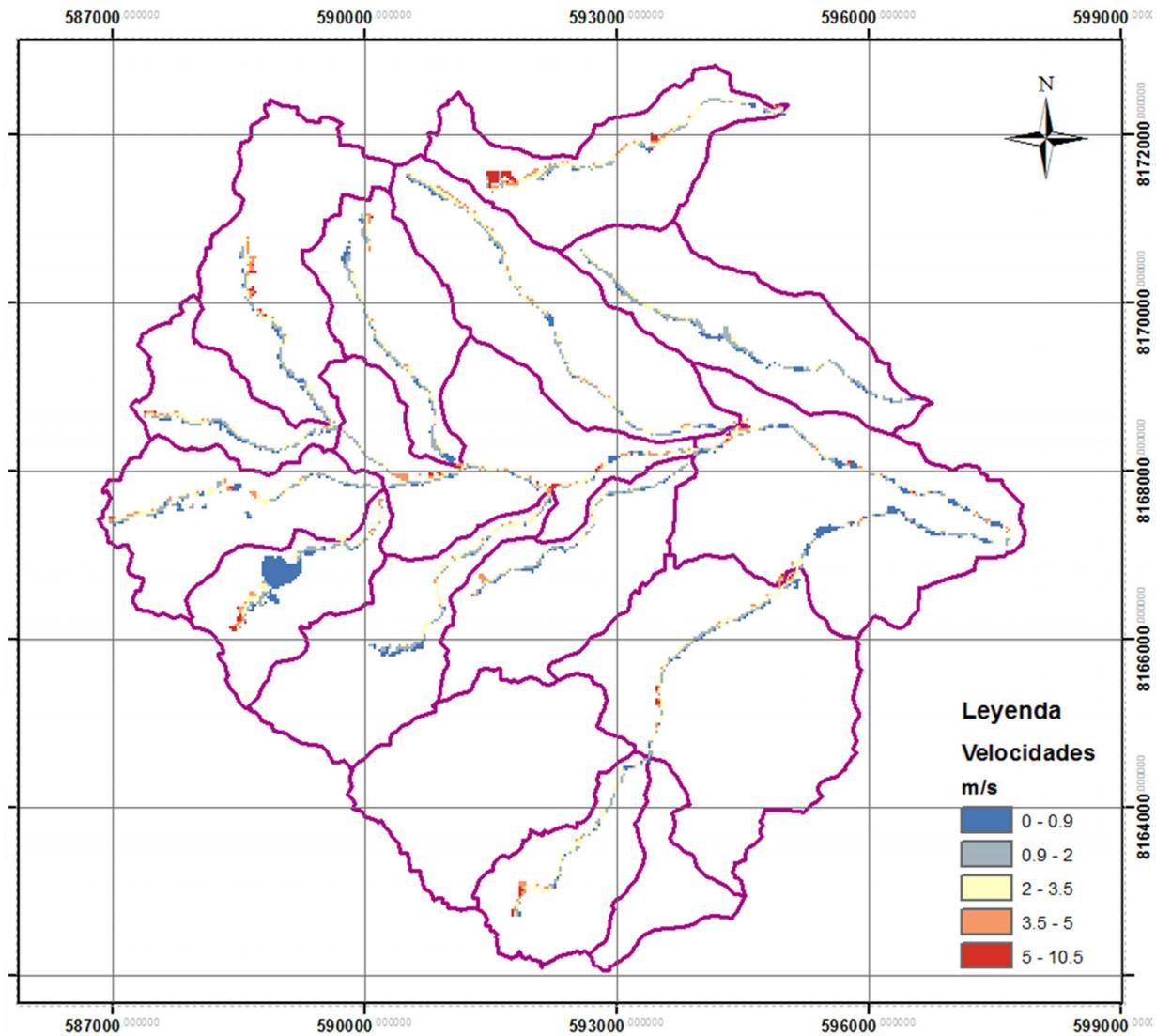
Los pasos seguidos han sido los siguientes:

- Recolección de datos.
- Generación de relieve topográfico.
- Exploración de mapas de elevación digital. Creación de mapas de contorno (curvas de nivel) mapas tipo GRID e interpolación triangular TIN.
- Implementación del modelo de esquematización geográfica en HEC-GeoRAS.
- Desarrollo del modelo hidráulico en HEC-RAS.
- Simulación a régimen permanente para diferentes periodos de retorno.
- Análisis de resultados.

Las velocidades máximas se encuentran en las cabeceras de los cauces, a medida que la pendiente va disminuyendo las velocidades disminuyen. La magnitud alta de los esfuerzos de corte que causan la socavación de los lechos profundizando los cauces y de este modo desestabilizando los taludes laterales.

Los resultados obtenidos con la modelación numérica de los flujos en las quebradas y los ríos son la base para el análisis de las amenazas de inestabilidad de las laderas de los ríos en el área de estudio.

Figura 7. Distribución espacial de velocidades para un evento con periodo de retorno de 50 años



Fuente: Elaboración Propia

7. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGIA

Al respecto se han encontrado algunos estudios del pasado, entre ellos, el estudio geológico realizado por la Dirección de Gestión de Riesgos (DIGIR) del gobierno Autónomo de la ciudad de La Paz, publicado el año 2011. Se ha procedido a un trabajo de campo y gabinete con el mismo detalle de fotointerpretación, con imágenes aéreas, verificación de campo y elaboración a escala 1:25.000 del mapa geológico y geomorfológico.

En el área de estudio, se han identificado formaciones geológicas asociadas al paleozoico (formación Belem) hasta los depósitos cuaternarios recientes, pasando por los depósitos importantes del pleistoceno (formación Milluni) y el plioceno como es la formación La Paz. La descripción de estas y otras formaciones está contenida en la tabla 2.14.

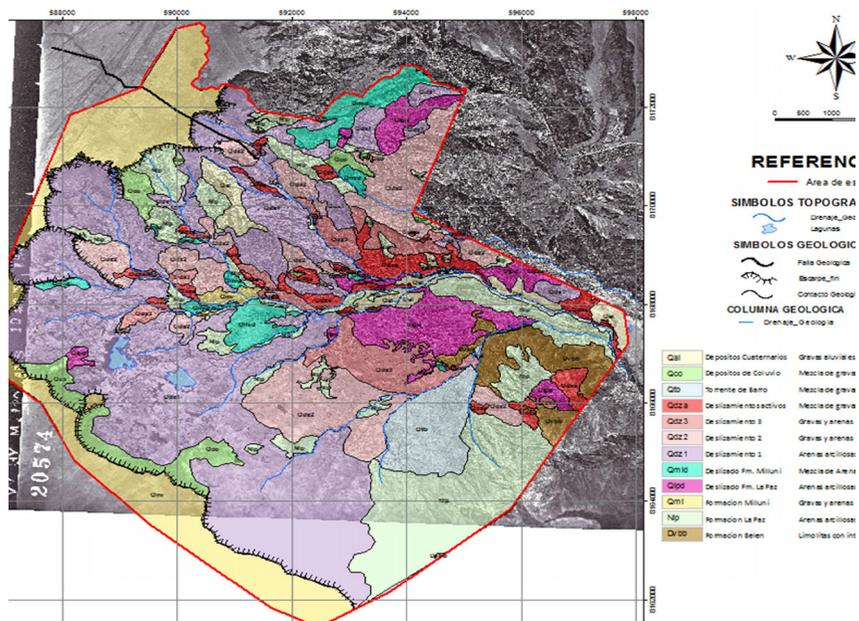
Tabla 13. Columna cronoestratigrafía del área del estudio

ERATEMA		SISTEMA	FORMACION	LITOLOGIA	
CUATERNARIO		HOLOCENO	DEPOSITOS ALUVIALES	Gravas, arenas y limos	
			TERRAZAS ALUVIALES	Gravas, arenas y limos	
			TORRENTE DE BARRO	Mezcla heterogénea de arcillas , limos , arenas, gravas y clastos mayores	
			DESLIZAMIENTO 4	Mezcla heterogénea de arcillas , limos , arenas, gravas y clastos mayores	
			DESLIZAMIENTO 3	Mezcla heterogénea de arcillas , limos , arenas, gravas y clastos mayores	
			DESLIZAMIENTO 2	Mezcla heterogénea de arcillas , limos , arenas, gravas y clastos mayores	
			DESLIZAMIENTO 1	Mezcla heterogénea de arcillas , limos , arenas, gravas y clastos mayores	
		PLEISTOCENO	MILLUNI	Gravas medianas a gruesas con clastos de cuarcitas color pardo claro a gris claro en una matriz limo arcillosa de color de color amarillo	
1,6	1,64	NEÓGENO (Plioceno)	PURAPURANI	Masa heterogénea de clastos de cuarcita gris a café, pizarra negra y areniscas oscura en una matriz de arena fina, limo y arcilla.	
CENOZOICO	CINERITA CHIJINI		Ceniza volcánica de color gris claro con clastos redondeados de granito, cuarcitas en la parte superior, y color rojo claro sin clastos en la parte superior.		
	LA PAZ		Limos, arcillas limosas con gravas gruesas de granito, arenisca, pizarras y arenas lenticulares de color gris a gris claro.		
	PALEOGENO	FORMACION LURIBAY	Conglomerado de color rojo claro intercalado con niveles de areniscas y arcillas		
36,6	35,3	PALEOZOICO	DEVÓNICO INFERIOR	BELÉN	Vaques de color gris oscuro, muy laminadas, intercaladas con niveles de areniscas líficas de color pardo claro
3,25	332,9				
410	408,5				

Fuente: Elaboración Propia

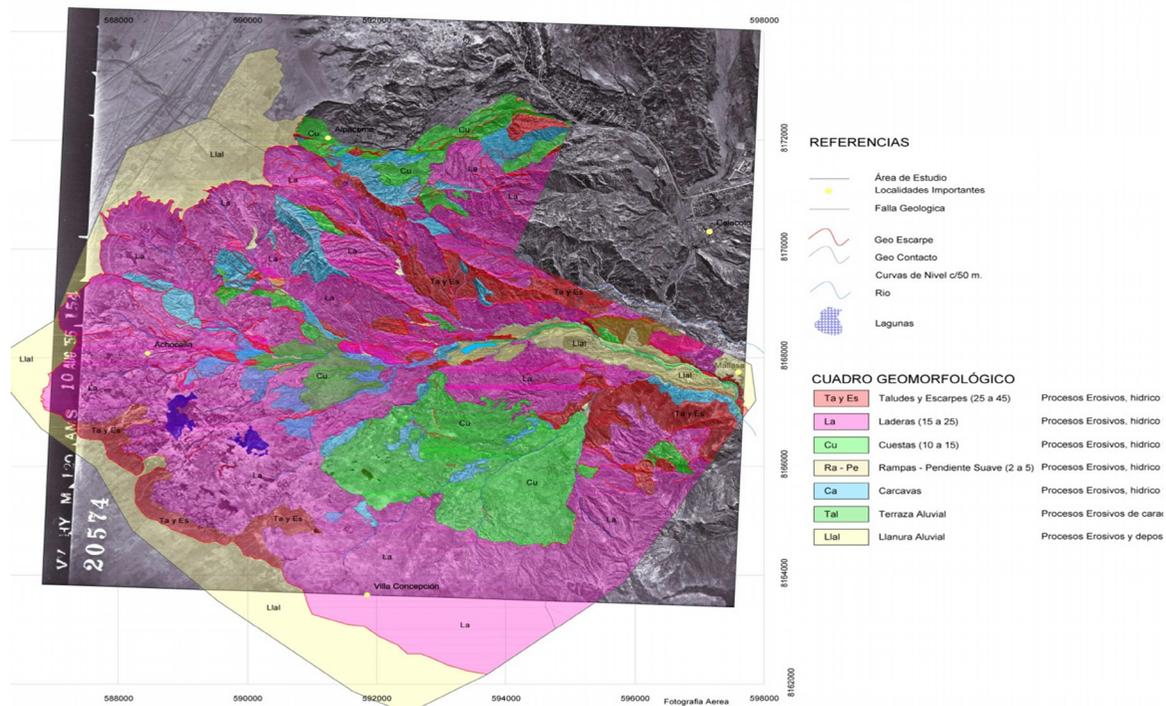
Como resultado se cuenta con el mapa geológico (figura 8) y el mapa geomorfológico (Figura 9). La información contenida en estos dos mapas temáticos es de gran importancia para el estudio.

Figura 8. Geología del área de estudio



Fuente: Elaboración Propia

Figura 9. Geomorfología del área de estudio



8. EDAFOLOGÍA Y EROSIÓN SUPERFICIAL

Las investigaciones de campo han permitido definir 10 unidades edafológicas como suelos consolidados y 6 unidades de suelos como suelos disturbados.

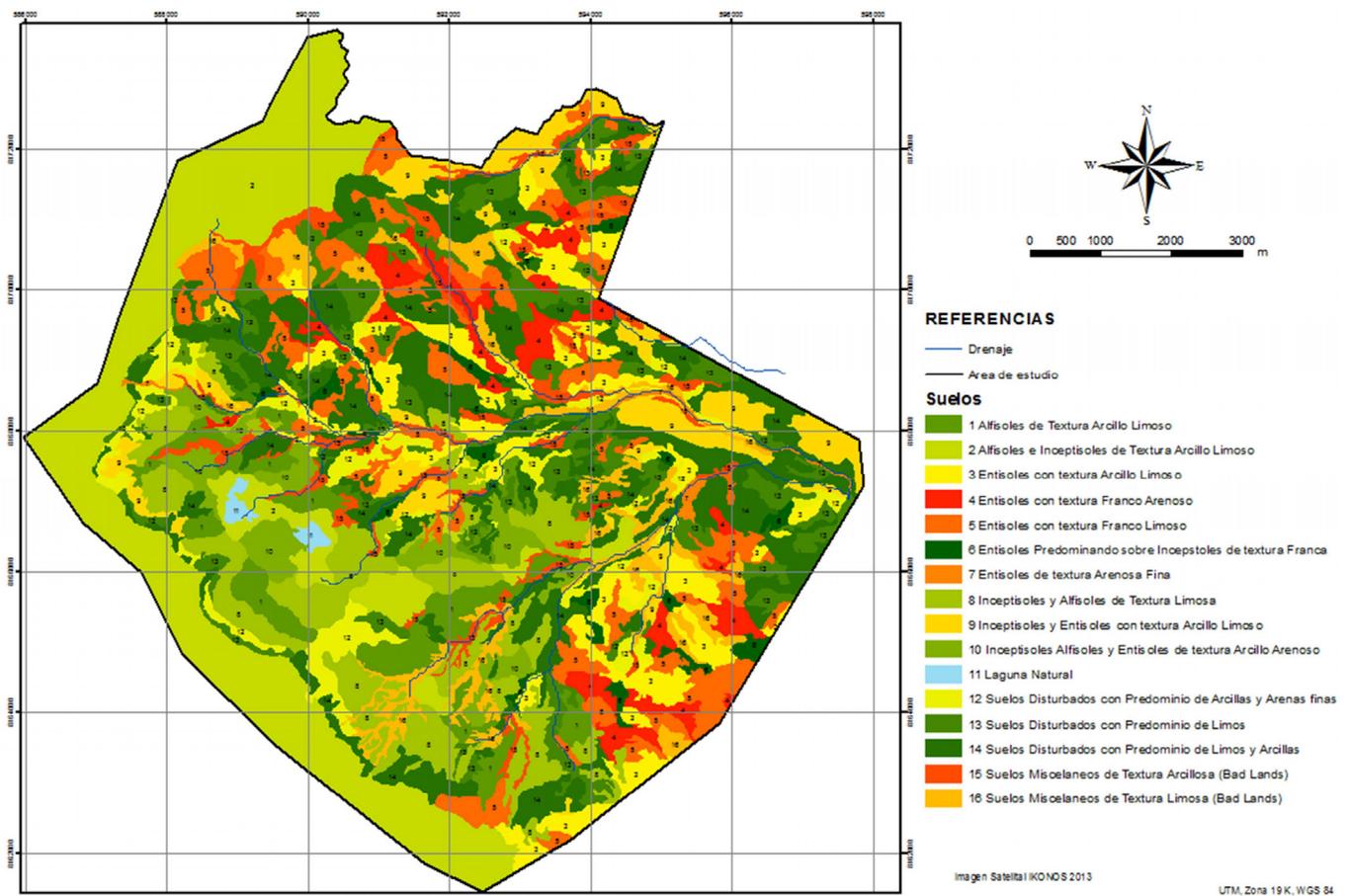
Tabla 14. Superficie de las Unidades de Mapeo de Suelos

Unidad geomorfológica	Superficie		
	m2	Ha	km2
Alfisoles de textura arcillo limoso	3708978,1	370,9	3,71
Alfisoles e inceptisoles de textura arcillo limoso	15081252,3	1508,1	15,08
Entisoles con textura franco arenoso	3222974,2	322,3	3,22
Entisoles con textura arcillo limoso	5595826,0	559,6	5,60
Entisoles con textura franco limoso	6548098,2	654,8	6,55
Entisoles de textura arenosa fina	297986,5	29,8	0,30
Entisoles predominando sobre inceptisoles de textura franca	1323169,7	132,3	1,32
Inceptisoles alfisoles y entisoles de textura arcillo arenoso	2534796,8	253,5	2,53
Inceptisoles y alfisoles de textura limosa	7416063,5	741,6	7,42
Inceptisoles y entisoles con textura arcillo limoso	4735090,1	473,5	4,74
Laguna natural	294203,6	29,4	0,29

Suelos disturbados con predominio de arcillas y arenas finas	3298921,6	329,9	3,30
Suelos disturbados con predominio de arcillas y limos	6605980,8	660,6	6,61
Suelos disturbados con predominio de limos	7459530,7	746,0	7,46
Suelos disturbados con predominio de limos y arcillas	6493972,9	649,4	6,49
Suelos miscelaneos de textura arcillosa (bad lands)	3252341,9	325,2	3,25
Suelos miscelaneos de textura limosa (bad lands)	3973429,6	397,3	3,97
Total	81842616,5	8184,3	81,80

Fuente: Elaboración Propia

Figura 10. Mapa de suelos



Fuente: Elaboración Propia

Gran parte del área de estudio está caracterizada por una topografía de ondulada a muy irregular. La diversidad geológica, geomorfológica, uso actual de la tierra y de relieve en las cuencas Alpacoma, Achocalla y Pasajahuira con material parental no consolidado, fácilmente deleznable, pendientes irregulares, cobertura vegetal poco densa, inadecuado manejo de suelos y de aguas por parte de la población asentada en la cuenca originan la formación de diversos tipos erosivos.

Mediante técnicas avanzadas de fotointerpretación a partir de Rasgos Multiespectrales y Elementos de Interpretación como el tono de color y el relieve, los tipos de procesos identificados son originados por la escorrentía superficial como la erosión laminar, erosión en surcos y erosión en cárcavas, erosión del pie de las laderas de quebradas y ríos; además de otras unidades como las remociones en masa (deslizamientos) y flujos de lodo o barro.

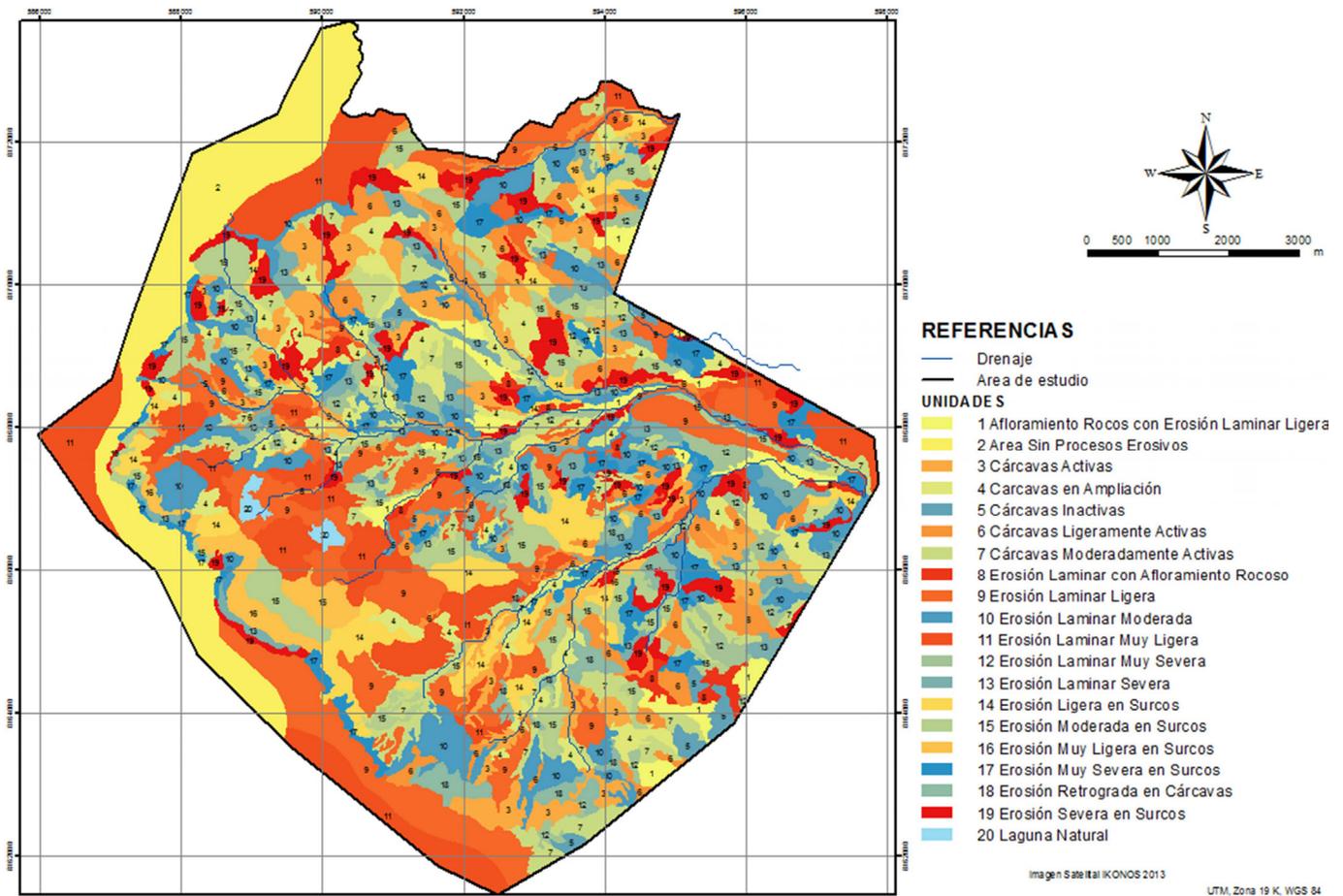
En la tabla 15 se presenta, las diferentes unidades tipos de erosión identificados y cuantificados superficialmente, mientras que en la figura 11 se muestra la distribución espacial de estas unidades de erosión. Gran parte del área de estudio está sujeto a la pérdida de suelos. Solamente un 6,81 % está caracterizado como área sin procesos erosivos.

Tabla 15. Superficie de las Unidades Erosivas en las Cuencas

Unidad geomorfológica	Superficie		
	m2	Ha	km2
Afloramiento rocoso con erosión laminar ligera	1735621,50	173,56	1,74
Área sin procesos erosivos	6842302,75	684,23	6,81
Cárcavas en ampliación	4855362,16	485,54	4,86
Cárcavas activas	5308346,51	530,83	5,31
Cárcavas inactivas	986410,63	98,64	0,92
Cárcavas ligeramente activas	4528678,05	452,87	4,53
Cárcavas moderadamente activas	5735689,95	573,51	5,74
Erosión laminar con afloramiento rocoso	835825,39	83,52	0,84
Erosión laminar ligera	10126305,73	1012,63	10,10
Erosión laminar moderada	6429971,64	643,00	6,43
Erosión laminar muy ligera	8784425,46	878,44	8,75
Erosión laminar muy severa	2002395,31	200,24	2,00
Erosión laminar severa	3495540,75	349,55	3,50
Erosión ligera en surcos	3832835,97	383,28	3,83
Erosión moderada en surcos	5397654,27	539,71	5,40
Erosión muy ligera en surcos	1698469,45	169,85	1,70
Erosión muy severa en surcos	3121647,66	312,16	3,12
Erosión retrograda en cárcavas	1604181,84	160,42	1,60
Erosión severa en surcos	4249357,76	424,94	4,25
Laguna natural	294203,68	29,40	0,29
Total	81842616,50	8184,30	81,80

Fuente: Elaboración Propia

Figura 11. Mapa de erosión superficial

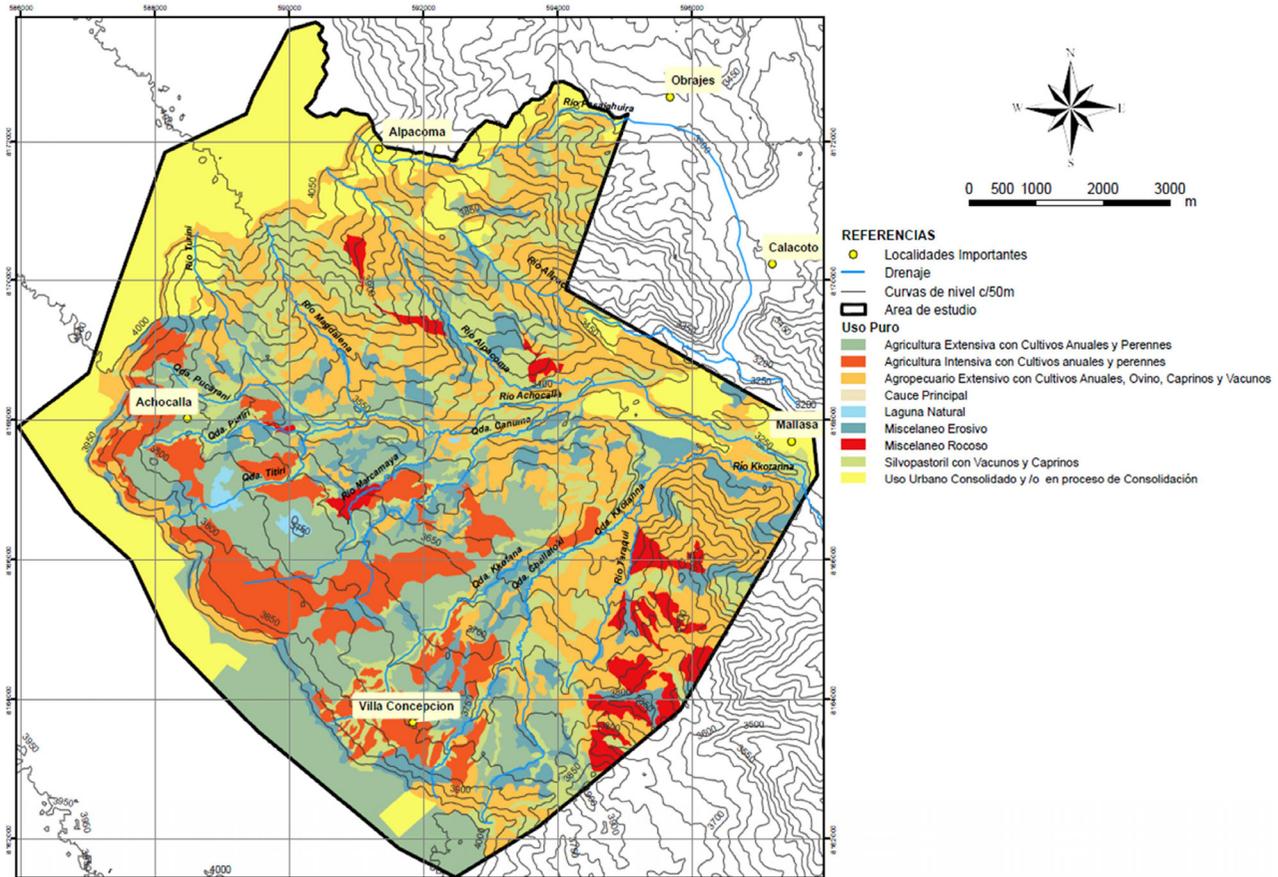


Fuente: Elaboración Propia

USO ACTUAL DE LA TIERRA

El Mapa temático “uso Actual de la Tierra”, es el resultado de la aplicación de técnicas avanzadas de fotointerpretación que considera el análisis de elementos y el extenso trabajo de campo para verificar y delimitar las diferentes unidades. Para este caso los elementos considerados son el tono e intensidad de color y la textura de la imagen satelital. La combinación de estos elementos junto al conocimiento experto ha permitido obtener el Mapa de Uso Actual de la Tierra a partir de la identificación y caracterización (Asignación de nombre) de cada una de las unidades.

Figura 12. Uso actual de la tierra



Fuente: Elaboración Propia

9. DIAGNOSTICO AMBIENTAL

Las cuencas estudiadas (Alpacoma, Achocalla y Pasajahuira) son cuencas semiurbanas, intermedias entre la hoyada de la ciudad de La Paz y el Alto, con una litología inestable y pendientes pronunciadas a nivel de laderas con serranías y pendientes más moderadas en la parte baja. Por la ubicación altitudinal son consideradas como altillanuras.

Suelos

Degradación por erosión hídrica y contaminación

La erosión hídrica es el principal fenómeno de modelado de la geomorfología, ésta se produce principalmente durante la época de lluvias por las precipitaciones pluviales y el escurrimiento superficial resultante. En las cuencas estudiadas, se aprecian procesos erosivos con diferentes grados de intensidad, los más severos se hallan en la parte superior de las cuencas, donde la erosión regresiva hacia la planicie altiplánica forma superficies subverticales en estados de equilibrio crítico. La naturaleza litológica de gran parte de la capa de terreno superior las cuencas (torrentes de barro) y las pendientes naturales de fuertes a moderadas condicionan los fenómenos de remoción en masa cuando se alcanza un cierto grado de saturación.

La contaminación de los suelos es el resultado de una deficiente gestión de los residuos sólidos. La contaminación en este caso es evidente en zonas altas, en el límite con la ciudad de El Alto, en la vereda de los caminos y senderos, alrededor de las plazas y en las inmediaciones de unidades educativas donde se observa la acumulación de basura (bolsas de nylon, botellas de plástico, etc), la cual es llevada por el viento y el agua hacia la parte baja de la cuenca.

El ph de los Suelos de la cuenca Alpacoma fluctúa entre 7.49 a 7, lo cual indica un proceso de salinización y concentración de cationes Ca y Mg y aniones como el CO₃ debido a su origen (litología lacustrina) por una parte, y también por el uso irracional de fertilizantes químicos causando el deterioro de los suelos.

La presencia del botadero en el flanco izquierdo del rio Alpacoma es un factor que influye en la degradación. Pese al grado de compactación y a las capas de tierra y material arcilloso empleado en los procesos de entierro de residuos, la presencia pluvial superior a los 500 mm/(año) tiende a ocasionar lixiviados que tienen su efecto e impacto, no precisamente en el mismo sitio del botadero, sino aguas abajo.

Agua

El Recurso agua de las cuencas también presenta serios problemas de deterioro debido a las concentraciones de sales y concentraciones de otros contaminantes como el Na (que proviene de aguas domiciliarias). Estas concentraciones se manifiestan con mayor nitidez durante la época de estiaje donde los afluentes continúan sus vertidos y el caudal por el escurrimiento pluvial disminuye, haciendo más evidente el color, el olor y el predominio de ciertos elementos.

Por otra parte, existen fuentes de agua contaminadas con bacterias coliformes, debido a la falta de sistemas sanitarios, lo cual indica que la calidad del agua no es la adecuada para consumo humano. Los resultados de ensayos de control de calidad de aguas se presentan en la Tabla 16

Tabla 16. Resultados de los ensayos de agua

Muestra	Ubicación	Concentración coliformes totales (UFC/100 ml)	Concentración coliformes termo tolerantes (UFC/100 ml)	Concentración de nitratos mgNO ₃ /L
1	Achocalla - Zona Titiri	8	0	1,34
2	Achocalla - Zona Titiri	1500	6	1,24
3	Achocalla - Zona Titiri	110	4	0,81
4	Achocalla - Zona Titiri	555	4	1,10
5	Achocalla - Zona Titiri	52	2	<0,03
6	Achocalla - Alto Villa Alonzo	2100	131	1,58
7	Achocalla - Alto Villa Alonzo	6	2	4,46
8	Achocalla - Plazuela San Martín	104	64	6,11
9	Alpacoma	5	4	0,77
10	Villa Litoral - Arco Iris	1,8x10 ⁴	3,2x10 ²	1,79

Fuente: Elaboración Propia

Aire

Las cuencas presentan contaminación natural del aire por partículas sólidas en suspensión en época seca, la cual es producida por los fuertes vientos y que llevan consigo grandes cantidades de polvo. A esto se suma la deforestación o la falta de vegetación en áreas circundantes a los caminos que desprotegen el suelo incrementando la erosión eólica y por ende la emisión de polvo en época seca. Las mediciones realizadas muestran niveles de concentración en la cuenca Pasajahuira en el orden de 155 a 283 ppm, siendo el nivel máximo admisible de 260 ppm.

Los niveles de contaminación acústica en la cuenca Pasajahuira, final de la avenida Buenos Aires, está caracterizado por el alto tráfico de movilidades de gran tonelaje de la Empresa SABEMPE trasladando residuos sólidos al Botadero Municipal provenientes de la población de La Paz, muestran ruidos superiores al límite permisible de 68 db.

Flora y fauna

Los asentamientos humanos y las actividades que ejercen en el territorio han ocasionado la pérdida de la escasa cobertura vegetal nativa; lo que se ha traducido en la disminución de especies arbustivas principalmente y la aparición del factor sequedad por la escasa concentración de humedad ante la ausencia de la vegetación. Así mismo, el escurrimiento en sitios con pendientes pronunciadas y moderadas ante la ausencia de obstáculos es mayor, incrementándose significativamente la capacidad de erosión y transporte de sedimentos de la escorrentía con la formación de cárcavas activas.

En general, existe una pérdida de la biodiversidad, especialmente en las áreas de pastoreo y agricultura donde la flora nativa ha sido reemplazada por viviendas e infraestructura caminera, que a su vez repercute en la pérdida de fauna silvestre como: sapos, aves y algunos mamíferos, entre otros.

10. ESTUDIO GEOTÉCNICO

Para caracterizar cuantitativamente los suelos y definir rangos de valores para los parámetros geomecánicos, han sido desarrolladas varias campañas de campo y se han realizado ensayos de laboratorio, concretamente: se han realizado tres perforaciones de 26, 25 y 28 metros de profundidad respectivamente; excavado 33 calicatas; realizado 15 líneas de refracción sísmica y 14 sondeos eléctricos verticales; se han tomado 35 muestras no perturbadas y 65 muestras perturbadas, haciendo un total de 96 muestras.

El diseño geotécnico para lograr la reducción y/o eliminación de amenazas (representada en un incremento del coeficiente de seguridad de las laderas y zonas de relieve suave en condiciones de saturación con niveles freáticos cerca a la superficie) se ha realizado siguiendo una secuencia de actividades hasta llegar al diseño de las obras de remediación o estabilización y control del comportamiento de las mismas durante y después de la construcción. Por tanto, el diseño geotécnico está formado por tres fases básicas:

- i. Antes de la construcción: recabar toda la información necesaria, realizar los cálculos geotécnicos de control, selección de medidas y obras de estabilización.

- ii. Durante la construcción: observación cuantitativa para confirmar la idoneidad del diseño de las medidas y obras seleccionadas.
- iii. Después de la construcción: controlar el comportamiento general de las obras.

Para evaluar el grado de seguridad, se ha adoptado para este estudio factores según el estado de carga, de acuerdo al siguiente detalle:

Estado de carga I: Factor de Seguridad de Diseño $FS=1,3$

Estado de carga II: Saturado: Factor de Seguridad de Diseño $FS=1,2$

Estado de carga III (Saturado + Sismo): Factor de Seguridad de Diseño $FS=1,1$

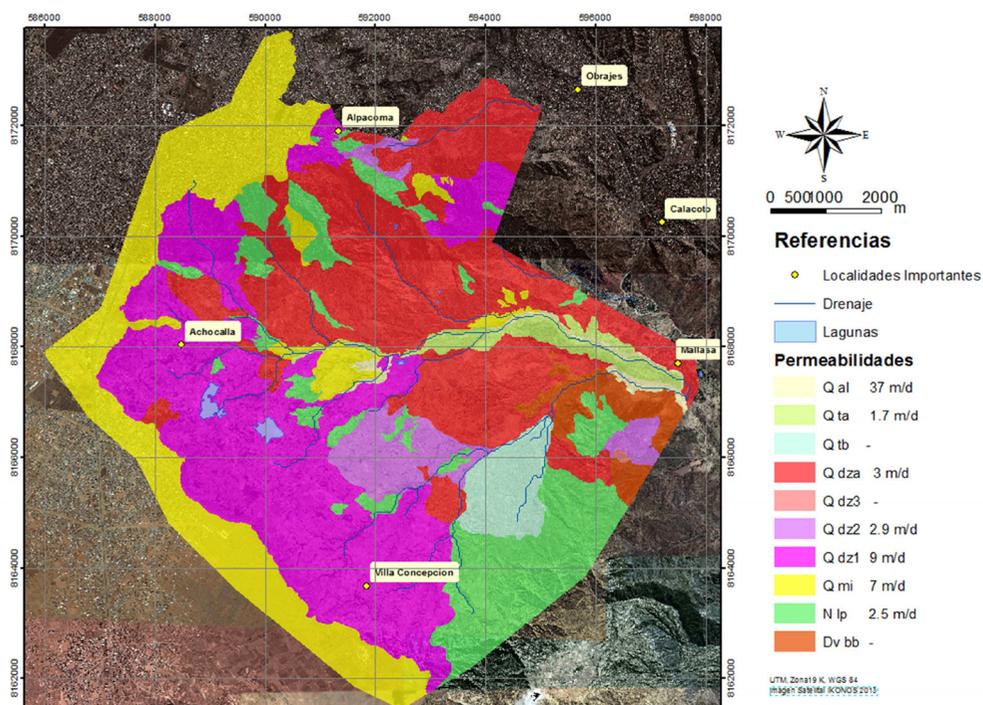
Para considerar cargas dinámicas se adoptara los coeficientes recomendados en la Norma Boliviana de diseño sísmico 2006.

11. HIDROGEOLOGÍA

Para concluir el diagnóstico se consideran las aguas subterráneas. El estudio realizado es resumido en dos mapas básicos: el mapa de permeabilidades (figura 2. 19) y el mapa de capacidad de almacenamiento y transmisibilidad.

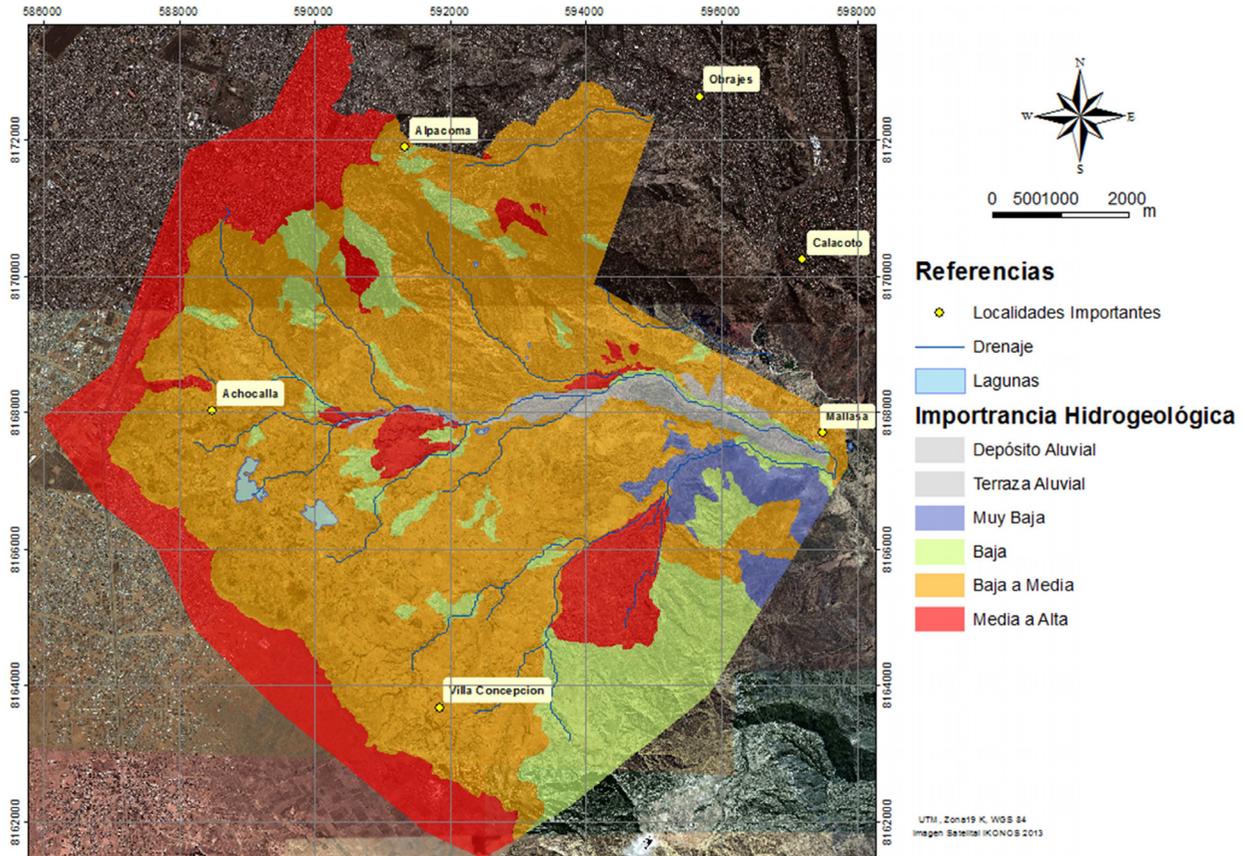
Es necesario resaltar la permeabilidad alta de la formación Milluni en la parte altiplánica de las cuencas. Este resultado es significativo porque permite valorar la importancia de la infiltración de aguas pluviales y de aguas servidas, y también el flujo de las aguas subterráneas. La estabilidad de los escarpes en la parte más alta de las cuencas es sensible a la presencia de estas aguas subterráneas.

Figura 13. Mapa de permeabilidades determinadas “in situ”



Las áreas en amarillo corresponde a una permeabilidad de 7 m/d (formación Milluni); los otros colores con 5 m/d para las áreas de deslizamientos; blanca correspondiente a 37 m/d para terrazas aluviales a lo largo de los ríos.

Figura 14. Mapa de la cuenca, expresada en términos de su importancia hidrogeológica para almacenar y transmitir agua subterránea



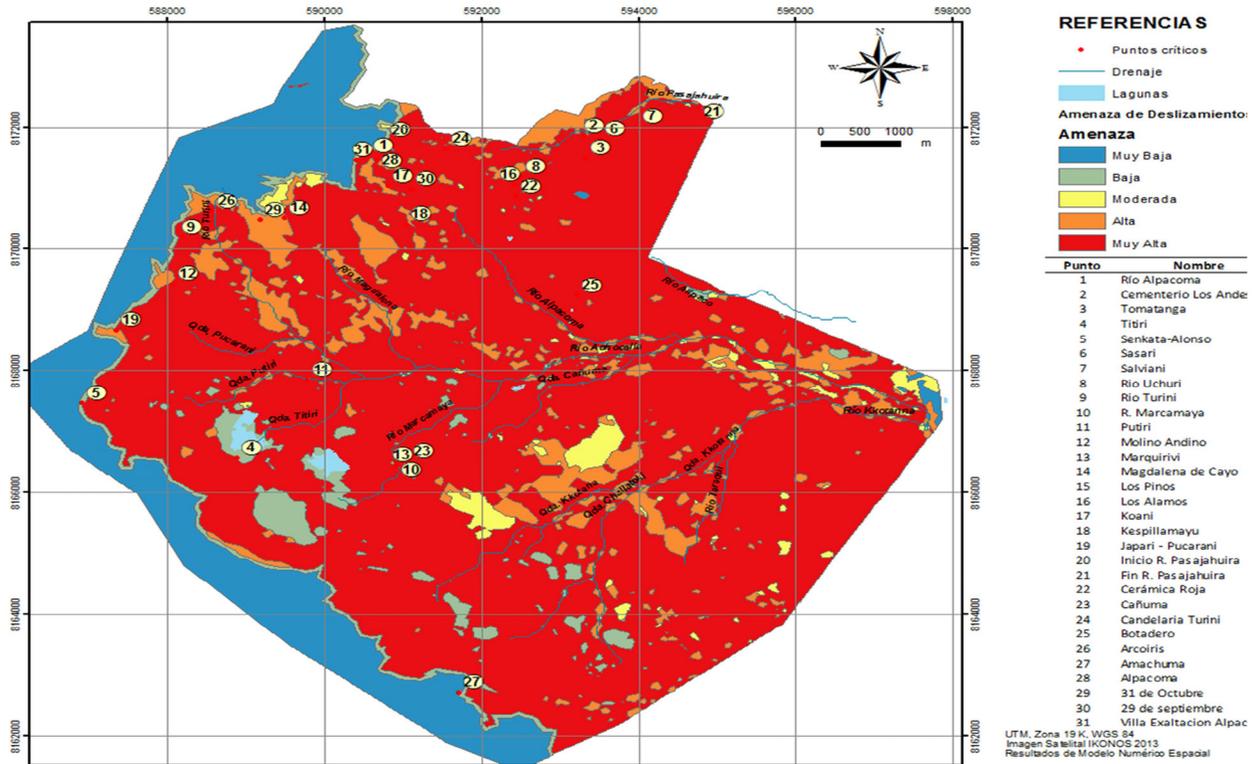
Fuente: Elaboración Propia

Las áreas no coloreadas indican ausencia de información de campo. Con estos antecedentes se logró elaborar un plan de riego, cuyas características presentamos a continuación.

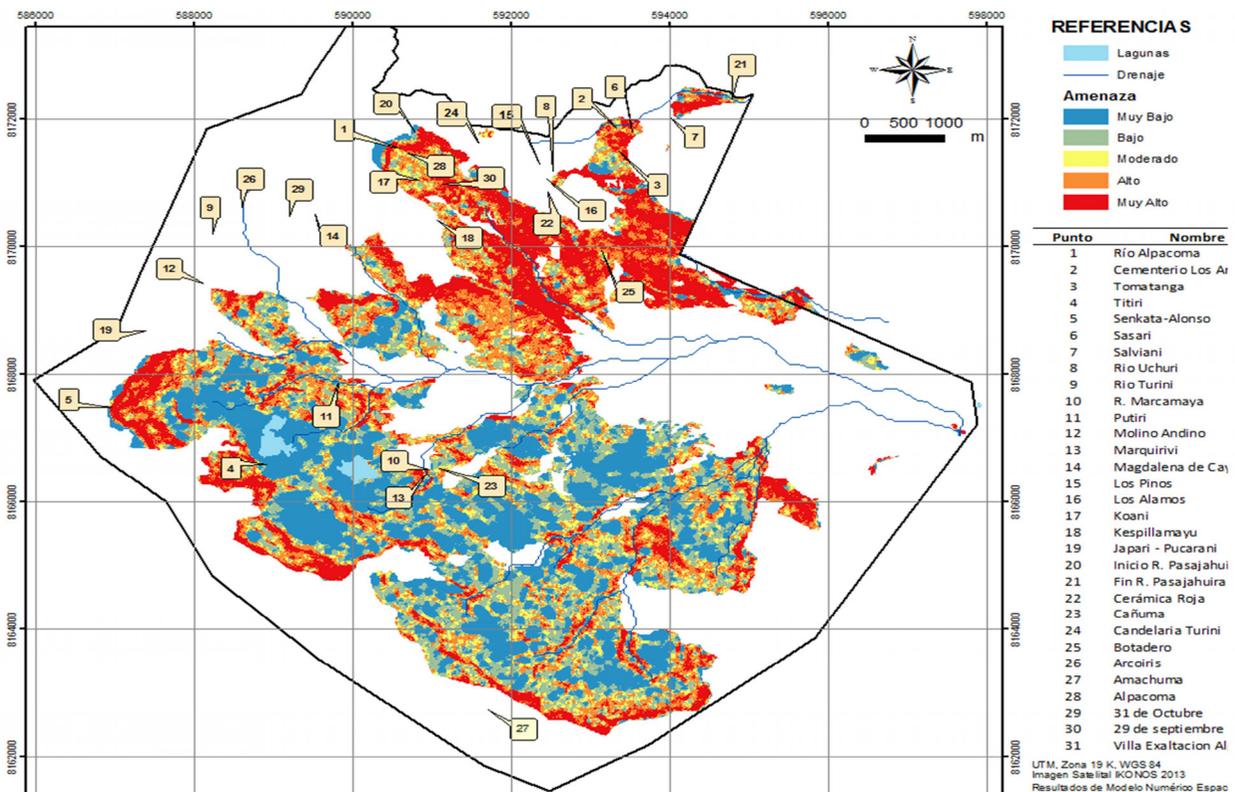
12. AMENAZAS Y VULNERABILIDADES

Para determinar las amenazas se ha utilizado el método análisis multicriterio y de combinación de variables, agrupadas en cuatro tipos: i) remociones en masa (deslizamientos); ii) movimientos de reptación; iii) socavación de pie de laderas e inundaciones y iv) la distribución espacial de cada uno de estas amenazas esta mostrada en la figura 15, 16 y 17 respectivamente.

Figura 15. Amenaza por remoción en masa (deslizamientos) y sitios críticos estudiados



Fuente: Elaboración Propia



Las cuencas estudiadas, están caracterizadas por la presencia permanente y recurrente de fenómenos múltiples como ser: erosión superficial hídrica; remoción de masas por deslizamientos gravitacionales; procesos de reptación por la resistencia baja de los depósitos superficiales al cizallamiento y la presencia de niveles altos de la napa freática. Características muy peculiares en sus condiciones geológicas y geodinámicas.

En general, se puede afirmar que más del 80 % las cuencas de los ríos estudiados Alpacoma, Achocalla y Pasajahuira son potencialmente inestables y no aptas para la localización de asentamientos humanos, excepto en las zonas de muy bajo y bajo riesgo.

13. IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA A SOLUCIONAR

El registro histórico escrito y oral de la población, la vivencia y experiencia cotidiana de los habitantes de las áreas caracterizadas por los fenómenos de inestabilidad, además del análisis preliminar de los aspectos de relieve, geológicos, litológicos, geotécnicos e hidrológicos, han permitido identificar la problemática del área de estudio:

- i.- FENOMENOS RECURRENTES DE REMOCION EN MASA DEL TERRENO (deslizamientos, desmoronamientos reptaciones) debido a la precipitación pluvial acumulada y a la intensidad de las precipitaciones con una recarga significativa sobre las de aguas subterráneas, más el efecto de las intervenciones antropogénicas, como es la deposición de escombros solidos indiscriminadamente en superficies inclinadas, la conducción de aguas pluviales y servidas, etc.
- ii.- OCURRENCIA GRANDES CAUDALES DE AGUA en los cursos de agua de la red de drenaje natural causando la socavación y erosión del pie de las laderas de los cursos naturales de agua.

13.1. MARCO METODOLÓGICO PARA LA IDENTIFICACION DE SITIOS CRITICOS

Definida genéricamente la problemática, se ha procedido al estudio del área, considerando las siguientes variables: Pendientes, Sistema de Drenaje, Geología y Litología, Geomorfología, Suelos y Uso de la Tierra para obtener la zonificación espacial de las amenazas.

El estudio de amenazas ha contemplado las siguientes etapas:

- Etapa 1.- Recopilación de información.
- Etapa 2.- Análisis de la información recopilada
- Etapa 3.- Procesamiento de la imagen satelital
- Etapa 4.- Interpretación de unidades temáticas
- Etapa 5.- Verificación de campo y diagnóstico rural participativo
- Etapa 6.- Caracterización y análisis matricial
- Etapa 7.- Elaboracion mapa de amenazas

Etapa 1.- Recopilación de Información; en esta etapa, se ha recopilado información biofísica, de geología, geomorfología, uso de suelos, mapas topográficos, variables hidrometeorológicas, imágenes satelitales, fotos aéreas, etc., en instituciones públicas y privadas.

Etapa 2.- Análisis de la Información Recopilada; una vez recopilada la información, se ha procedido a su análisis para la obtención de parámetros espaciales referentes a un estudio biofísico.

Etapa 3.- Procesamiento de la Imagen Satelital; la información recopilada en gabinete y en campo ha sido relacionada con una imagen satelital (Ikonos) a través de sistemas de información geográfica (GIS) en plataforma ArcGis e Ilwis

Etapa 4.- Interpretación de Unidades Temáticas; a partir del análisis conjunto de la Imagen Satelital y la información disponible, se ha obtenido diferentes mapas temáticos que contienen información espacial específica de las diferentes variables consideradas. De esta primera interpretación se obtienen parámetros generales para cada uno de los estudios temáticos para su posterior verificación de las unidades en el mapeo en campo.

Etapa 5.- Verificación de Campo y Diagnóstico Espacial; toda la información de **mapas temáticos** fue verificada y complementada con trabajo de campo, con la ayuda del mapa topográfico y dispositivos GPS. La presencia y participación de los pobladores fue fundamental, como verdaderos portadores de la historia reciente y pasada de los fenómenos suscitados.

Etapa 6.- Caracterización y Análisis Matricial; una vez realizada la verificación de campo con los diferentes mapas temáticos, se ha procedido a la realización del análisis matricial.

Etapa 7.- Elaboración del mapa de Amenazas; las variables consideradas (pendiente, geología, geomorfología, uso y erosión de suelos) han sido combinadas en un análisis matricial, para obtener los mapas de amenaza de erosión, degradación y deslizamientos de las cuencas Alpacoma, Achocalla y Pasajahuira. Este producto es fundamental para la planificación de acciones e intervenciones en los lugares calificados como críticos.

Las acciones de la etapa 5, permitió identificar 31 sitios críticos, los que fueron corroborados por los vecinos. El resultado de esta actividad es presentada en la siguiente tabla

Nº	Lugar	Datos del lugar
1	RIO ALPACOMA	<p>COORDENADAS: N 8171540 E 590587</p> <p>DESCRIPCIÓN: En este punto se observaron bancos arcillosos, con espesores de gravas de material heterogéneo, aproximadamente de 0,80 m y de arcillas de 1.2m con un Rb=</p> <p>EVALUACIÓN: Presenta erosiones superficiales debido a erosión de aguas superficiales y servidas proveniente del distrito 1 de la zona de El Alto. Existen procesos de reptación en la parte alta</p> <p>RECOMENDACIONES: Canalización y regularización del curso principal y medidas de bioingeniería en las laderas.</p>



Nº	Lugar	Datos del lugar
2	CEMENTERIO LOS ANDES	<p>COORDENADAS: N 8171870; E 593322</p> <p>DESCRIPCIÓN: Afloramiento de la formación La Paz. Presencia de erosión superficial en áreas terraceadas</p> <p>EVALUACIÓN: Clasificada como CLASE V.</p> <p>La zona presenta formaciones de cárcavas debido a la erosión del sedimento fino. Zona no apta para asentamiento urbano</p> <p>RECOMENDACIONES: Control de las aguas superficiales y laderas</p>



Nº	Lugar	Datos del lugar
3	TOMATANGA	<p>COORDENADAS: N 8171500; E 593347</p> <p>DESCRIPCIÓN: Terraceo en la formación La Paz. Se observan la formación de cárcavas profundas y una erosión superficial amplia. Relleno de cursos naturales.</p> <p>EVALUACIÓN: Clasificado como CLASE IV.</p> <p>Las quebradas rellenas sin planificación son sectores de mayor riesgo.</p> <p>RECOMENDACIONES: Se recomienda un buen sistema de evacuación de aguas pluviales y protección la superficie en general.</p>



Nº	Lugar	Datos del lugar
4	TITIRI	<p>COORDENADAS: N 8166580; E 588897</p> <p>DESCRIPCIÓN: Abanico aluvial, arrastra gran cantidad de material en época de lluvias, compuesta de material (heterogéneo). El dren principal de la cuenca ha sido obstruido por la construcción del camino.</p> <p>EVALUACIÓN: Clasificación como CLASE III.</p> <p>RECOMENDACIONES: Manejo integral de la micro cuenca (Control de la producción de sedimentos en la parte alta, canalización y regularización del curso natural hasta la laguna Achocalla)</p>



Nº	Lugar	Datos del lugar
5	SENKATA-ALONZO	<p>COORDENADAS: N 8167470; E 586935</p> <p>DESCRIPCIÓN: Proceso de erosión retroactiva intensa por la concentración de aguas pluviales provenientes de la meseta, pone en riesgo la integridad de la carretera principal La Paz - Oruro.</p> <p>EVALUACIÓN: Clasificación CLASE V, y CLASE IV (Zona de cono de deyección). Corresponde a la parte superior de la micro cuenca</p> <p>RECOMENDACIONES: Evitar la socavación del pie de las laderas por medio de canalización y protección de la superficie de laderas.</p>



Nº	Lugar	Datos del lugar
6	SASARI	<p>COORDENADAS: N 8171810; E 593520</p> <p>DESCRIPCIÓN: Se observan sifonamientos de 6 m de longitud aproximadamente. El terreno presenta gran distribución de cárcavas en toda el área, se observa un deslizamiento de 80 m aproximadamente, en dirección N. (</p> <p>EVALUACIÓN: Clasificación como CLASE V. Apta solamente como área protegida</p> <p>RECOMENDACIONES: Se recomienda un control de aguas superficiales y subterráneas, por los sifonamientos existentes en esta área, no apta para el terracedo.</p>



Nº	Lugar	Datos del lugar
7	SALVIANI	
	COORDENADAS: N 8172020; E 594005	
	DESCRIPCIÓN: Se observan sifonamientos de 6m longitud aproximadamente. El terreno presenta gran distribución de cárcavas en toda el área de estudio, se observa un deslizamiento de 80 m aproximadamente, en dirección N.	
	EVALUACIÓN: Clasificación como CLASE V, apta solamente como área protegida.	
RECOMENDACIONES: Se recomienda un control de aguas superficiales y subterráneas, por los sifonamientos existentes en esta área, no apta para el terraje.		

Nº	Lugar	Datos del lugar
8	Rio Uchuri	
	COORDENADAS: N 8171190 ; E 592523	
	DESCRIPCIÓN: Afloramiento de la formación La Paz. Presencia de erosión superficial y modificaciones del sistema de drenaje natural.	
	EVALUACIÓN: CLASE IV. No apta para asentamientos.	
RECOMENDACIONES: Se recomienda un buen sistema de evacuación de aguas pluviales y protección la superficie en general.		

Nº	Lugar	Datos del lugar
9	RIO TURINI	
	COORDENADAS: N 88170200; E 588228	
	DESCRIPCIÓN: Área conformada por material removido de la formación Milluni. Talud con mucha pendiente.	
	EVALUACIÓN: Inestabilidad del material suelto producto del depósito de escombros y material residual de la formación Milluni.	
RECOMENDACIONES: Se recomienda estabilizar la pendiente y reponer la plataforma del camino, manejo de aguas superficiales, encauzar la quebrada (gaviones o muros de contención).		

Nº	Lugar	Datos del lugar
10	RIO MARCAMAYA	
	<p>COORDENADAS: N 8166510; E 590942</p>	
	<p>DESCRIPCIÓN: Constituido por materiales finos, arcillas de la formación La Paz. Erosión intensa y socavación debido a flujo de aguas superficiales.</p>	
	<p>EVALUACIÓN: CLASE IV. No apta para asentamientos humanos mantener como zonas agrícolas.</p>	
<p>RECOMENDACIONES: Manejo integral de la micro cuenca (Control de la fuerza de erosión de las aguas superficiales).</p>		

Nº	Lugar	Datos del lugar
11	PUTIRI	
	<p>COORDENADAS: N 8167860; E 589810</p>	
	<p>DESCRIPCIÓN: El material heterogéneo está compuesto, de arcillas y limos arenas.</p>	
	<p>EVALUACIÓN: Se observa deslizamientos y desprendimientos en los flancos del río, con procesos de remoción en masa. También se observan planos de deslizamientos antiguos y recientes, de menor escala.</p>	
<p>RECOMENDACIONES: Se recomienda canalizar el río y estabilizar los taludes.</p>		

Nº	Lugar	Datos del lugar
12	Molino Andino	
	<p>COORDENADAS: N 8169440; E 588105</p>	
	<p>DESCRIPCIÓN: Perfil formado principalmente por la formación Milluni, taludes con grandes pendientes.</p>	
	<p>EVALUACIÓN: Erosión debido a la erosión de aguas superficiales que ingresan por el camino de ingreso a la zona de Achocalla.</p>	
<p>RECOMENDACIONES: Se recomienda estabilizar la pendiente en la parte alta (cabecera) y baja (al pie del camino), construcción de muro de contención y reposición de la plataforma del camino. Demarcar zona de protección para viviendas, con el borde del escarpe.</p>		

Nº	Lugar	Datos del lugar
13	MARQUIRIV	
		<p>COORDENADAS: N 8166460; E 590928</p> <p>DESCRIPCIÓN: Conformado principalmente por la formación La Paz. Con pendientes moderadas.</p> <p>EVALUACIÓN: CLASE III.</p> <p>RECOMENDACIONES: Se recomienda encauzar el agua del río, estabilizar pendientes, debido a la naturaleza del material y a las áreas involucradas se sugiere el cambio de uso de suelo, evitando la construcción de viviendas muy próximas a bordes con alta pendiente.</p>

Nº	Lugar	Datos del lugar
14	MAGDALENA DE CAYO	
		<p>COORDENADAS: N 8170510; E 589513</p> <p>DESCRIPCIÓN: Formado en la parte superior de la cuenca por la formación Milluni (material granular grueso), por debajo la formación La Paz (arcillas y limos con arena) con presencia de afloramientos de agua subterránea.</p> <p>EVALUACIÓN: Clasificación como CLASE V. Deslizamiento de laderas debido a los afloramientos de aguas subterráneas y erosión por aguas superficiales.</p> <p>RECOMENDACIONES: Manejo integral de la micro cuenca (controlando la fuerza de erosión y manejo las aguas subterráneas)</p>

Nº	Lugar	Datos del lugar
15	LOS PINOS	
		<p>COORDENADAS: N 8171260; E592389</p> <p>DESCRIPCIÓN: Afloramiento de la formación La Paz (intercalaciones de arcillas y arenas), con pendiente moderada habitada por fabricantes de ladrillos</p> <p>EVALUACIÓN: CLASE III. Erosión superficial por aguas superficiales, no existe sistema de alcantarillado pluvial.</p> <p>RECOMENDACIONES: Implementación de un sistema de alcantarillado pluvial y analizar la estabilidad de viviendas cercanas al curso principal del río.</p>

Nº	Lugar	Datos del lugar
16	LOS ÁLAMOS	
		<p>COORDENADAS: N 8171060; E 592447</p> <p>DESCRIPCIÓN: Afloramiento de la formación La Paz (intercalaciones de arcillas y arenas), con pendiente moderada habitada por fabricantes de ladrillos.</p> <p>EVALUACIÓN: Clasificación como CLASE III. Erosión superficial por aguas superficiales, no existe sistema de alcantarillado pluvial.</p> <p>RECOMENDACIONES: Implementación de un sistema de alcantarillado pluvial y analizar la estabilidad de viviendas cercanas al curso principal del río.</p>

Nº	Lugar	Datos del lugar
17	KOANI	
		<p>COORDENADAS: N 8171050; E 590820</p> <p>DESCRIPCIÓN: Formado por antiguos deslizamientos de las formaciones Milluni y La Paz, con pendientes moderadas.</p> <p>EVALUACIÓN: Clasificación como CLASE II. No se observa indicios de inestabilidad.</p> <p>RECOMENDACIONES: Se recomienda controlar las aguas superficiales y la saturación del subsuelo por aguas pluviales y servidas.</p>

Nº	Lugar	Datos del lugar
18	KESPILLAMAYU	
		<p>COORDENADAS: N 8170410; E 591060</p> <p>DESCRIPCIÓN: Probablemente bloque hundido de la formación La Paz</p> <p>EVALUACIÓN: Clasificación como CLASE IV.</p> <p>RECOMENDACIONES: No se recomienda la instalación de nuevas estructuras, se debe realizar una identificación y planificación de la explotación de la materia prima para la fabricación de ladrillos.</p>

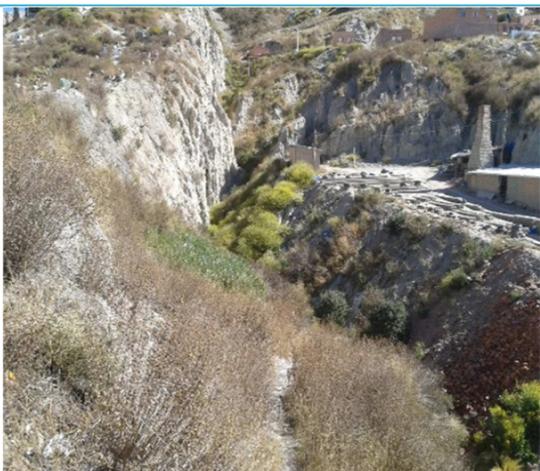
Nº	Lugar	Datos del lugar
19	JAPARI-PUCARANI	
		<p>COORDENADAS: N 8168680; E 587373</p> <p>DESCRIPCIÓN: Formado en la parte superior de la cuenca por la formación Milluni (material granular grueso), por debajo la formación La Paz (arcillas y limos con arena) con presencia de afloramientos de agua subterránea en la parte inferior de la cuenca.</p> <p>EVALUACIÓN: Erosión debido al flujo de aguas superficiales y transporte masivo de material y relleno de escombros.</p> <p>RECOMENDACIONES: Se recomienda canalización y el cauce y estabilización de las laderas en la parte superior de la cuenca.</p>

Nº	Lugar	Datos del lugar
20	INICIO RIO PASAJAHUIRA	
		<p>COORDENADAS: N 8171800; E 590802</p> <p>DESCRIPCIÓN: Zona altamente poblada. Formado principalmente retaludeo de escombros antiguos</p> <p>EVALUACIÓN: Se observan fracturas y deformaciones significativas en las laderas del puente</p> <p>RECOMENDACIONES: Se recomienda revisar la estabilidad de la estructura y estabilizar los taludes circundantes (margen izquierdo).</p>

Nº	Lugar	Datos del lugar
21	INICIO RIO PASAJAHUIRA	
		<p>COORDENADAS: N 8172330; E 594783</p> <p>DESCRIPCIÓN: Formación de Grandes bloques deslizados de la formación La Paz</p> <p>EVALUACIÓN: Clasificada como CLASE V. Se observan farallones casi verticales con estratificación sub horizontal (buzamiento 10-15°), fuertemente erosionados</p> <p>RECOMENDACIONES: Se recomienda no construir ninguna estructura en los pies de los escarpes.</p>

Nº	Lugar	Datos del lugar
22	CERÁMICA ROJA	
		<p>COORDENADAS: N 8170870; E 592454</p> <p>DESCRIPCIÓN: Bloques deslizados de la formación La Paz (intercalaciones de arcillas y arenas), con pendiente moderada habitada por fabricantes de ladrillos.</p> <p>EVALUACIÓN: Clasificada como CLASE III. Erosión superficial por aguas superficiales, no existe sistema de alcantarillado pluvial, no existe planificación en la extracción y desecho de material de las ladrilleras.</p> <p>RECOMENDACIONES: Implementación de un sistema de alcantarillado pluvial y analizar la estabilidad de viviendas cercanas a taludes.</p>

Nº	Lugar	Datos del lugar
23	CAÑUMA	
		<p>COORDENADAS: N 8166520; E 591089</p> <p>DESCRIPCIÓN: Formado principalmente de material fino (Arcilla , limo)</p> <p>EVALUACIÓN: Clasificada como CLASE IV. Colapso del escarpe causando bloqueo y estancamiento del agua de la quebrada.</p> <p>RECOMENDACIONES: Se recomienda no construir ninguna estructura y mantener como una zona agrícola en cercanías de los escarpes principales</p>

Nº	Lugar	Datos del lugar
24	CANDELARIA TURINI	
		<p>COORDENADAS: N 8171650; E 591573</p> <p>DESCRIPCIÓN: Formado principalmente de material fino (Arcillas), es una zona poblada con densidad media.</p> <p>EVALUACIÓN: Clasificada como CLASE III. En este sector se observan procesos de remoción en masa. Esta altamente erosionada por los factores climáticos, que influyen en este tipo de horizonte.</p> <p>RECOMENDACIONES: Control de aguas pluviales y servidas para evitar niveles altos de la napa freática.</p>

Nº	Lugar	Datos del lugar
25	BOTADERO MUNICIPAL LA PAZ	
		<p>COORDENADAS: N 8169940; E 593141</p>
		<p>DESCRIPCIÓN: Se observan deslizamientos en la ladera Este, donde se destruyó parcialmente un camino. Hay socavamiento al pie de los taludes y derrumbes con bloques de suelo. Los materiales de estos movimientos son sedimentos, de la formación La Paz que afloran en cotas más altas.</p>
		<p>EVALUACIÓN: Los procesos de inestabilidad locales observados podrían estar asociados con una liberación de los lixiviados del relleno sanitario, con consecuencias serias en la calidad de aguas abajo</p>
		<p>RECOMENDACIONES: Comunicar a la empresa concesionaria que administra el relleno sanitario a través de la GAMLP, la atención inmediata de la estabilidad de los taludes.</p>

Nº	Lugar	Datos del lugar
26	ARCO IRIS	
		<p>COORDENADAS: N 8170620; E 588597</p>
		<p>DESCRIPCIÓN: Escarpes pronunciados que se inician en el límite con el altiplano en la formación Milluni, sobre yaciendo la formación La Paz.</p>
		<p>EVALUACIÓN: Erosiones debido al flujo de aguas superficiales.</p>
		<p>RECOMENDACIONES: Se recomienda canalización del curso natural de cauce principal.</p>

Nº	Lugar	Datos del lugar
27	AMACHUMA	
		<p>COORDENADAS: N 8162720; E 591719</p>
		<p>DESCRIPCIÓN: Farallones verticales (aproximadamente 50-80 m.) en la formación Milluni y La Paz, con erosiones verticales activas.</p>
		<p>EVALUACIÓN: Por la verticalidad del farallón se tiene erosión regresiva activa asociado al desprendimiento de bloques de la formación Milluni.</p>
		<p>RECOMENDACIONES: Se recomienda encauzar, las aguas servidas y pluviales de la zona.</p>

Nº	Lugar	Datos del lugar
28	TEJADA ALPACOMA	
		<p>COORDENADAS: N 8171603; E 590722</p>
		<p>DESCRIPCIÓN: El escarpe principal está constituido en las formaciones Milluni y La Paz, terreno deslizado al pie del escarpe en proceso de reptación, con presencia de agua subterránea al pie del escarpe (aproximadamente a 8-10 m)</p>
		<p>EVALUACIÓN: Escarpe en estado crítico</p>
		<p>RECOMENDACIONES: Implementación de medidas de estabilización inmediatas incluyendo sistemas de drenaje subterráneo.</p>

Nº	Lugar	Datos del lugar
29	31 DE OCTUBRE	
		<p>COORDENADAS: N 8170480; E 589198</p>
		<p>DESCRIPCIÓN: Relleno de escombros en la parte superior, sobre escarpes pronunciados</p>
		<p>EVALUACIÓN: Zona aparentemente estable, con presencia de agua en la parte inferior del talud.</p>
		<p>RECOMENDACIONES: Se recomienda evitar el aporte de escombros y la circulación de transporte pesado por el borde del escape y una reconfiguración (retaludeo) de la topografía.</p>

Nº	Lugar	Datos del lugar
30	29 DE SEPTIEMBRE	
		<p>COORDENADAS: N 8170990; E 591127</p>
		<p>DESCRIPCIÓN: Formado principalmente por deslizamientos antiguos de la formación La Paz.</p>
		<p>EVALUACIÓN: Clasificada como CLASE V. Erosiones en el pie del talud y procesos de reptación permanente.</p>
		<p>RECOMENDACIONES: Evitar cualquier acción humana.</p>

Nº	Lugar	Datos del lugar
31	VILLA EXALTACIÓN ALPACOMA	<p>COORDENADAS: N 8171466; E 590421</p> <p>DESCRIPCIÓN: el escarpe principal está formado en las formaciones Nilluni y La Paz, terreno deslizado al pie del escarpe en proceso de reptación, con presencia de agua subterránea al pie del escarpe, en estratos arenosos de la formación La Paz.</p> <p>EVALUACIÓN: Escarpe en estado crítico, y reptación actual a partir del escarpe principal.</p> <p>RECOMENDACIONES: Implementación de medidas de estabilización inmediatas incluyendo sistemas de drenaje subterráneo.</p>



13.2. METODOLOGIA PARA LA PRIORIZACION DE LOS SITIOS CRITICOS

Si bien cada uno de los sitios críticos está en las zonas caracterizadas por un riesgo muy alto a un riesgo alto como característica común, no tienen la misma prioridad o urgencia de ejecución por las características del tipo e intensidad de las amenazas, naturales y magnitud de las consecuencias, grado de vulnerabilidad y de exposición.

En consecuencia, se tuvo que aplicar el método multicriterio, para proponer soluciones de diferente índole y naturaleza, para ello, inicialmente se optó por la homogeneización de los diferentes problemas con la asignación de valores con criterios estrictamente técnicos y todo se manejó con una escala sobre cinco. Por ejemplo, la capacidad técnica que tienen los municipios de Achocalla y El Alto no son los mismos, por lo tanto no pueden ser comparados con las mismas medida, fue una novedad el utilizar el método multicriterio, por que permitió dejar satisfechos a diferentes actores con diferentes problemas, más aún cuando no existían los recursos ni el tiempo para hacer las propuestas para cada una de ellas.

Como resultado se tiene un ordenamiento o “*ranking*” de los sitios críticos, base para la priorización de la ejecución de obras y la asignación de los recursos financieros. Considerando la existencia de objetivos múltiples en el proceso de decisión, se ha enfocado la comparación de los sitios críticos dentro del paradigma de la Teoría de la Decisión Multicriterio. En esta línea, se ha optado por calcular las funciones de utilidad Multiatributo de los distintos “sitios críticos” en el área de estudio. La Teoría de la Utilidad Multiatributo (MAUT) tiene por objeto reducir los problemas de decisión en un contexto multicriterio a través de un Valor Utilitario General (VUG), expresión matemática capaz de ordenar los “sitios críticos” o alternativas de acuerdo con un criterio único.

El resultado de este análisis es un escalafón o “*ranking*” de priorización

Tabla 17. Priorización de los sitios críticos

N°	Sitio crítico	Puntaje de priorización	Escalafón
5	Senkata-Alonzo	75,79	1
31	Villa Exaltación Alpacoma	73,29	2
28	Tejada Alpacoma	71,39	3
19	Japari-Pucarani	68,96	4
29	31 de Octubre	67,76	5
1	Rio Alpacoma	67,68	6
26	Arco Iris	67,22	7
4	Titiri	65,96	8
12	Molino Andino	65,03	9
14	Magdalena de Cayo	64,42	10
20	Inicio rio Pasajahuira	60,48	11
21	Final rio Passajahuira	60,10	12
24	Candelaria Turini	56,32	13
13	Marquirivi	56,17	14
10	Rio Marcamaya	54,97	15
23	Cañuma	54,97	16
9	Rio Turini	54,65	17
27	Amachuma	54,54	18
15	Los Pinos	51,64	19
18	Kespillamayu	50,82	20
8	Rio Uchuri	50,64	21
17	Koani	50,25	22
11	Putiri	49,54	23
16	Los Alamos	49,06	24
30	29 de Septiembre	48,44	25
7	Salviani	47,06	26
25	Botadero municipal La Paz	45,33	27
2	Cementerio Los Andes	44,48	28
22	Ceramica Roja	41,91	29
6	Sasari	41,44	30
3	Tomatanga	38,73	31

Fuente: *Elaboración Propia*

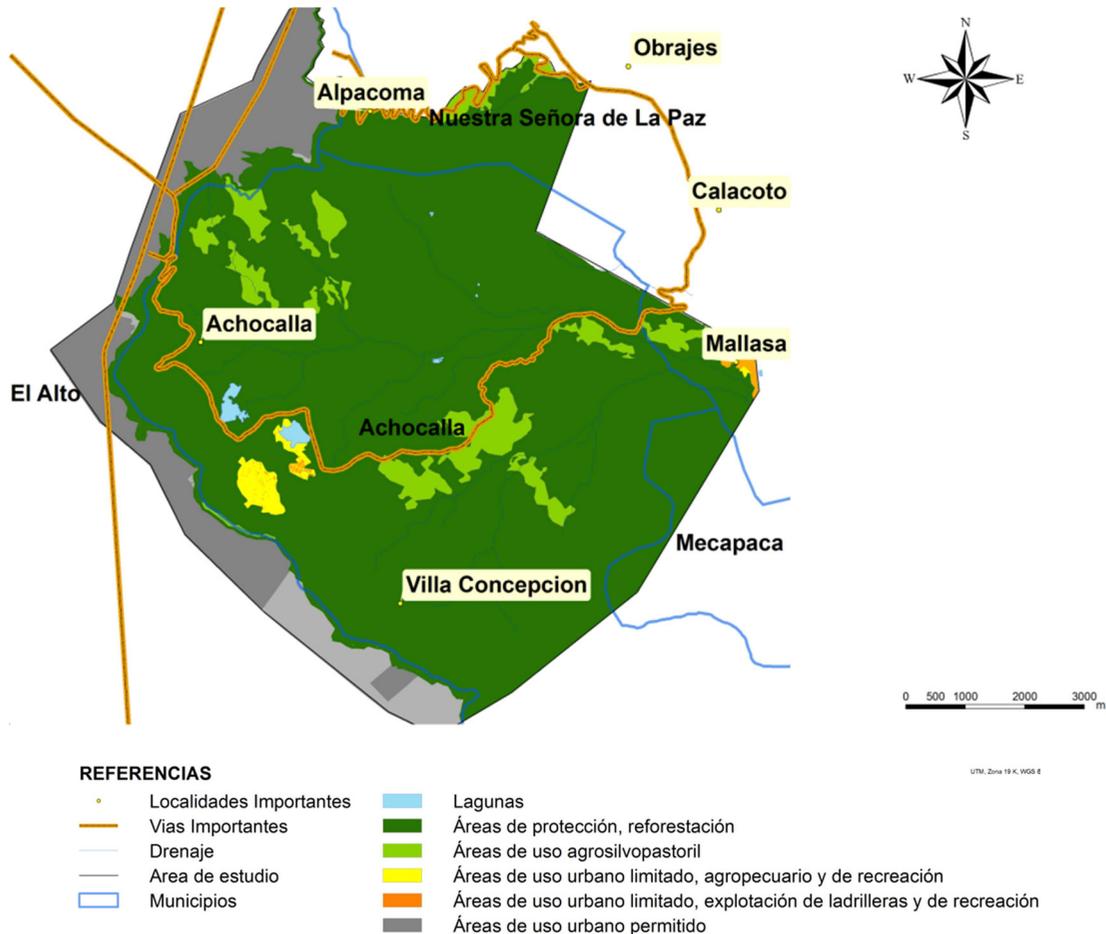
Se ha planteado tres componentes como resultado final:

El primero, referido al Plan de Gestión Integral de Riesgos para la Cuenca Alpacoma (PGIR), que tiene con una visión correctiva y prospectiva de la gestión de riesgos. Concebida como un proceso cíclico continuo, además de incorporar un Plan de Mitigación o Reducción de Riesgos que contemple medidas de prevención, protección y preparación, también integra un Plan de Respuesta a emergencias y desastres que engloba medidas de Intervención, Respuesta y Recuperación (durante y después del evento).

El segundo, la propuesta del uso de suelos bajo el denominativo de Planificación de Ordenamiento Territorial

– POT, que es un planteamiento genérico, debido a la amplitud espacial y problemas diversos del territorio. Diseñada con la finalidad de que el municipio pueda profundizar de acuerdo a las necesidades concretas de cada sector.

Figura 18. Propuesta de PLUS para la zona de estudio, basada en el análisis de amenazas de remoción de masas



Fuente: Elaboración Propia

Entre los aspectos más salientes, se destaca:

Las zonas con uso actual urbano permitido están representadas con color gris oscuro y aquellas zonas en las que pueden ser extendidos sin mayores limitaciones se presentan en color gris claro. La mayor parte de las zonas a las que el uso urbano podría ser extendido (gris claro) son de uso actual de agricultura extensiva con cultivos anuales en menor proporción de crianza de ovinos, caprinos y vacunos.

El color verde representa, las “áreas verdes y reforestables”, que debería ser impulsado en toda el área de estudio, debido al alto grado de amenaza por deslizamiento

En el color amarillo, uso urbano puede ser permitido bajo ciertas limitaciones. Para el uso de recreación deben tomarse en cuenta las limitaciones del tipo de uso de suelo.

Finalmente se tienen proyectos de los ocho lugares que fueron priorizados por el método multicriterio, mismos que coinciden con los requerimientos, necesidades y sentimientos de los vecinos. Cuatro son de manejo integral de cuencas, espacialmente se deben hacer el manejo de aguas, controlando, canalizando y regularizándolas, por otro lado trabajos de reforestación, con especies nativas, echado de relleno en algunos sectores.

13.2.1. SUBPROYECTO 1: SENKATA ALONZO

Se ha identificado en Senkata Alonzo, el problema del mal manejo de las aguas pluviales y superficiales, que provocan inundaciones repentinas afectando los bienes materiales e inclusive poniendo en riesgo la vida de los pobladores que se ubican en la parte baja del talud.

El proyecto propuesto, está dirigida al adecuado manejo de las aguas pluviales y superficiales de la cabecera de la cuenca y a lo largo de todo el talud, mediante la implementación de obras hidráulicas en la cuenca Senkata Alonzo. Propone la construcción de diversas obras estructurales y no estructurales los cuales se dividen en dos grupos denominados; obras en la cabecera del talud y obras en la cuenca.

Las obras en la cabecera del talud tienen la función de recoger las aguas pluviales de las calles y avenidas colindantes a la cuenca Senkata Alonzo y dirigirlas adecuadamente hasta el inicio de la cuenca por medio de obras de canalización (calle Salvador), alcantarillado pluvial (calle Mariecurie), rápida (intersección de la calle Salvador y Mariecurie) y un canal hasta el ingreso de la cuenca (prolongación de la calle Salvador).

A lo largo de la calle Salvador se construirá un canal de H²C⁹ de sección rectangular de ancho b, igual a 0,75 m. con una altura h, igual a 0,75 m, con una longitud total de 301 m, que está destinada a llevar un caudal de 0,95 m³/s, las aguas serán recolectadas por medio de obra de captación (rejilla de acero), que estará instalada en toda la sección transversal de la calle (L=10m y b=0,75m).

A lo largo de la calle Mariecurie se instalará un alcantarillado pluvial de tubería PVC de 50cm de diámetro ubicado a 1,50 m de profundidad, que transportará un caudal de 0,15 m³/s. Las aguas provenientes de la avenida 6 de marzo serán captadas por medio de una obra de captación (rejilla de acero), que estará instalada en toda la sección transversal de la calle la cual conducirá hacia una boca de tormenta que conecta con la tubería PVC.

En la intersección de la calle Mariecurie y Salvador se construirá una rápida de 9 m de longitud con un ancho de canal de 0,75 m y muros de 0,2 m de espesor de H²A⁹. Esta obra intersectará las aguas de la canalización de la calle Salvador y el alcantarillado pluvial de la calle Mariecurie, para dirigirlas hacia un canal de desfogue rápido. Esta obra estará protegida por una tapa de H²A⁹ de 9 m de longitud, 1,25 m de ancho y un espesor de 0,15m.

A la continuación de la rápida, se construirá un canal de desfogue que conducirá las aguas desembocadas por el canal de la calle Salvador y el alcantarillado pluvial de la calle Mariecurie hacia la cuenca. Las dimensiones de este canal corresponden a un ancho b, de 1,0 m y una altura h, de 0,75 m de H²C⁹.

Por otro lado, las obras en la cuenca tienen la función de recoger las aguas pluviales de la cabecera del talud y de la misma cuenca para dirigir las de manera adecuada hasta un lugar seguro sin que estas aguas causen ningún daño a las propiedades de los pobladores de la zona, para lo cual se ha proyectado la construcción de escaleras disipadoras y diques transversales a lo largo de la cuenca.

Debido a la pendiente pronunciada que presenta la cuenca, y con objeto de reducir la velocidad de flujo, se ha proyectado la construcción de escaleras disipadoras con un ancho de 8 m que conducirá un caudal de 1,3 m³/s, construidas de gaviones de 2x1x1 m y 2x1x0,5 m. Así mismo, esta obra cumplirá la función de protección de los taludes laterales de la cuenca.

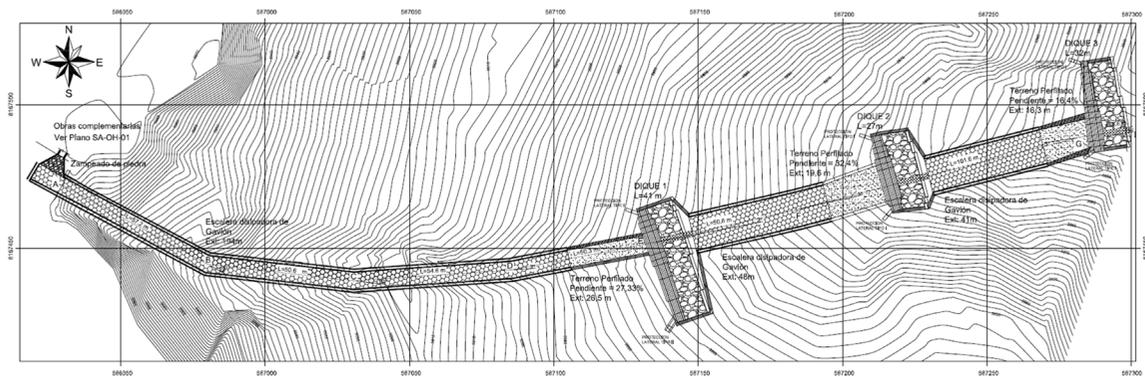
En la parte baja del talud se ha proyectado la construcción de 3 diques transversales de 41, 27 y 32 m de longitud, que cumplirán la función de captar las aguas provenientes de la escalera disipadora y los taludes adyacentes, como también la acumulación de sedimentos transportados por el agua. El material a ser utilizado para la construcción de estos diques corresponde a gaviones de 2x1x1 m.

Por otro lado, se ha proyecta la protección con mallas electro soldadas de la parte alta de los taludes laterales de la cuenca que tienen la función de evitar que la escalera disipadora quede obstruida producto de procesos erosivos de la cuenca. Además se ha planificado la regeneración del talud por medio de un programa de vegetación en la parte media de la cuenca para evitar la erosión superficial del talud.

Las obras de regularización del lecho de la cuenca, tienen por finalidad la reducción de las velocidades del flujo y también de los esfuerzos de corte, esta reducción de los esfuerzos de corte evita en gran medida la socavación del pie de las laderas, evitando la posibilidad de ocurrencia de estados últimos límites o deslizamientos de las laderas.

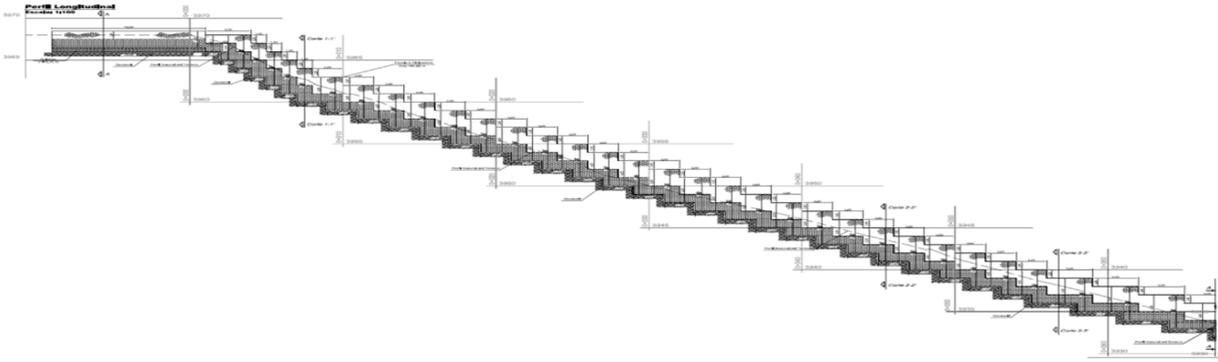
A continuación se presentan las Figuras 19, 20 y 21 mostrando la disposición de las obras hidráulicas del proyecto en la cuenca de Sensata Alonzo.

Figura 19. Vista en planta, obras hidráulicas cuenca Senkata Alonzo



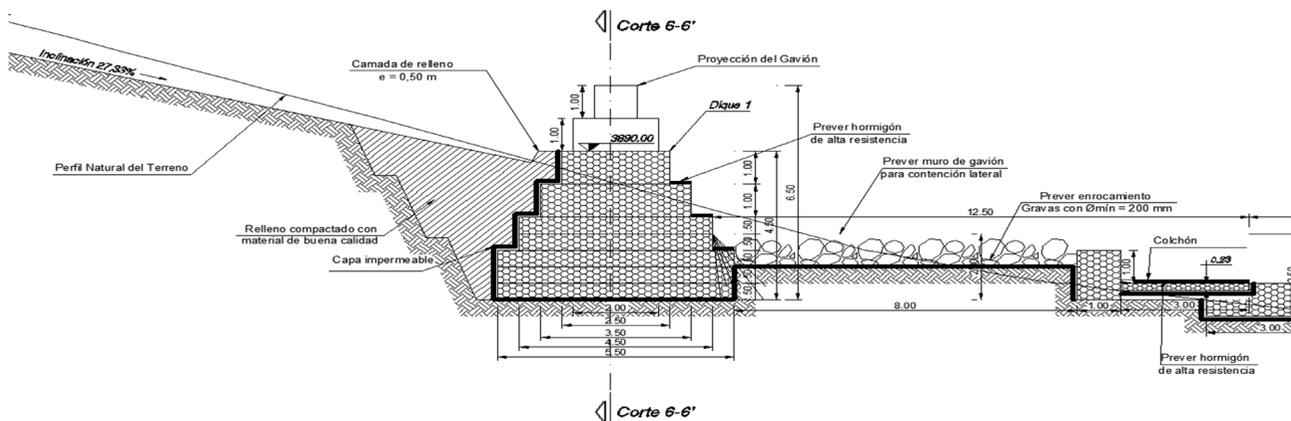
Fuente: Elaboración Propia

Figura 20. Perfil longitudinal escalera disipadora



Fuente: Elaboración Propia

Figura 21. Dique transversal, sección transversal



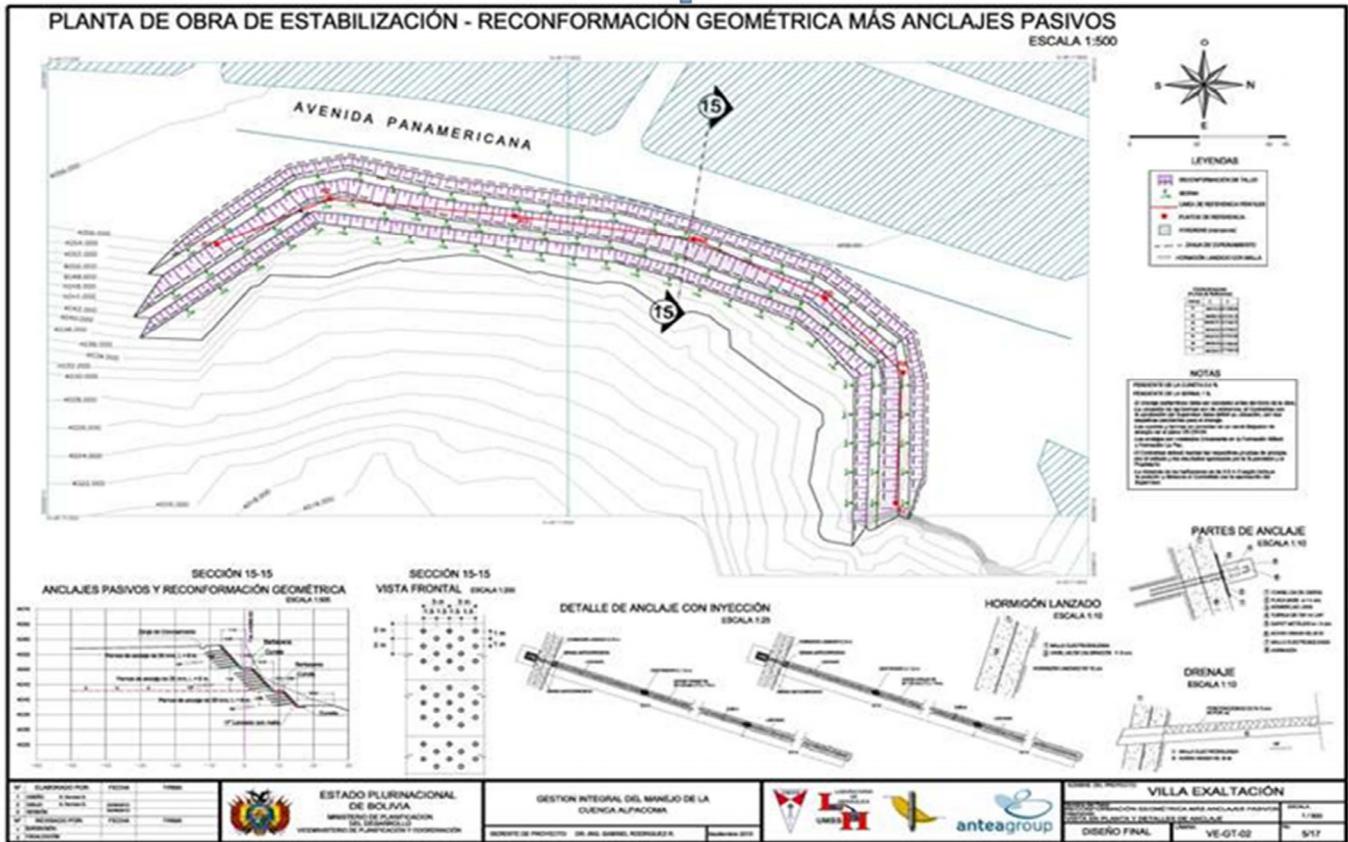
Fuente: Elaboración Propia

13.2.2. SUBPROYECTO 2: VILLA EXALTACIÓN ALPACOMA

Desde el año 2002 hasta el 2013, se han reportado la presencia de grietas de tensión y deslizamientos, durante la temporada de lluvias. La ladera paralela a la Av. Panamericana será estabilizada a través de la reconfiguración del relieve del terreno con protección de la superficie con anclajes pasivos, y por medio del control de las aguas subterráneas con la construcción de una galería filtrante subhorizontal. En la figura 5.4 se muestra la solución adoptada.

En el diseño estructural “Reconfiguración geométrica más anclajes pasivos” está complementado con el diseño de drenaje subterráneo de la Galería Filtrante con el fin de proteger las variaciones del nivel freático. El factor de seguridad calculado en secciones con máximas pendientes varía según la sección, los valores considerando los estados de carga de sismo más saturación y etapa final de excavación, con los anclajes pasivos se tiene un rango de factor de seguridad de 1.3 a 1.4.

Figura 22. Reconformación de la superficie del terreno



Fuente: Elaboración Propia

13.2.3. SUBPROYECTO 3: TEJADA ALPACOMA

El sitio crítico presenta procesos geológicos heredados de deslizamientos pasados que modelaron el paisaje actual, los mismos siguen activos. El evento más reciente es el deslizamiento ocurrido en el mes de Diciembre de 2011.

Se ha realizado un estudio completo consistente en: 1) obtener toda la información posible sobre las características topográficas, geológicas, geotécnicas, condiciones hidrológicas y ambientales, 2) un diagnóstico de los problemas, el mecanismo de falla para realizar el análisis de estabilidad y 3) realizar un diseño efectivo de remediación.

A partir de los datos obtenidos se ha construido el modelo geotécnico que consiste en el perfil del terreno formado por 3 unidades geológicas: Formación Milluni (Qmi), Formación La Paz (Nlp) y Cuaternario deslizado (Qdza). Las propiedades de resistencia y deformación de los materiales presentes se han obtenido a partir de una serie de ensayos de campo y de laboratorio, y ajustados mediante un análisis retrospectivo.

El mecanismo de falla del talud se ha determinado mediante una fotografía aérea de 1988 e imágenes satelitales obtenidas del Google Earth. De acuerdo con el análisis, el deslizamiento del 2011 se ha producido

a lo largo de una superficie de falla antigua formando una superficie de falla compuesta generado en el contacto litológico entre la Formación La Paz y el relleno artificial.

La reactivación del deslizamiento se debe al aumento de la presión de poros por infiltración de agua y el ascenso del nivel freático por las lluvias de gran intensidad.

El análisis de estabilidad se ha evaluado en estado límite, considerando el estado de esfuerzos generados en la superficie de falla con 3 estados de carga, (peso propio, saturación y sismo).

El factor de seguridad obtenido del estado de carga 3, es decir, en la condición más crítica con saturación y sismo es de 1,07 con una probabilidad de falla de 7,5%. De acuerdo con este resultado se ha realizado el análisis de estabilización para mejorar las condiciones de estabilidad del talud y reducir la amenaza por deslizamiento.

La elección de la alternativa se ha evaluado de acuerdo con las causas de inestabilidad, el índice de fiabilidad, la disponibilidad de equipo y la accesibilidad disponible y economía. La medida de estabilización propuesta es el muro de tierra armada. De acuerdo con la Figura 1, el muro se empotrará en una capa firme de la Formación La Paz, de esta manera trabajará como un elemento de contención que soportará los empujes del deslizamiento, a su vez proporcionará un aumento de resistencia al corte en el plano de falla por las capas de geomallas instaladas en el muro. Además por su característica flexible admitirá considerables movimientos de reajuste.

Esta medida incluye la reconfiguración del talud mediante un relleno compactado, en el cual se **plantarán especies arbustivas y césped silvestre para evitar la erosión superficial**. Así mismo, el drenaje superficial del talud consiste en un sistema de cunetas recolectoras en cada berma del relleno compactado, una zanja de coronación, un bajante o canal principal y una tubería de conducción del agua hasta el Río Alpacoma.

En el relleno compactado se incluirán medidas de drenaje para interceptar el agua subterránea y conducir las hasta las cunetas instaladas en cada berma del talud mediante capas de material granular de drenaje de 0,5 m de espesor.

Se ha verificado la estabilidad interna del muro con geomalla y como muro de gravedad, es decir verificando la falla contra vuelco y deslizamiento del muro, como también la verificación contra falla por capacidad portante del terreno. De acuerdo con el análisis de estabilización, el factor de seguridad final es de 1,28 con una probabilidad de falla de 0. A partir de estos resultados se demuestra que el talud permanecerá estable bajo las condiciones de diseño especificadas. La solución adoptada es mostrada en las figuras 19 y 20

13.2.4. SUBPROYECTO 4: JAPARI PUCARANI

El proyecto de control y corrección de la torrentera Japari-Pucarani y sus torrentes secundarios involucra las zonas urbanas colindantes a la hoyada de la ciudad de El Alto y el Municipio de Achocalla.

Se puede observar formación de escarpes verticales y grietas a diferente nivel, por otro lado existe un manejo de las aguas pluviales que contribuyen a los procesos de deslizamiento y son una amenaza para la infraestructura urbana de la zona. Las precipitaciones pluviales, producen escurrimientos violentos que tienen su inicio en la meseta alteña y a medida que discurre hacia el sud, incrementa su caudal con aportes de las áreas aledañas y realiza la evacuación de aguas hacia abajo.

El Sistema de drenaje de la torrentera Japari-Pucarani tiene una superficie de 1.0 km². El área del proyecto se extiende desde la colindancia de El Alto con la hoyada de la cuenca de Achocalla a la altura de la carretera a Oruro y el campamento del Servicio Departamental de Caminos (SEDCAM).

Figura 23. Fotos del Japari Pucarani mostrando su problemática y sus características topográficas



Fuente: Elaboración Propia

El proyecto es de gran importancia para el Municipio de Achocalla, por tratarse de una obra de infraestructura urbana que permitirá la incorporación de un elemento natural de drenaje, en un sector de creciente consolidación residencial.

Los objetivos del Plan consisten en: controlar los procesos de movimientos de masas hacia el eje y la disminución y regulación del material de arrastre sólidos hacia el sistema de drenaje.

Para la formulación del proyecto, se desarrollaron estudios topográficos para contar con información planimétrica. Asimismo, se procedió a la caracterización geológica, geotécnica, geomecánica, hidrológica e hidráulica de la cuenca de aporte.

Para la definición de las intervenciones del sistema colector y su entorno cercano se ha definido un concepto de intervención para iniciar el control hidráulico y manejo de las aguas desde las partes altas.

Los planteamientos para las intervenciones, son dos: a) Control del Cauce y Torrente de Japari-Pucarani y b) Medidas de Control de Erosión Superficial a través de Obras de Bioingeniería para el Manejo y Control de Taludes dentro la cuenca del torrente Japari-Pucarani.

El primero comprende intervenciones con medidas de Control y Corrección de Torrentes, y el segundo con intervenciones complementarias relacionadas con el establecimiento de cobertura vegetal, manejo de aguas superficiales y control de erosión superficial.

Las cantidades y volúmenes y presupuesto, para las intervenciones planteadas en el componente de control del cauce y torrente de Japari-Pucarani son:

- En términos de cronograma, se prevé un tiempo de 121 días calendario para la ejecución de todas las obras propuestas.
- Para la ejecución del componente de bioingeniería, se prevé un tiempo de 406 días calendario para todas las obras propuestas.

El Plan de Intervención está sustentado en el Estudio del Diagnóstico, que describe las condiciones naturales y actuales de las cuencas y taludes, asimismo, identifica, zonifica, evalúa y cuantifica el nivel de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, permitiendo identificar las causas por las que se generan afectaciones no deseadas. Finalmente, las medidas de prevención, mitigación y control de los procesos erosivos en las micro cuencas y su atención oportuna pueden minimizar los costos por daños ocasionados y costos de las medidas de control.

Adicionalmente, se proponen dos medidas complementarias al municipio; por un lado, la sensibilización ciudadana para preservar la capacidad del sistema de drenajes, que debe implementarse en coordinación con las OTBs y el municipio, y por otro, la preservación de la franja de seguridad de la torrentera de Japari-Pucarani, a través de una mayor difusión de la normativa vigente, además de la concertación de acciones con la población y las OTBs.

13.2.5. SUBPROYECTO 5: 31 DE OCTUBRE

El proyecto consiste en la implementación de una nueva red de alcantarillado pluvial y sanitario en la Villa 31 de octubre, junto al mejoramiento del embovedado pluvial que pasa por la Av. Panorámica. Adicionalmente, se propone realizar la reconformación del talud del botadero de escombros ubicado al Sudeste de la Villa 31 de Octubre.

Los sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario, propuestos en el presente proyecto, buscan controlar la evacuación segura de las aguas pluviales y servidas, provenientes de la Villa 31 de Octubre que actualmente son evacuadas hacia los taludes contiguos provocando su desestabilización y contaminación. Mediante la reconformación del talud del botadero de escombros se pretende evitar su colapso por la elevada pendiente que actualmente presenta.

Este componente está compuesto por tres intervenciones:

Alcantarillado Pluvial

Implementación de una nueva red de alcantarillado pluvial en la Villa 31 de Octubre, mediante tuberías

de PVC y sumideros, cumpliendo la Norma Boliviana de Servicios Básicos. Asimismo, se diseñó un nuevo embovedado rectangular sobre la Av. Panorámica, en el tramo en el que se producen anualmente rebases, con suficiente capacidad para conducir los caudales aportados.

Alcantarillado Sanitario

Construcción de un nuevo sistema de alcantarillado sanitario para reemplazar el existente, que ya cumplió su vida útil, con tuberías de PVC, cumpliendo la Norma Boliviana de Servicios Básicos NB 688. Si bien, los diámetros obtenidos en el diseño hidráulico corresponden al mínimo (100 mm), se ha optado por tuberías de 150 mm de diámetro en los tramos principales, a fin de evitar su taponamiento por la constante evacuación de basura por parte de los usuarios. Asimismo, se diseñó un nuevo tanque séptico que cuenta con pozos de percolación.

Estabilización del botadero de escombros

Reconformación del botadero de escombros, mediante la implementación de banquetas cuyos taludes intermedios cuentan con una inclinación estable. Las banquetas horizontales son de 3 m de largo y sus taludes tienen una altura variable de 8 a 10 m. Asimismo, a fin de evacuar de manera segura el agua que puede almacenarse en los sectores planos de cada banquina, se implementó una rápida escalonada, revestida con piedra cortada, que colecta estas aguas y las evacúa al pie del talud sin provocar socavación.

13.2.6. SUBPROYECTO 6: RIO ALPACOMA

El proyecto de adecuación del sistema de drenaje del Río Alpacoma involucra las zonas urbanas colindantes a la planicie altiplánica de la ciudad de El Alto y el Municipio de Achocalla, esta zona presenta permanentes deslizamientos y erosión regresiva. Se observa formación de escarpes verticales y grietas a diferente nivel, por otro lado, el mal manejo de las aguas pluviales y servidas, influyen en procesos de deslizamiento, poniendo en peligro la infraestructura urbana de la zona.

El sistema de drenaje del Río Alpacoma, está conformado por el canal principal y sus respectiva área de aporte con una superficie de 2.3 km². El área del proyecto comprende, desde la colindancia del Distrito 1 de El Alto con la hoyada de La Paz a la altura de la Avenida Tejada Alpacoma entre las calles Diego de Ocaña y Alfredo Sanjinés, que contribuye con la descarga de un importante sistema de drenaje pluvial que colecta las aguas del Distrito 1 y por otro, de Ciudad Satélite de El Alto, que conduce las aguas pluviales para su evacuación de aguas hacia abajo.

El curso es de tipo caudal permanente, debido al vertido de aguas del sistema de drenaje pluvial desde la zona urbana en la meseta de El Alto, con notables incrementos durante el período de lluvias.

Figura 24. Fotos del Río Alpacoma mostrando su problemática y sus características topográficas



Fuente: Elaboración Propia

Las intervenciones propuestas, tienen como objetivo la adecuación del cauce del sistema de drenaje de Río Alpacoma, que permita evacuar adecuadamente los caudales de lluvia, así como los aportes de sus zonas urbanas contribuyentes, hasta más aguas abajo del punto de descarga sobre el lecho natural actual.

Las Intervenciones se orientan a la mitigación (reducción) de las causas de los problemas detectados en la cuenca, como ser: el drenaje principal y taludes que ponen en riesgo o afectan de manera directa la infraestructura aledaña al río. Se desarrollaron estudios topográficos para complementar la información planimétrica de los planos sectoriales del municipio, asimismo, se procedió a la caracterización geológica, geotécnica, geo mecánica, hidrogeológica, hidrológica e hidráulica de la cuenca de aporte, para la regulación y control.

Los componentes centrales de las intervenciones planteadas son dos: la canalización y regulación del cauce principal del Río Alpacoma y, las medidas de control de erosión superficial a través de obras de bioingeniería para el manejo y control de taludes dentro la cuenca.

El primero, comprende intervenciones medidas de control y corrección de torrentes y el segundo con **intervenciones complementarias de cobertura vegetal, manejo de aguas superficiales y control de erosión superficial.**

El Plan de Intervenciones propuesto, está sustentado en el Estudio de Diagnóstico de las condiciones naturales y actuales de las cuencas y taludes, que permite identificar, zonificar, evaluar y cuantificar el nivel de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, que a su vez permite planificar el manejo de los recursos e identificar las causas de las afectaciones. Finalmente, las medidas de prevención, mitigación y control de los procesos erosivos en las micro cuencas.

Adicionalmente, se proponen dos medidas complementarias. Por un lado, la Sensibilización ciudadana para preservar la capacidad del sistema de drenajes, que debe implementarse en coordinación con las OTBs y el Municipio y por otro, la preservación de la franja de seguridad del río Alpacoma, a través de una mayor difusión de la normativa vigente y la concertación de acciones con la población y las OTBs.

13.2.7. SUBPROYECTO 7. ARCO IRIS

El sitio crítico denominado Arco Iris es drenado por la torrentera Turini y sus torrentes secundarios afectando a zonas urbanas colindantes a la planicie de la ciudad de El Alto y el Municipio de Achocalla, zona en que se presentan procesos permanentes de escurrimientos torrenciales y erosión regresiva, y las condiciones topográficas del lecho de sus cauces muy desfavorables para el drenaje de las torrenteras.

Existe formación de escarpes verticales y grietas a diferente nivel, por otro lado existe un mal manejo de las aguas pluviales y servidas, las mismas colaboran en los procesos de deslizamiento y son una amenaza para la infraestructura urbana de la zona. Las precipitaciones que corresponden al área de aporte de la cuenca Arco Iris, producen escurrimientos violentos que tienen su inicio en la meseta alteña y a medida que discurre hacia el Sud, incrementa su caudal con aportes de las áreas aledañas ya urbanas.

El sistema de drenaje de la torrentera Turini cuenta con una superficie de 0.9 km². El área del proyecto se extiende desde la colindancia del Distrito 1, zona de Rosas Pampa, de El Alto con la hoyada de La Paz a la altura de la Avenida Cívica, en su inicio recibe la descarga de un importante sistema de drenaje pluvial que colecta las aguas del Distrito 1 y de la zona Rosas Pampa de El Alto, a lo largo de su trayecto conduce las aguas pluviales y realiza la evacuación de aguas hacia abajo. Con caudales notables durante el período de lluvias, y un caudal nulo o inexistente en época de estiaje. .

Figura 25. Fotos de Arco Iris mostrando su problemática y sus características topográficas



Fuente: Elaboración Propia

El proyecto de control y corrección de torrentes de Arco Iris es importante para el Municipio de Achocalla, en la zona de su Distrito 1, zona de Rosas Pampa, porque permitirá la incorporación de un elemento natural de drenaje en la trama urbana, en un sector de creciente consolidación residencial.

Los objetivos del Plan se orientan hacia la mitigación (reducción) en su red de drenaje, de sus colectores principales, y el drenaje principal de la torrentera Turini, que ponen en riesgo o afectan de manera directa la infraestructura aledaña a los cursos y torrentes aledañas. Se desarrollaron estudios topográficos para complementar la información planimétrica de los planos sectoriales del municipio. Asimismo, se

procedió a la caracterización geológica, geotécnica, geomecánica, hidrológica e hidráulica de la cuenca de aporte.

Los componentes de intervención planteados, son dos: control de cauces y torrentes, y canalización de la torrentera Turini, además de, medidas de control de erosión superficial a través de obras de bioingeniería para el manejo y control de taludes dentro la cuenca del Río Alpacoma.

El primero, con medidas de control y corrección de torrentes, y el segundo con intervenciones complementarias relacionadas **con el establecimiento de cobertura vegetal**, manejo de aguas superficiales y control de erosión superficial.

13.2.8. SUBPROYECTO 8. TITIRI

El proyecto de control y corrección de la torrentera Titiri y sus torrentes secundarios involucra las zonas urbanas colindantes a la planicie de la ciudad de El alto y el Municipio de Achocalla, zona en que se presentan procesos permanentes de escurrimientos torrenciales y erosión regresiva, y las condiciones topográficas del lecho de sus cauces muy desfavorables para el drenaje de las torrenteras.

Se puede observar la formación de escarpes verticales y un mal manejo de las aguas pluviales, hechos que colaboran en los procesos de deslizamiento y son una amenaza para la infraestructura urbana de la zona. Las precipitaciones que corresponden al área de aporte de la cuenca de Titiri, producen escurrimientos violentos que tienen su inicio en la meseta alteña y a medida que discurre hacia el Este, incrementa su caudal con aportes de las áreas aledañas.

El sistema de drenaje de la torrentera Titiri está conformado por una superficie de 0.8 km², se extiende desde la colindancia de Achocalla, zona de Urbanización 18 de Diciembre, de El Alto con la hoyada de La Paz, en su inicio recibe la descarga de aguas pluviales de la zona de Urbanización 18 de Diciembre principalmente, a lo largo de su trayecto conduce las aguas pluviales y realiza la evacuación de aguas hacia abajo en el lago Jacha Kkota.

El curso puede calificarse de tipo torrente, con caudales notables durante el período de lluvias, y un caudal nulo o inexistente durante el período de estiaje.

Figura 26. Fotos del Torrente Titiri mostrando su problemática y sus características topográficas



El proyecto de control y corrección de torrentes de Titiri adquiere gran importancia para el Municipio de Achocalla, en la zona del Lago Jacha Kkota, por tratarse de una obra de infraestructura urbana que permitirá la incorporación de un elemento natural de drenaje en la trama urbana, en un sector de creciente consolidación residencial.

Los objetivos del plan se orientan hacia la mitigación (reducción) de los peligros que conlleva la red de drenaje y sus colectores de la torrentera Titiri, que ponen en riesgo o afectan de manera directa la infraestructura aledaña. Se desarrollaron estudios topográficos, se procedió a la caracterización geológica, geotécnica, geomecánica, hidrológica e hidráulica de la cuenca.

Los componentes centrales de las intervenciones planteadas son dos: control de cauces y torrentes, y canalización de la torrentera Titiri, por otro lado, medidas de control de erosión superficial a través de obras de bioingeniería para el manejo y control de taludes dentro la cuenca.

13.3. INGENIERÍA DEL PROYECTO

- i. La ingeniería de cada subproyecto, está fundamentado en tres componentes básicos:
- ii. Componentes hidráulicos.
- iii. Componentes de conservación de suelos.
- iv. Componentes de gestión de suelos.

13.3.1. COMPONENTE HIDRÁULICO

El objetivo de este componente es, la regulación del caudal líquido producto de la precipitación, para ello se plantea la ejecución de las siguientes obras de tipo hidráulico: regularización del cauce naturales a través de diques transversales de gaviones, canalización con muros laterales flexibles de gaviones, sistemas de drenaje de aguas pluviales formado por zanjas, cunetas y revestidas con un geo textil ambiental y bajantes de hormigón ciclópeo, y sistemas de drenaje subterráneo conformado por galerías filtrantes y drenes horizontales californianos (tubos ranurados de PVC de 50 mm alojados en perforaciones de 100 mm de hasta 10 metros de longitud).

Para realizar el manejo de aguas pluviales de la cuenca alta (planicie El Alto) se propone realizar el diseño de colectores de alcantarillado pluvial para conducir las aguas recolectadas ordenadamente a los cursos naturales regularizados y canalizados.

Todas estas obras hidráulicas serán completadas con plantaciones arbustivas y arbóreas de porte mediano que consoliden la estabilización de las laderas y estabilización de áreas removidas y alteradas en los alrededores de cada obra.

13.3.2. COMPONENTE DE CONSERVACIÓN DE SUELOS

Dentro el componente de conservación de suelos se tiene las siguientes acciones o actividades:

medidas de estabilización de laderas y taludes consistentes en reconformación de la geometría (reducción del ángulo de inclinación de los taludes a través de movimiento de tierras mecanizado), construcción de muros de tierra armada (incorporación de una armadura combinada de mantos de alambre tejido y fibras de polipropileno, colocadas cada 0,40 m. sobre el relleno debidamente compactado), instalación de pernos de anclaje pasivos de 6 a 8 metros de longitud 25 mm de diámetro, provistos de una capa de hormigón lanzado con malla electrosoldada sobre la superficie del talud).

La construcción de terrazas de formación lenta con barreras vivas en áreas agrícolas a nivel piloto, estas actividades físicas serán complementadas con actividades agronómicas para fortalecer la fertilidad con biofertilizantes y caldos sulfocálcicos, así mismo se complementara con forestación en linderos con plantas de frutales con el fin de generar una costumbre en la zona de introducir especies que garanticen mínima producción y protección. Acciones destinadas a generar un sistema de manejo integral de suelos limpios y sostenibles.

13.3.3. COMPONENTE GESTIÓN DE SUELOS

Se refiere a la revegetación y consiste básicamente en forestar las márgenes de las áreas donde se implementaran las obras hidráulicas, con arbustos, en lo posible nativos, fundamentalmente en zonas desprotegidas y con presencia de procesos erosivos intensos y las riveras de los cauces principales aguas debajo con fines de protección.

La complementariedad e integralidad de los 3 componentes (hidráulico, conservación de suelos y revegetación con especies nativas), incidirá socialmente en la cuenca, toda vez que las dinámicas de deterioro podrán ser controlados a partir de estos componentes. Todo esto a partir de una gestión participativa y la creación de un comité de cuencas que garantizara las intervenciones.

13.4. MARCO INSTITUCIONAL PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

13.4.1. MARCO INSTITUCIONAL

REDUCCIÓN DE RIESGOS

El Ministerio de Planificación del Desarrollo (MPD), a través del Viceministerio de Planificación y Coordinación, viene desarrollando gestiones para la Reducción de Riesgos y Atención de Desastres producidos por amenazas naturales, antrópicas y tecnológicas. En aplicación de la ley N° 2140 de “Reducción de Riesgos y Atención de Desastres” de 25 de octubre de 2000 y el Decreto Supremo 26739 del 4 de agosto de 2002.

El “Proyecto Recuperación de Emergencias y Gestión de Desastres” (PREGD) ejecutado con el financiamiento de la Asociación Internacional de Fomento (AIF) del Banco Mundial (BM) bajo el crédito AIF-BO/AIF 4440-BO, fue concretado en las gestiones 2008 - 2013. Entre ellos, el Estudio Gestión integral del manejo de la cuenca Alpacoma.

El estudio encomendado a la Asociación UMSS-Antea Group (Bélgica) ha sido elaborado bajo la supervisión de multidisciplinario formado por especialistas contratados por el PREGD, y en coordinación con las autoridades y juntas vecinales de los municipios involucrados.

Se realizó la entrega del estudio a las autoridades de los municipios, con lo que concluye la participación activa del PREGD, en este caso concreto. A partir de ahí los municipios deben gestionar el financiamiento de los proyectos elaborados en el marco del estudio, en cumplimiento a sus competencias señaladas en la Ley Nº 31 “Ley Marco de Autonomías y Descentralización “Andrés Ibáñez” del 19 de julio de 2010.

Formular y ejecutar Planes Municipales de Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias en el marco del Plan de Reducción de Riesgos en coordinación con la sociedad civil a través de la conformación de comités temáticos.

Promover la difusión y capacitación en la Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias.

Elaborar los Informes Municipales Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias. Elaborar los EDAN en el nivel municipal con el asesoramiento del SENADECI.

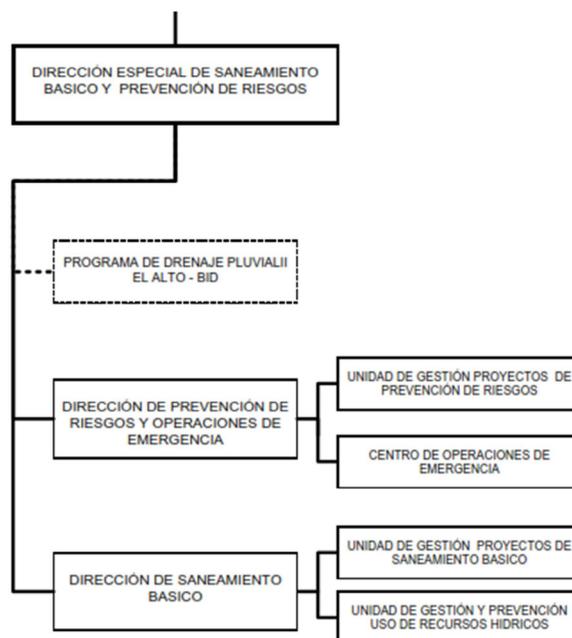
Participar del Comité Municipal Interinstitucional.

- Formular el Plan de Atención Municipal, en coordinación con la sociedad civil, así como los estudios de evaluación de daños.
- Implementar el Centro de Operación de Emergencia (COE) municipal.
- Implementar los Centros de Información Municipales, los cuales proveerán de información al SINAGER.

INSTITUCIONALIDAD GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE EL ALTO

En cumplimiento a las disposiciones legales vigentes, el Gobierno Autónomo Municipal de El Alto se ha organizado de tal forma que le permita el logro de los objetivos y planes operativos. Cuenta con cinco Oficinas Mayores Técnicas y tres Direcciones Especiales con rango de oficinas, entre ellas, la Dirección Especial de Saneamiento Básico y Prevención de Riesgos, estructurada de la siguiente manera.

Figura 27. Estructura de la Dirección Especial de Saneamiento Básico y Prevención de Riesgos



Fuente: Organigrama oficial Gobierno Autónomo Municipal de El Alto (R.M. 905/2012)

Esta dirección especial junto con la Oficialía Mayor de Desarrollo de Infraestructura Pública (OMDIP) y la Oficialía Mayor Administrativa y Financiera (OMAF) tienen una capacidad y fortaleza institucional.

13.4.3. GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE ACHOCALLA

El Gobierno Autónomo Municipal de Achocalla está conformado por tres Oficialías Mayores:

- Oficialía Mayor Administrativa y Financiera
- Oficialía Mayor Técnica
- Oficialía Mayor de desarrollo Humano.

A su vez la oficialía Mayor Técnica, tiene las siguientes direcciones:

- Dirección de Proyectos municipales
- Dirección de Planificación Urbana y Catastral
- Dirección de Desarrollo Económico Local

La atención de los desastres naturales, es actualmente una responsabilidad de la Dirección de Desarrollo Económico Local. La disponibilidad limitada de recursos financieros y el reducido personal técnico especializado coloca al gobierno municipal de Achocalla en una situación de desventaja, para el cometido.

13.4.4. APOORTE DE LOS MUNICIPIOS PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

La contraparte de los municipios será fundamental de acuerdo a la capacidad financiera y en consideración a la magnitud de las inversiones, con la cooperación del Estado.

13.4.4.1. SOSTENIBILIDAD, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

a) SOSTENIBILIDAD

Para la sostenibilidad se requiere la participación de los Gobiernos Autónomos Municipales, a través del: i) involucramiento activo de autoridades y vecinos, y ii) las actividades de mantenimiento establecidas en los programas operativos anuales.

Por ello, los gobiernos autónomos municipales deben considerar programas de Fortalecimiento y Desarrollo Comunitario, que garanticen la preservación y cuidado de las obras a realizar, considerando que las mismas, están destinadas a la seguridad de la integridad física (Preservar la vida) de los mismos.

El Fortalecimiento del Desarrollo Comunitario, debe estar orientado a la generación de competencias y acuerdos (Municipio – Comunidad), que permitan crear políticas de desarrollo sostenibles y el cumplimiento de los objetivos establecidos.

b) MANTENIMIENTO

El proyecto “Gestión Integral de la Cuenca de Alpacoma” y las obras civiles planteadas, no generan ningún tipo de ingresos. Por tanto, será necesario considerar en los planes operativos anuales de cada municipio los recursos necesarios para permitir la ejecución de los trabajos, operación y mantenimiento para garantizar la integridad física de las obras a lo largo plazo.

El mantenimiento tiene dos componentes: contar con personal permanente suficientemente capacitado y entrenado para la ejecución de los trabajos y actividades de mantenimiento, y por otra, la disposición los recursos financieros necesarios para realizar las actividades programadas.

Las actividades de operación y mantenimiento contemplan:

c) MANTENIMIENTO RUTINARIO

El mantenimiento rutinario tiene dos componentes:

i. Medición de los instrumentos instalados

En el presupuesto y especificaciones técnicas para los componentes con actividades de estabilización de laderas y taludes se tiene previsto la instalación de una red de mojones fijos de hormigón, la instalación de piezómetros y de inclinómetros.

La mini red geodésica deberá ser medida tres veces al año con una estación total de reconocida marca y en excelente estado. La primera medición del año será durante la época de lluvias a fines del mes de enero de cada año. La segunda campaña tendrá lugar a fines del mes de abril, y la tercera a fines del mes de septiembre de cada año. Los datos de las mediciones de campo deberán ser procesados dentro de los dos próximos días después de haberse realizado las mediciones. Los resultados obtenidos deben ser incorporados a los registros digitales, donde se elaborara unos gráficos con el tiempo en días en las ordenadas. Después de cada procesamiento de datos se hará una impresión de los datos y gráficos para ser anexados al informe de situación a ser elevado a la dirección dentro de los primeros 5 días de haberse concluido las mediciones. En este informe se presentara una valoración de las mediciones y del comportamiento general de las obras y los taludes. El protocolo de mediciones estará acompañado por algunas fotos mostrando el estado de los mojones.

Junto con las mediciones geodésicas se procederá a la medición de los piezómetros y de los inclinómetros. Adicionalmente se deberá medir el nivel de la napa freática cada 30 días durante los meses de Noviembre a Abril.

ii. Inspección visual y ejecución de actividades de mantenimiento menores

Durante la ejecución del mantenimiento rutinario se prestará atención a todos los elementos constructivos instalados en los taludes y laderas, y se ejecutaran las siguientes tareas:

- Eliminación de los residuos acumulados en los canales de drenaje y la superficie del talud. Reparación de los canales de drenaje y bajantes.
- Reparación o sustitución de la cubierta agrietada o dañada del talud. Desbloqueo de barbacanas.
- Remoción de cualquier tipo de vegetación que causa grietas de tensión en la cubierta de la superficie del talud y de los canales de drenaje.
- Volver a cubrir con vegetación las áreas descubiertas de la superficie del talud de suelo.
- Reparación de las partes faltantes o deterioradas que se muestren en las obras accesorias Reparación de las fugas de los servicios de agua expuestos.
- Mantenimiento de los elementos de paisajismo en el talud.
- Cuando se tenga la sospecha de fuga de agua en los servicios de agua enterradas tales como tuberías de agua, red de abastecimiento de agua, alcantarillas, drenaje de aguas pluviales o sistemas de canalización, se debe disponer de una investigación específica para comunicar en forma rápida a la institución responsable, haciendo un seguimiento estrecho de las acciones para subsanar la situación.

iii. Frecuencia de las inspecciones de mantenimiento rutinario

Las inspecciones de mantenimiento rutinario deben tener lugar cada seis meses y en todo caso después de la época de lluvias en el mes de abril y antes de la época de lluvias en el mes de octubre.

iv. Personal para inspección de mantenimiento rutinario

Para el mantenimiento rutinario no es necesaria la participación de inspectores con formación en la ingeniería civil y/o geotécnica; podrá ser realizada por personal de la Dirección o Centro de operaciones de Emergencia después de haber recibido un proceso corto de inducción en el tema de inspecciones y mantenimiento.

v. Personal especializado para inspecciones de mantenimiento

Durante las inspecciones de mantenimiento de rutina en particular deberá tenerse en cuenta e identificarse todo aquello inusual o anormal tales como señales de fuga, la ampliación de las grietas, asentamientos del suelo, etc. Estos defectos u observaciones tienen que ser reportados inmediatamente para que un ingeniero geotecnista pueda realizar las inspecciones necesarias.

vi. Registro de mantenimiento rutinario

Cada campaña de inspección y de mantenimiento rutinario será documentada en hojas o protocolos diseñados ex profesamente para este fin.

d) INSPECCIÓN ESPECIALIZADA

Partiendo de los resultados de las mediciones rutinarias y los hallazgos durante las inspecciones rutinarias, la dirección tomará la decisión de invitar a un ingeniero especialista de la alcaldía para la valoración de la situación anómala encontrada y se procederá a elaborar un plan de emergencia para revertir la situación.

14. PRESUPUESTO

Las actividades de mantenimiento estarán a cargo de un equipo de trabajo formado por 10 personas a cargo de un jefe de división ocupado por un ingeniero civil o geotécnico. El presupuesto anual estimado asciende a Bs. 913.500. Este presupuesto contempla solamente gastos corrientes. Para la ejecución de obras mayores será necesario estimar el presupuesto partiendo de los resultados de las inspecciones y la cuantificación de las actividades y materiales a ser utilizados.

Tabla 18. Presupuesto anual para la división de mantenimiento de un municipio

Personal Función	Profesión	Unidad	Cantidad	Honorario Bs./Mes	Total Bs.
Jefe División	Ing. Civil o Geotécnico	mes	12.00	14,000.00	168,000.00
Subjefe	Ing. Civil Jr.	mes	12.00	8,000.00	96,000.00
Capataz 2		mes	24.00	7,000.00	168,000.00
Albañil		mes	24.00	5,000.00	120,000.00
Secretaria		mes	12.00	3,000.00	36,000.00
Ayudantes 3		mes	36.00	3,500.00	126,000.00
Chofer		mes	12.00	2,400.00	28,800.00
Especialista externo	Ing. Geotécnico o Sénior	mes	1.00	25,000.00	25,000.00
Total personal					767,800.00

Gastos operacionales

Vehículo	mes	12.00	5,000.00	60,000.00
Herramientas menores	global	1.00	20,000.00	20,000.00
Computacionales, plotter	global	1.00	8,700.00	8,700.00
Papelería	mes	12.00	500.00	6,000.00
Teléfonos, email	mes	12.00	500.00	6,000.00
Viáticos emergencia	día	300.00	150.00	45,000.00
Total gastos operacionales				145,700.00
TOTAL				913,500.00

14.1. PRESUPUESTO GENERAL

El presupuesto general del proyecto “Gestión Integral del Manejo de la Cuenca Alpacoma”, ascendiendo a la suma de Bs 76. 130.161,82 a precios de agosto de 2.013. En esta suma, han sido incluidos los costos de supervisión y fiscalización de las obras.

Tabla 19. Presupuesto General

ID	COMPONENTE	TOTAL PRESUPUESTO (Bs)
1,00	VILLA EXALTACION	11.468.206,50
1,1	obras civiles	10.425.642,27
1,2	Supervisión obras civiles	729.794,96
1,3	Fiscalización obras civiles	312.769,27
2,00	TEJADA ALPACOMA	6.041.131,31
2,1	Obras civiles	5.333.125,00
2,2	Supervisión obras civiles	373.318,75
2,3	Fiscalización obras civiles	159.993,75
2,4	Bioingeniería	158.812,55
2,5	Supervisión bioingeniería	11.116,88
2,6	Fiscalización bioingeniería	4.764,38
3,00	SENKATA ALONZO	6.938.064,30
3,1	Obras civiles	6.307.331,18
3,2	Supervisión obras civiles	441.513,18
3,3	Fiscalización obras civiles	189.219,94
4,00	31 DE OCTUBRE	13.777.591,00
4,1	obras civiles	12.525.082,73
4,2	Supervisión obras civiles	876.755,79
4,3	Fiscalización obras civiles	375.752,48
5,00	JAPARI PUCARANI	1.414.939,16

5,1	OBRAS CIVILES	1.032.422,99
5,2	SUPERVISION OBRAS CIVILES	72.269,61
5,3	FISCALIZACION OBRAS CIVILES	30.972,69
5,4	Bioingenieria	253.885,34
5,5	Supervisión bioingenieria	17.771,97
5,6	Fiscalización bioingenieria	7.616,56
6,00	RIO ALPACOMA	25.927.338,01
6,1	Obras civiles	18.678.192,71
6,2	Supervisión obras civiles	1.307.473,49
6,3	Fiscalización obras civiles	560.345,78
6,4	Bioingenieria	4.892.114,57
6,5	Supervisión bioingenieria	342.448,02
6,6	Fiscalización bioingenieria	146.763,44
7,00	TITIRI	4.175.718,76
7,1	Obras civiles	2.802.681,41
7,2	Supervisión obras civiles	196.187,70
7,3	Fiscalización obras civiles	84.080,44
7,4	Bioingenieria	993.426,55
7,5	Supervisión bioingenieria	69.539,86
7,6	Fiscalización bioingenieria	29.802,80
8,00	ARCO IRIS	3.912.224,90
8,1	Obras civiles	3.392.001,15
8,2	Supervisión obras civiles	237.440,08
8,3	Fiscalización obras civiles	101.760,03
8,4	Bioingenieria	164.566,94
8,5	Supervisión bioingenieria	11.519,69
8,6	Fiscalización bioingenieria	4.937,01
TOTAL GENERAL		73.655.213,93

15. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

15.1. EVALUACIÓN TÉCNICA

Las obras civiles han sido proyectadas y verificadas en el marco de los criterios de diseño hidrológico, hidrogeológico, geotécnico y estructural según el “estado del arte” actual universal y vigentes en el país.

15.2. EVALUACIÓN SOCIO ECONÓMICA

La evaluación socioeconómica llevada a cabo a los 8 componentes priorizados por el *Estudio de Gestión Integral del Manejo de la Cuenca Alpacoma*, ha sido realizada mediante el análisis Costo-Beneficio, metodología basada en la comparación de beneficios (equivalentes a costos o daños evitados que se convierten en beneficios una vez implementadas las obras) y costos de inversión y mantenimiento afectados por las razones precio cuenta de eficiencia, generando indicadores Beneficio Costo.

Los indicadores específicos para cada uno de los proyectos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 20. Parámetros socioeconómicos

Nº de priorización	Nombre del componente	VANS	VABS	VACS	TIRS	B/C	PERIODO DE LA INVERSIÓN
1	Estabilidad del talud y Minimización del riesgo de inundación de la cuenca en la zona Senkata alonzo	172,306	6,747,301	6,574,995 13.6	13.62%	1.03	18
2	Estabilización del Talud Villa Exaltación Alpacoma	-2,005,898	8,022,790	10,028,688	-4.49%	0.80	0
3	Estabilización del Talud Tejada Alpacoma	4,841,670	10,562,245	5,720,575	108.41%	1.85	2
4	Control y Corrección de la torrentera Japari-Pucarani	153,125	1,643,536	1,490,410	18.13%	1.10	9
5	Estabilización del Talud 31 de Octubre	-9,504,249	2,700,055	12,204,304	-18.67%	0.22	0
6	Adecuación del sistema de drenaje del Rio Alpacoma	-16,085,384	7,716,154	23,801,539	-1.25%	0.32	0
7	Control y corrección de torrenteras de Arco Iris	132,648	3,809,632	3,676,984	14.37%	1.04	15
8	Control Torrentera Titiri	3,862,602	7,570,351	3,707,749	33.63%	2.04	6
	GLOBALES	-18,433,180	48,772,064	67,205,244			

Como se puede observar, no todos los proyectos han obtenido indicadores positivos, básicamente debido a que el costo de las soluciones requeridas a los problemas de riesgo inminente, son costosas. Los mismos no debieran ser impedimento para su ejecución, puesto que los mismos no buscan la rentabilidad socioeconómica sino la condición fundamental de preservar la vida y el bienestar de los ciudadanos.

Al ser proyectos enmarcados en la recuperación de emergencias (eventos que ya han sucedido y marcan la pauta del posible desastre) y además incluidos en la gestión de posibles desastres los criterios de decisión deberían ser menos técnicos y más humanitarios.

15.3. EVALUACIÓN AMBIENTAL

La Constitución Política del Estado establece que las personas tienen derecho a un medio ambiente saludable, protegido y equilibrado y que el ejercicio de este derecho, debe permitir a la población actual y a las futuras generaciones desarrollarse de manera plena.

En este sentido, las actividades y obras planteadas en el presente proyecto, están enmarcadas dentro la Normativa Ambiental vigente y establecidas por las Leyes de Medio Ambiente y de la Madre Tierra. Pero fundamentalmente, durante la ejecución del proyecto, no se prevé impactos ambientales significativos,

debido a que la construcción o implementación de las obras civiles como ser diques transversales de gaviones, canalización con muros laterales flexibles de gaviones, cunetas revestidas con geotextil ambiental, galerías filtrantes y drenes horizontales californianos, no requieren movimientos de tierra abundantes e insumos externos que pueden afectar el medio ambiente. Sin embargo, durante la fase de operación estas obras de tipo hidráulico, permitirán la regularización de los cauces naturales.

Así mismo, las medidas de estabilización de laderas y taludes, consistentes en la reconfiguración de su geometría (reducción del ángulo), la construcción de muros de tierra armada y la instalación de pernos de anclaje pasivos, realizados a través de movimientos de tierra y perforaciones podrían generar impactos negativos. Sin embargo, estos serán localizados y permitirán dar seguridad a la población ante deslizamientos de tierra. Además, se prevé la reforestación con especies arbustivas y arbóreas nativas, donde se implementaran obras hidráulicas, y en zonas inestables, desprotegidas y con presencia de procesos erosivos intensos.

A partir de las propuestas estructurales y no estructurales del proyecto, se reducirá la escorrentía superficial en laderas, los sistemas de drenaje funcionarán adecuadamente en las zonas con movimientos en masa, la estabilidad de laderas será mayor, permitiendo dar seguridad a los habitantes.

En resumen, la ejecución del Proyecto Integral en la Cuenca Alpacoma permitirá:

- Estabilización de áreas inestables con alta eficiencia de control del agua de escurrimiento garantizando un dinamismo económico en la zona.
- Reducción de los índices de erosión hídrica e índices de erosión eólica

Se concluye que no habrá efectos negativos o alteraciones de las condiciones de la cuenca, por el contrario generará un beneficio ambiental sustancial. Con estos antecedentes se gestionó la Licencia Ambiental del Proyecto (Certificado de Dispensación) (ver anexos), enmarcados al DS 1641, que amplía el listado de AOPs de la Categoría 4, dispensándolos del Estudio de Evaluación del Impacto Ambiental, debido a sus características mencionadas. Lo que no descarta de ninguna manera la aplicación de medidas preventivas y correctivas, haciendo notar que los contratistas y subcontratistas deberán atender y velar por el cumplimiento y control de las mismas.

Durante la ejecución de las obras es responsabilidad del contratista asegurar la reducción de emisión de polvo, ruido y gases por la operación de maquinaria o equipos durante la excavación de suelos y transporte de materiales.

Es responsabilidad del contratista asegurar la acumulación de residuos sólidos en un lugar adecuado y asegurar la limpieza y el retiro de escombros y áridos excedentes.

Es responsabilidad del contratista asegurar al personal de obra para reducir accidentes laborales y la

implementación de señalización vertical y horizontal para prevenir accidentes a la población aledaña a las obras en ejecución.

Independientemente del Certificado de Dispensación, el proyecto contempla la contratación de supervisores, profesionales con experiencia en supervisión técnica ambiental que realicen seguimiento al cumplimiento de estas medidas durante la fase de ejecución y realice capacitación y asistencia técnica para la fase de operación y mantenimiento para el cumplimiento de las medidas de mitigación y prevención establecidas en el Certificado de Dispensación.

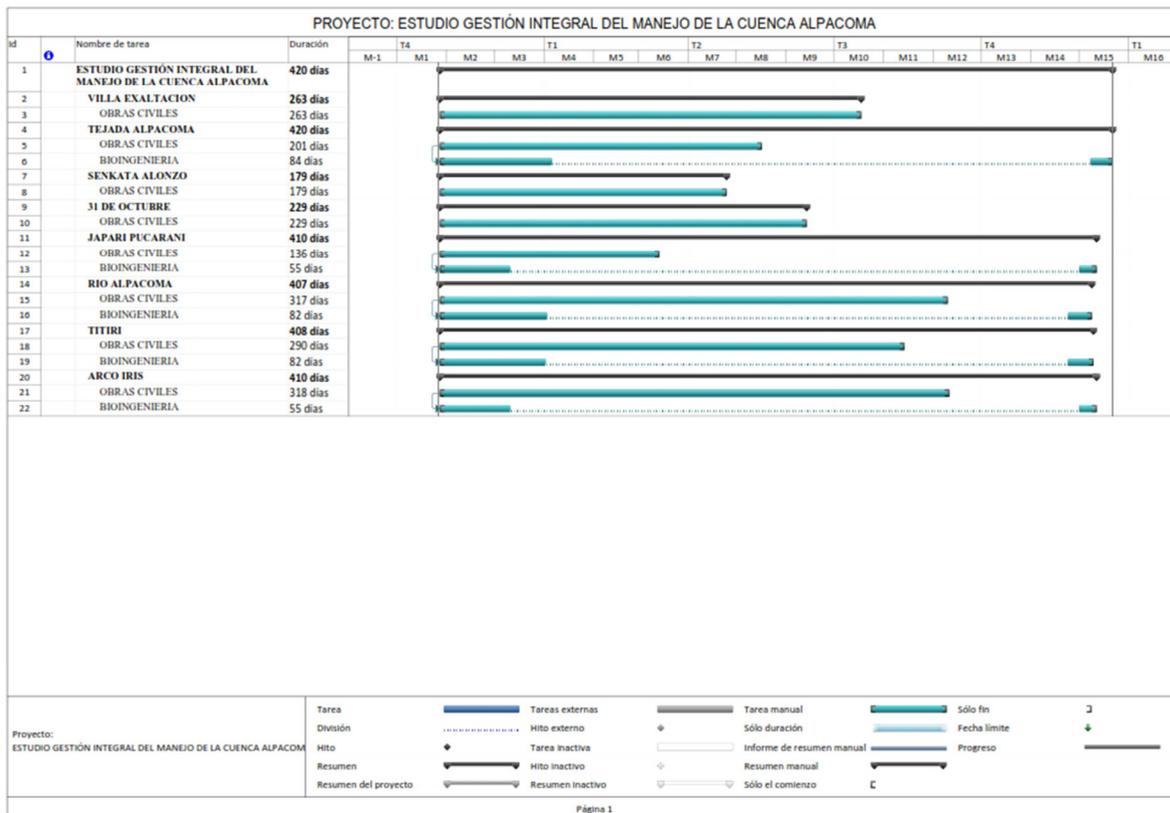
15.4. EVALUACIÓN RIESGOS

El objetivo principal del proyecto fue, la identificación y mitigación permanente de los riesgos naturales dentro del área de estudio. El control de riesgos temporales durante la construcción de las obras ha sido considerado en las especificaciones técnicas y disposiciones generales.

16. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Cada uno de los componentes han sido analizados por separado, para determinar el periodo de construcción e implementación de las medidas no-estructurales. Se tiene una duración de 179 días para el componente Senkata Alonzo y 420 días para el componente Tejada Alpacoma. Las duraciones para cada componente son mostradas en la figura 11.1

Figura 28. Cronograma de la ejecución del proyecto



17. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

17.1. CONCLUSIONES

- La población involucrada en el área del proyecto asciende a 32.632 personas, distribuidos en los municipios de El Alto y Achocalla. Gran parte de esta población es vulnerable a fenómenos de remoción en masa del terreno.
- En el municipio de Achocalla no existen redes de distribución de agua potable y menos un sistema de alcantarillo. Cada comunidad ha implementado un sistema aislado con ayuda del Gobierno Municipal.
- La cobertura de los servicios de agua potable en El Alto (distrito 1,2 y 6) es de 100 %, excepto la zona Central Alpacoma, con una cobertura domiciliaria de 25 %. El sistema de alcantarillado con coberturas de 73 % a 100 % está en un estado de regular a malo.
- Los sistemas de desagüe pluvial tienen una capacidad insuficiente para precipitaciones de mediana intensidad.
- Los servicios de salud se encuentran atendidos en seis centros, sin embargo, sólo existen 4 médicos permanentes.
- Se ha elaborado un Programa de Gestión de Riesgos (PGR) y una propuesta de zonificación para el Plan de Uso del Suelo (PLUS) para toda el área del proyecto, como herramienta de planificación y ordenamiento territorial.
- Cuatro de los ocho sitios críticos priorizados (Tejada Alpacoma, Villa exaltación, 31 de Octubre, Senkata Alonzo) están en un estado de equilibrio muy cerca al “estado limite ultimo” poniendo las viviendas e infraestructura en la zona de influencia en peligro latente de destrucción. Fenómenos de remoción en masa (deslizamientos y derrumbes) pueden darse con una muy alta probabilidad durante los meses de verano en la época de lluvias, especialmente en la parte superior de las cuencas que limitan con los distritos de la ciudad de El Alto.
- Los otros cuatro sitios críticos (ríos Turini, Alpacoma, Titiri y Japari Pucarani) tienen una capacidad de erosión alta y capacidad hidráulica reducida teniendo como resultado la socavación de las márgenes y laderas, ocasionando a su vez el inicio de fenómenos de deslizamiento y de reptación de grandes masas de suelos.
- Los sitios críticos ubicados en el escalafón, a partir del puesto noveno están también en un estado de equilibrio con probabilidades de falla altas a regulares.
- Los ocho sitios críticos han sido estudiados a nivel de diseño final para los cuales se ha redactado la documentación necesaria para la licitación y ejecución de las obras.

- El presupuesto general estimado del proyecto “Gestión Integral del Manejo de la Cuenca Alpacoma” es de Bs. 73.655.213,93 a precios de agosto de 2.013.
- Cinco de los ocho proyectos muestran parámetros socio-económicos que los hacen elegibles en inversión, mientras que tres (31 de Octubre con ratio Beneficio/Costo = 0,21, Villa Exaltación con un B/C = 0,62 y Rio Alpacoma con B/C = 0,21), por sus características socio-económicas, los hacen no elegibles. Sin embargo, por cuestiones humanitarias deben ser atendidos también prioritariamente.
- En el contexto del Programa de Recuperación de Emergencias deben ser atendidos todos los componentes de los proyectos estudiados.

17.2. RECOMENDACIONES

- Los municipios involucrados deben iniciar en forma inmediata las gestiones para el financiamiento de obras en sitios considerados en “estado límite crítico” y otras planteadas en el estudio.
- Desarrollar estrategias comunicacionales para el desarrollo comunitario (talleres, seminarios, etc.), incentivando la participación de los vecinos en las campañas de limpieza, concientización, educación, etc.
- Generar acuerdos Municipio – Comunidad, para el fortalecimiento del Desarrollo Comunitario.
- Para el éxito en la aplicación del Plan de Gestión de Riesgos, es necesario iniciar un programa de Fortalecimiento Técnico Institucional de los municipios involucrados.
- Lograr a la brevedad posible un convenio inter-municipal de coordinación y cooperación para la ejecución de los proyectos.
- Se recomienda lograr alianzas con gobiernos municipales de países.

Global Facility for Disaster Reduction and Recovery

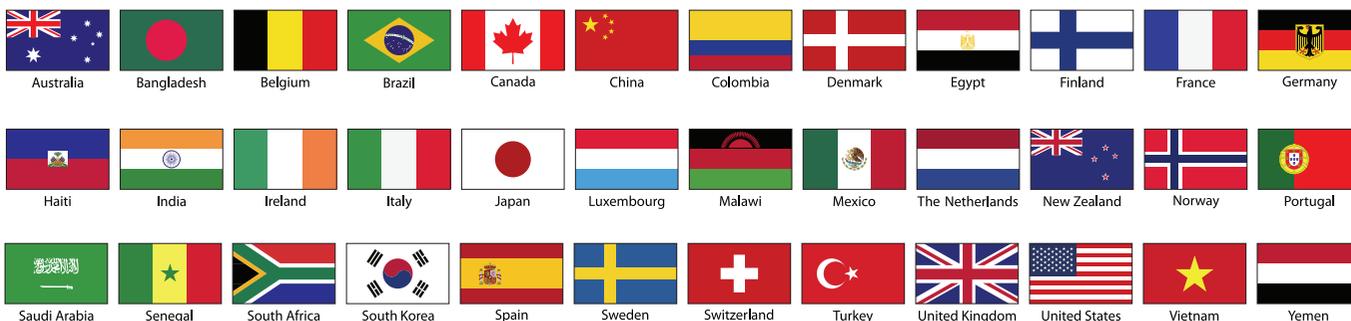
1818 street N.W.

Washington, DC 20433, USA

Telefono: 202-458-0268

E--mail: drm@worldbank.org

Facsimile: 202-522-3227



GFDRR desea expresar su apreciación y agradecimiento especial a los asociados que apoyan la labor de GFDRR para proteger los medios de subsistencia y mejorar la vida de las personas: Academia Arabe de Ciencia, Tecnología y Transporte Marítima, Alemania, Arabia Saudita, Australia, Banco Mundial, Bangladesh, Bélgica, Brasil, Canadá, China, Colombia, Comisión Europea, Corea del Sur, Dinamarca, Egipto, España, Estados Unidos, Estrategia internacional para la Reducción de los desastres de las Naciones Unidas, Federación internacional de Sociedades de la Cruz Roja y la Media Luna Roja, Finlandia, Francia, Haití, India, Irlanda, Italia, Japón, Luxemburgo, Malawi, México, Noruega, Nueva Zelanda, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Holanda, Portugal, Reino Unido, Secretaria de los Estados de África, el Caribe y el Pacífico, Senegal, Sudáfrica, Suecia, Suiza, Turquía, Vietnam y Yemen

Asociadas de GFDRR al momento de la impresión Junio 2014