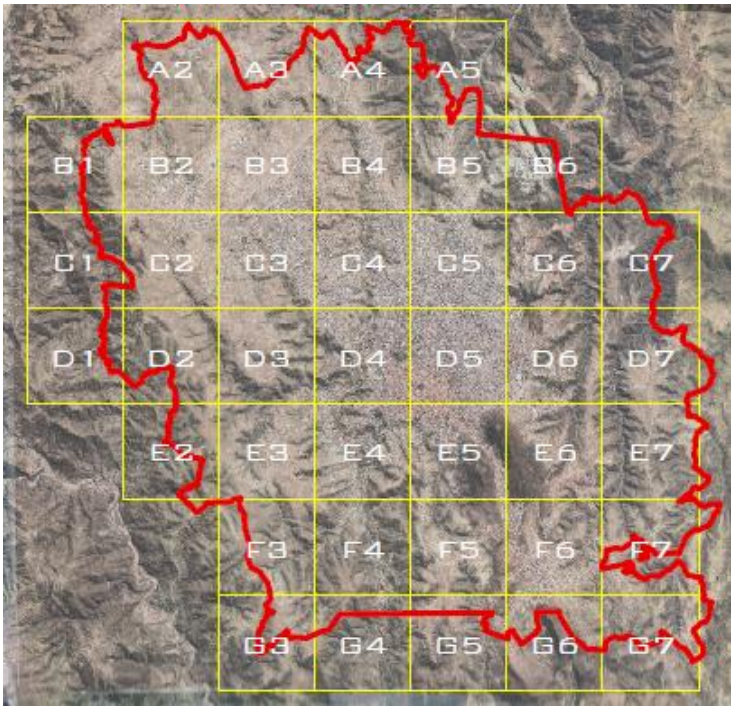


RADIO URBANO

INFORME FINAL ESTUDIO TECNICO GEOLOGICO, GEOTECNICO, GEOMORFOLOGICO, HIDROLOGICO Y MAPA DE RIESGOS DE LOS 40 CUADRANTES DEL AREA URBANA DE LA CIUDAD DE SUCRE

ASOCIACION ACCIDENTAL GASECO - CONSTRUMAG

ENERO 2022

TELF. 6460887 – CEL.70328846

gasecobol@gmail.com

INDICE

1. ANTECEDENTES 1
2. LOCALIZACION 2
3. MARCO LEGAL – ASPECTOS NORMATIVOS. 4
4. JUSTIFICACION. 8
5. OBJETIVO GENERAL 9
5.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS 9
6. ALCANCE DEL PROYECTO 10
7. METODOLOGIA 11
8. ANÁLISIS DEL AREA 15
8.1. ANALISIS DE LA COBERTURA DE SERVICIOS BÁSICOS 15
8.1.1. COBERTURA DE ELAPAS. 15
8.1.2. COBERTURA DE CESSA. 16
8.1.3. COBERTURA YPFB. 17
8.2. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SERVICIOS BÁSICOS 18
8.2.1. METODOLOGÍA UTILIZADA. 18
8.2.2. PROCEDENCIA DEL AGUA – ELAPAS. 19
8.2.3. DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA -CESSA. 22
8.2.4. ELIMINACIÓN DE LA BASURA – EMAS. 24
8.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS EVENTOS ADVERSOS HISTÓRICOS EN EL CUADRANTE. 27
8.3.1. ANÁLISIS DE LOS EVENTOS SUSCITADOS. 28
9. ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO 34
9.1. GENERALIDADES 34
9.2. CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS 38
9.2.1. CLIMA 38
9.2.2. HIDROGRAFÍA 38
9.2.3. RELIEVE 38
9.2.4. SISMICIDAD 39
9.3. BASES TEÓRICAS. 39
9.3.1. ESCALAS 39
9.3.2. TIPOS DE ESCALAS 39
9.3.3. PROBLEMAS CON ESCALAS 40
9.4. MAPAS 40
9.5. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS REGIONALES 41
9.5.1. GEOLOGIA 41
9.5.2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL 43
9.6. GEOMORFOLOGÍA 44
9.6.1. ESTRATIGRAFÍA 48

9.6.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL....54
9.7. ANALISIS GEOTECNICO....57
9.7.1. GENERALIDADES....57
9.7.2. METODOLOGÍA....57
9.7.3. LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS....58
9.7.4. ENSAYOS DE PENETRACION SPT....59
9.7.5. CLASIFICACIÓN GEOMECANICA DE BIENIAWSKI DEL MACIZÓ ROCOSO....61
9.7.6. SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES....65
9.7.7. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS DE CIMENTACIÓN....70
9.8. SISMOTECNIA....72
9.8.1. ACELERACIONES SÍSMICAS....74
10. ANALISIS HIDROLOGICO....77
10.1. ANÁLISIS HIDROLÓGICO....77
10.2. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN LOS 37 CUADRANTES....94
10.3. RESULTADOS....94
11. ANALISIS AMBIENTAL....95
11.1. RIESGOS AMBIENTALES....96
11.2. CLASIFICACIÓN DE RIESGOS....96
11.3. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES POR CUADRANTES....97
11.4. METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES....97
11.5. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA....97
11.6. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES....99
11.7. RESUMEN DE RIESGOS AMBIENTALES POR IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS....99
11.8. DESCRIPCIÓN HÍDRICA....102
12. MAPAS DE RIESGO....111
12.1. METODOLOGÍA....111
12.2. PROBLEMAS HIDROGEOLÓGICOS....112
12.3. PROBLEMAS GEOMORFOLÓGICOS....113
12.4. PROBLEMAS GEOTÉCNICOS "SENSU STRICTO"....113
12.5. PROBLEMAS ESTRUCTURALES....113
12.6. PROBLEMAS ESPECIALES....114
12.7. ZONIFICACION DE RIESGOS....114
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES....116
14. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS....126

LISTA DE TABLAS Y CUADROS

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los cuadrantes 2
Tabla 2. Tabla de Procedencia del agua que utilizan en la vivienda. 16
Tabla 3. Disponibilidad de energía eléctrica. 17
Tabla 4. Tabla de Combustible o energía mas utilizado para cocinar. 17
Tabla 5. Estudios especializados 36
Cuadro N° 6. Clasificación de los parámetros y sus valores 62
Cuadro N° 7. Determinación de la clase del macizo rocoso 62
Cuadro N° 8. Clasificación geomecánica de Bieniawski 63
Cuadro N° 9. Aceleración sísmica 74
Tabla N° 10. Parámetros de las cuencas 81
Tabla N° 11. Análisis de impacto ambiental del cuadrante 99
Tabla 12: Principales ríos y arroyos cercanos 108
Tabla 13: Aguas subterráneas 109
Cuadro N° 14. TABLA DE PROBLEMAS TIPO 112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de los cuadrantes 3
Mapa 2. Vulnerabilidad: Servicios Básicos - Procedencia del Agua – ELAPAS.....20
Mapa 3. Mapas de Vulnerabilidad: Servicios básicos – Disponibilidad de energía eléctrica -CESSA. 23
Mapa 4. Mapa de Vulnerabilidad Servicios Básicos: Eliminación de la Basura – EMAS. 25
Mapa 5. Identificación de los Sectores de Inundación. 28
Mapa 6. Afectaciones suscitadas en los Distritos Urbanos del Municipio de Sucre. 29
Mapa 7. Mapa Declaratoria de Desastre Municipal – Deslizamientos. 31
Mapa 8. Juntas Vecinales Afectadas por Desabastecimiento de Agua Potable. 32
Mapa 9. Mapas de sectores vulnerables 33
Figura 10. Imagen satelital Google de los Cuadrantes (40) de la ciudad de Sucre 44
Figura 11. Geomorfología de Bolivia 45
Figura 12. Interpretación de la Imagen Satelital.....56
Figura N° 13. REPORTE FOTOGRAFICO DE LOS RMR 64
Figura 14. Esquema de Montaje Método Schlumberger 65
Figura 15. SEV-2 Sector Sur Vía de Acceso 66
Figura 16. Mapa de probabilidad de ocurrencia sísmica 73
Figura 17. Mapa de riesgos naturales.....73
Figura 18. Mapa de aceleración sísmica 74
Figura 19. Mapa probabilístico de amenaza Sísmica para Bolivia 75
Figura 20. Mapa hipocentros regionales de Chuquisaca 76
Figura 21. Análisis hidrológico.....80
Figura 22. Curva IDF para un periodo de retorno de 50 años.....81
Figura 23. Hietograma en función de las curvas intensidad – Duración – Frecuencia 82
Figura 5.a. Hidrograma resultante del análisis de la cuenca 1.....82
Figura 24. Delimitación de los cuadrantes de la ciudad de Sucre, límite de área urbana 2014 98
Figura 25. Divisoria de cuencas Ciudad de Sucre.....102
Figura 26: Cuenca Baja del Río Quirpinchaca en el Municipio de Yotala 103
Figura 27: Microcuencas de la ciudad de Sucre.....104
Figura 28: Río Quirpinchaca su afluente en la ciudad de Sucre 105
Figura 29: Ubicación geográfica puntos de muestreo río Quirpinchaca y Cachimayu 106
Figura 30: Lugares donde no se debe construir.....122
Figura 31: Propuesta de canales abiertos para drenaje pluvial 123

1. ANTECEDENTES

La mancha urbana del municipio de Sucre, se encuentra emplazada en una topografía con diferentes características en términos de relieve, los asentamientos urbanos se emplazan en diferentes condiciones de terreno, incluso en laderas inestables, donde el factor de riesgo se acrecienta por procesos de erosión del talud, con saturación de aguas y otros factores, los cuales provocan problemas de deslizamientos.

La Dirección Integral Municipal de Gestión de Riesgos, bajo los lineamientos establecidos en la Ley Nº602 de Gestión de Riesgos, realiza las tareas de reducción del riesgo a través de la prevención, el cual genera instrumentos y mecanismo para evitar riesgos potenciales, entre ellos la elaboración de mapas de geológicas, geotécnicos, geomorfológicos e hidrológicas como una etapa inicial de un mapa de riesgos.

En tal escenario el Honorable Gobierno Autónomo Municipal de Sucre en vista de sus necesidades de contar con planos que identifiquen las zonas de riesgo dentro de la mancha urbana de Sucre después de una primera experiencia con la intervención en tres cuadrantes, ha visto la necesidad de la elaboración de mapas geológicos, geomorfológicos, geotécnicos, hidrológicos y de Riesgos de toda la mancha urbana en sus 37 cuadrantes restante, (al final se elaboraron de los 40 cuadrantes, por diferentes motivos) mostrando en mapas temáticos las condiciones geológicas, geotécnicas, geomorfológicas, hidrológicas y de Riesgos, de las micro cuencas, pendientes y las aptitudes de suelos donde se fundan y se fundaran las edificaciones y otras infraestructuras.

2. LOCALIZACION

El área de estudio se localiza dentro de la división política administrativa del departamento de Chuquisaca, en el Municipio Oropeza, sección municipal capital Sucre.

La mancha urbana de Sucre, se ha dividido en 40 cuadrantes de 2.0 x 2.0 Km², se tiene las siguientes coordenadas geográficas:

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los cuadrantes

			COORDENADAS GEOGRÁFICAS UTM							
N°	Tipo	Cudrante	Vertice 1		Vertice 2		Vertice 3		Vertice 4	
			x	y	x	y	x	y	x	y
1	Polygon	A2	256000	7898000	256000	7900000	258000	7900000	258000	7898000
2	Polygon	A3	258000	7898000	258000	7900000	260000	7900000	260000	7898000
3	Polygon	A4	260000	7898000	260000	7900000	262000	7900000	262000	7898000
4	Polygon	A5	262000	7898000	262000	7900000	264000	7900000	264000	7898000
5	Polygon	B1	254000	7896000	254000	7898000	256000	7898000	256000	7896000
6	Polygon	B2	256000	7896000	256000	7898000	258000	7898000	258000	7896000
7	Polygon	B3	258000	7896000	258000	7898000	260000	7898000	260000	7896000
8	Polygon	B4	260000	7896000	260000	7898000	262000	7898000	262000	7896000
9	Polygon	B5	262000	7896000	262000	7898000	264000	7898000	264000	7896000
10	Polygon	B6	264000	7896000	264000	7898000	266000	7898000	266000	7896000
11	Polygon	C1	254000	7894000	254000	7896000	256000	7896000	256000	7894000
12	Polygon	C2	256000	7894000	256000	7896000	258000	7896000	258000	7894000
13	Polygon	C3	258000	7894000	258000	7896000	260000	7896000	260000	7894000
14	Polygon	C4	260000	7894000	260000	7896000	262000	7896000	262000	7894000
15	Polygon	C5	262000	7894000	262000	7896000	264000	7896000	264000	7894000
16	Polygon	C6	264000	7894000	264000	7896000	266000	7896000	266000	7894000
17	Polygon	C7	266000	7894000	266000	7896000	268000	7896000	268000	7894000
18	Polygon	D1	254000	7892000	254000	7894000	256000	7894000	256000	7892000
19	Polygon	D2	256000	7892000	256000	7894000	258000	7894000	258000	7892000
20	Polygon	D3	258000	7892000	258000	7894000	260000	7894000	260000	7892000
21	Polygon	D4	260000	7892000	260000	7894000	262000	7894000	262000	7892000
22	Polygon	D5	262000	7892000	262000	7894000	264000	7892000	264000	7894000
23	Polygon	D6	264000	7892000	264000	7894000	266000	7894000	266000	7892000
24	Polygon	D7	266000	7892000	266000	7894000	268000	7894000	268000	7892000
25	Polygon	E2	256000	7890000	256000	7892000	258000	7892000	258000	7890000
26	Polygon	E3	258000	7890000	258000	7892000	260000	7892000	260000	7890000

27	Polygon	E4	260000	7890000	260000	7892000	262000	7892000	262000	7890000
28	Polygon	E5	262000	7890000	262000	7892000	264000	7892000	264000	7890000
29	Polygon	E6	264000	7890000	264000	7892000	266000	7892000	266000	7890000
30	Polygon	E7	266000	7890000	266000	7892000	268000	7892000	268000	7890000
31	Polygon	F3	258000	7888000	258000	7890000	260000	7890000	260000	7888000
32	Polygon	F4	260000	7888000	260000	7890000	262000	7890000	262000	7888000
33	Polygon	F5	262000	7888000	262000	7890000	264000	7890000	264000	7888000
34	Polygon	F6	264000	7888000	264000	7890000	266000	7890000	266000	7888000
35	Polygon	F7	266000	7888000	266000	7890000	268000	7890000	268000	7888000
36	Polygon	G3	258000	7886000	258000	7888000	260000	7888000	260000	7886000
37	Polygon	G4	260000	7886000	260000	7888000	262000	7888000	262000	7886000
38	Polygon	G5	262000	7886000	262000	7888000	264000	7888000	264000	7886000
39	Polygon	G6	264000	7886000	264000	7888000	266000	7888000	266000	7886000
40	Polygon	G7	266000	7886000	266000	7888000	268000	7888000	268000	7886000

NOTA: LOS CUADRANTES RESALTADOS CON VERDE , SON LOS YA EJECUTADOS

Los cuadrantes cubren un área de aproximadamente 120.583.783,78 Km² (aproximadamente entre las cotas 3135 y 2612 m.s.n.m. de elevación).

La localización de los cuadrantes en la mancha urbana del municipio de Sucre, es:

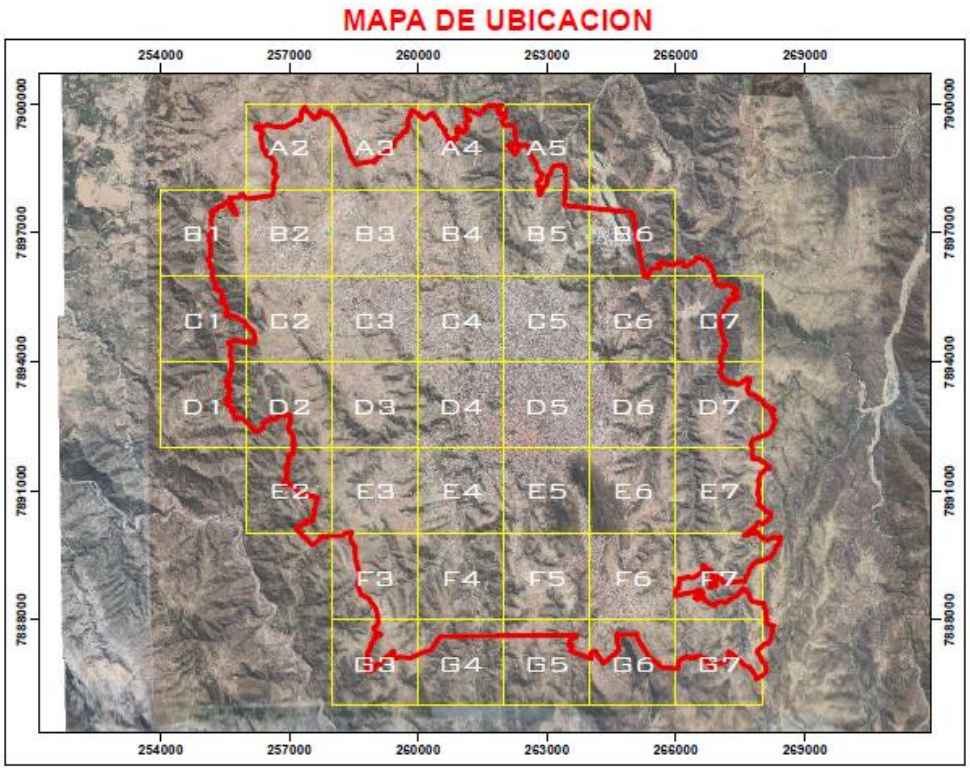


Figura 1. Mapa de ubicación de los cuadrantes

3. MARCO LEGAL – ASPECTOS NORMATIVOS.

Dentro de las etapas de la **GESTIÓN DE LA RIESGOS,** el Mapa de Riesgos está dentro de la **IDENTIFICACIÓN Y CONOCIMIENTO** y la importancia de contar con esta herramienta técnica de planificación y ordenamiento territorial es prioritaria para el Municipio de Sucre, como lo establece la siguiente normativa vigente:

LEY Nº602 DE GESTIÓN DE RIESGOS, (noviembre 14 de 2014)

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

Cuarta. Las entidades territoriales autónomas que no cuenten con **MAPAS DE RIESGO**, deberán elaborarlos en el plazo de dos (2) años a partir de la publicación de la presente Ley.

Artículo 5. (Principios).

1. Prioridad en la Protección. Todas las personas que viven y habitan en el territorio nacional tienen prioridad en la protección de la vida, la integridad física y la salud ante la infraestructura socio-productiva y los bienes, frente a riesgos de desastres ocasionados por amenazas naturales, socio-naturales, tecnológicas y antrópicas, así como vulnerabilidades sociales, económicas, físicas y ambientales.

Artículo 22º. (Gestión de riesgos) Las entidades territoriales autónomas, podrán recurrir a las instancias del nivel central del Estado e instituciones técnicas especializadas, a fin de contar con el apoyo técnico y orientaciones para desarrollar estudios específicos de análisis y evaluación de riesgos, mapas deriesgos, predicción de eventos y otros.

Artículo 21°. (Gestión de riesgos en el ordenamiento territorial) A partir de las directrices emanadas del nivel central del Estado:

a) Las entidades territoriales autónomas, en el marco de sus competencias deben incorporar parámetros básicos de identificación, evaluación, medición y zonificación de áreas con grados de vulnerabilidad y/o riesgo, con el propósito de emitir normas de prohibición de asentamientos

humanos y actividad económica social en estas áreas, siendo el objetivo proteger la vida, los medios de vida y la infraestructura urbana y/o rural.

b) En las áreas de riesgo que actualmente tienen asentamientos humanos, las entidades territoriales autónomas de acuerdo a sus competencias, deben establecer medidas de prevención y mitigación, para este efecto realizarán estudios especializados de cuyos resultados dependerá la decisión de consolidar el asentamiento humano o en su caso proceder a su reubicación a fin de precautelar la vida.

c) Las entidades territoriales autónomas en el marco de sus competencias, emitirán normas para la prohibición de ocupación para fines de asentamientos humanos, equipamiento en áreas de riesgo que amenacen la seguridad e integridad y para la transferencia de riesgos, construcción de viviendas, construcción de establecimientos comerciales e industriales y otros. El emplazamiento de obras de infraestructura, se sujetará a las recomendaciones efectuadas por los estudios especializados.

DECRETO SUPREMO Nº 2342 REGLAMENTO DE LA LEY DE GESTIÓN DE RIESGOS

Artículo 5°. - (Estudios de riesgo)

I. La realización de estudios de riesgo para la toma de decisiones en materia de planificación, inversión pública y mecanismos de transferencia de riesgos deben contemplar mapas generados a escala o niveles de resolución adecuados para los instrumentos de planificación integral del desarrollo, en los diferentes niveles.

Artículo 41.- (Monitoreo de amenazas).

Conforme a lo establecido en el Parágrafo III del Artículo 38 de la Ley 602, las entidades técnico científicas, entidades del nivel central del Estado y entidades territoriales autónomas que operen sistemas de vigilancia, monitoreo y alerta de acuerdo al parágrafo III del Artículo 26 del presente Decreto Supremo que

se encuentre disponible en el Sistema Nacional de Alerta Temprana para Desastres – SNATD, aplicaran modelos, información histórica, georreferenciación, estudios de microzonificación y otros, para definir los niveles de magnitud y caracterización de las amenazas.

LEY MUNICIPAL AUTONÓMICA N° 099/17, (Sucre 25 de agosto de 2017)

LEY DE GESTIÓN DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE SUCRE

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

Tercera. El Gobierno Autónomo Municipal de Sucre, deberá actualizar sus **MAPAS DE RIESGOS** en un plazo no mayor a un año (1) a partir de la publicación de la presente Ley.

Artículo 15 (Atribuciones de la DIMGER). -

8) Implementar el Sistema Municipal de Alerta Temprana (SMAT), el mismo permitirá tener conocimiento oportuno de las posibles áreas afectadas por cada evento adverso.

16) Generar e integrar la información sobre amenazas de orden meteorológico y ambiental,contando con una base de datos que brinde información al instante.

Artículo 21. (Gestión de riesgos en el ordenamiento territorial). - el Gobierno AutónomoMunicipal de Sucre, a partir de las directrices emanadas por el nivel central del estado debe:

1. Incorporar parámetros básicos de identificación, evaluación, medición y zonificación de áreas con grados de vulnerabilidad y riesgo, con el propósito de emitir normas de prohibición de asentamientos humanos y actividad económica social en estas áreas, siendo el objetivo proteger la vida, los medios de vida y la infraestructura urbana y rural.

2. Establecer medidas de prevención y mitigación, para este efecto realizará estudios especializados de cuyos resultados dependerá la decisión de consolidar el asentamiento humano o en su caso proceder a su reubicación a fin de precautelar la vida.

3. Elaborar normas para la prohibición de ocupación para fines de asentamientos humanos, equipamiento en áreas de riesgo que amenacen la seguridad e integridad y para la transferencia de riesgos, construcción de viviendas, construcción de establecimientos comerciales e industriales y otros. El emplazamiento de obras de infraestructura, se sujetará a las recomendaciones efectuadas por los estudios especializados.

LEY N° 247 DE REGULARIZACIÓN DE DERECHO PROPIETARIO

TÍTULO III. *ÁREAS DE RIESGO CAPÍTULO ÚNICO*

Artículo 18. (Áreas de riesgo)

I. Para determinar la viabilidad de la regularización del derecho propietario de bienes inmuebles urbanos destinados a vivienda en áreas de riesgo, los Gobiernos Autónomos Municipales efectuaran los estudios técnicos especializados sobre la base de criterios definidos por el Órgano Ejecutivo del nivel Central del Estado.

II. En los casos en que el Gobierno Autónomo Municipal, hubiera aprobado los asentamientos humanos en áreas de riesgo y no proceda la regularización del derecho propietario conforme a los criterios técnicos establecidos en el parágrafo I del presente Artículo; El Gobierno Autónomo Municipal deberá reubicar a los afectados en sectores libres de riesgo.

DECRETO SUPREMO NRO. 1314

LEY DE REGULARIZACIÓN DEL DERECHO PROPIETARIO SOBRE BIENES INMUEBLES URBANOSDESTINADOS A VIVIENDA

El Programa de Regularización de Derecho Propietario sobre bienes inmuebles urbanos destinados a viviendas también forma parte de los proyectos prioritarios que tiene que dar curso la Dirección de Planificación Territorial, en ese entendido y según la LEY Nro. 247 y DECRETO SUPREMO Nro. 1314 Capítulo

V ÁREAS DE RIESGO se tienen que realizar todos estos mapas y estudios especializados como lo estipula la Ley antes mencionada en su Artículo 16.

Artículo 16°. - (Informe técnico)

I. La viabilidad de la regularización del derecho propietario de bienes inmuebles urbanos destinados a vivienda en áreas de riesgo, se determinará en un informe técnico elaborado por elGobierno Autónomo Municipal sobre la base de los estudios técnicos especializados a los que hace referencia el Parágrafo I del Artículo 18 de la Ley Nº247, de acuerdo a los siguientes criterios técnicos:

Análisis geomorfológico, Análisis hidrológico, Análisis geológico, Estructural y geotécnico

II. El informe técnico deberá ser difundido y de conocimiento público.

4. JUSTIFICACION.

En el Municipio de Sucre, la intervención en el tema de desastres provocados por diferentes eventos naturales, que realiza la Secretaria Municipal de Infraestructura Pública a través de la Dirección Municipal de Gestión de Riesgos, es realizada desde un enfoque de emergencias bajo llamadas a las líneas piloto 114 y 800131000 que realiza la población afectada, considerando de esta manera los desastres como eventos puntuales, aislados, inevitables e inesperados generados por la acción extrema de las fuerzas de la naturaleza, de manera que se desconocen muchas veces cuales son los factores de causa de un evento, para ello es prioritario la representación de los diferentes factores de amenaza en un mapa, de manera que esta expresión espacial de las amenazas permitirá:

- La actuación “rápida y eficiente” ante una emergencia, bajo las acciones de preparación, realización de simulacros, inventario de recursos logísticos.
- Fortalecimiento de actividades ingenieriles mediante investigaciones para conocer mejor la ocurrencia y características de los fenómenos naturales y desarrollar estructuras capaces de resistirlos.

- La intervención que ya no será centralizada, vertical y externa a los barrios y sectores de la ciudad, al contrario, se tendrá una visualización global, transversal, de manera que sefortalecerá las capacidades de participación en el proceso de reconstrucción y transformación de sus condiciones de riesgos de desastres.
- Que la inversión en prevención considere a diferentes sectores urbanos, los cuales esperaban los eventos y se preparaban para la actuación en el caso de que ocurriese aquello.

Por lo tanto, la generación de amenazas de la mancha urbana es de utilidad para la toma de decisiones a nivel de las autoridades municipales, técnicos e investigadores en acciones de fortalecimiento de la reducción de riesgos y adaptación al cambio climático incorporada al desarrollo.

El Mapa de Amenazas determinará áreas geográficas donde existe la posibilidad de que en ella ocurran daños a causa de eventos adversos, se basa en las características naturales del terreno como: topografía, geología, fallas geológicas activas, condiciones geo-mecánicas del suelo.

5. OBJETIVO GENERAL

Generar Mapas Geológicos, Geotécnicos, Geomorfológicos e Hidrológicos a partir de estudios técnicos especializados basados en la normativa vigente, obteniendo como Resultado final el Mapa de Riesgos de los 37 Cuadrantes restantes que comprenden el Área Urbana del Municipio de Sucre.

5.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Levantamiento de datos, toma de muestras, ensayos in situ, para posteriormente realizar el trabajo en gabinete, análisis de datos y modelaciones numéricas que ameriten.
- Elaboración de mapas geotécnicos, geológicos, geomorfológicos e hidrológicos, a partir de los cuales se realizará los mapas de amenazas geológicos e hidrológicos de acuerdo a ponderación realizada.

- Trabajar bajo las siguientes directrices:
  - ✓ Recopilación y análisis de toda la bibliografía existente para contar con la mayor información posible.
  - ✓ Todos los datos se obtendrán de la bibliografía existente y del trabajo de campo realizado.
  - ✓ Elaborar el estudio detallado de cada mapa propuesto.
  - ✓ Detallar la metodología utilizada en cada mapa. (reconocimiento del área, trabajo de gabinete sobre imágenes, fotografías aéreas, trabajo de campo, identificación de tipos de suelos, estructuras, pendientes, estabilidad de taludes y otros)
  - ✓ Documentar el informe técnico con fotografías y estudios hechos para llegar al resultado final.
  - ✓ En las conclusiones y recomendaciones se especificará el tipo de zona, la clasificación de los riesgos y que precauciones técnicas tomar en caso de futuras construcciones y como precautelar las construcciones actuales, es decir como mitigar los riesgos.
  - ✓ Elaborar un mapa de riesgos con los datos obtenidos a partir de los mapas obtenidos en el presente proyecto, identificar las zonas de riesgos y amenazas que se presentan en el municipio de Sucre.

6. ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance del proyecto se centra en la elaboración de Mapas de Amenazas geológicas e hidrogeológicos de los 37 cuadrantes restantes de la mancha urbana de Sucre.

Los tipos de amenazas descritas en la Ley Nº602 de Gestión de Riesgos que se consideran para el presente proyecto son:

- **Geológicos y Estructural:**

Mapa Geológico para poder observar los diferentes tipos de estructuras geológicas como ser contactos entre formaciones geológicas, pliegues, principalmente fallas, identificados con su respectiva simbología. Esto con el fin de identificar los problemas de las zonas de estudio

- **Geomorfológicos:**

Mapa geomorfológico con el fin de conocer los recursos naturales, problemas ambientales, estructurales de las zonas de estudio, delimitar e identificar las formas del relieve.

- **Hidrológicos:**

Procesos o fenómenos de origen hídrico. En estos mapas de riesgo, se podrán observar los ríos, quebradas, para identificar las inundaciones, desbordes de los ríos y quebradas, evaluar la frecuencia de las inundaciones, análisis de la llanura de inundación mediante el uso de una modelo unidimensional de flujo constante.

- **Geotécnico:**

Los mapas geotécnicos para representar cartográficamente la información geológica, geotécnica con fines de planificación y uso del territorio, para proyectos, construcción y mantenimiento de obras de ingeniería; también para observar las diferentes estructuras geológicas como las fallas, diaclasas, etc. y poder dar soluciones a los problemas que se presentan.

7. METODOLOGIA

La metodología planteada para este proyecto tiene un enfoque heurístico, se basó en una primera etapa en el conocimiento amplio y solido del Municipio que tiene el equipo de profesionales que participo en la recolección, evaluación y análisis de la información, esta información se traduciría en factores que bajo un análisis y una evaluación integral determinaran las amenazas geológicas e hidrológicas de los cuadrantes de la mancha urbana de Sucre.

La metodología empleada está contemplada en las siguientes fases:

- Fase de organización, revisión de toda la bibliografía existente.
- Fase de trabajo de campo, levantamiento de información de campo.

- Ejecución de ensayos insitu y ensayos de laboratorio sobre las muestras recolectadas.
- Fase de trabajo de gabinete, procesamiento e interpretación de la información generada.
- Fase de diseño y elaboración de informe.
- Fase de publicación y entrega del informe final.

Las fases principales se describen a continuación:

1. Recopilación de información básica

Se realizo la recopilación de información básica como modelos digitales de elevación del terreno (DEM), imágenes satelitales, mapa de equipamientos urbanos, información histórica de eventos suscitados y sus afectaciones, límites del Área Urbana, coberturas de predios, vías, hidrografía, imágenes satelitales, documentos de Instituciones Técnico Científicas como el Observatorio San Calixto y el SENAMHI y demás información que se identificó como prioritaria.

Con la ayuda de las fotografías aéreas y las cartas del IGM, se generaron los mapas temáticos preliminares, los mismos que fueron corroborados y georreferenciados durante el trabajo de campo, para su elaboración en su versión final.

2. Fase trabajo de campo, planificación y levantamiento de la información

El trabajo de campo comprende la determinación de las características geológicas, geomorfológicas, geotécnicas e hidrológicas de las áreas de estudio, según necesidad y criterio profesional se realizó la toma de muestras necesarias para el estudio en el laboratorio de suelos los cuales fueron procesados por personal calificado de acuerdo a normas internacionales para este tipo de proyectos cuyos documentos técnicos están incluidos en los anexos correspondientes

3. Ejecución de los ensayos insitu:

Según la necesidad y su importancia se realizaron ensayos de Sondeos Geofísicos SEVs, sondeos geotécnicos SPT; sondeos hidrológicos, pruebas de permeabilidad insitu, RMR, peso unitario, extracciones de muestras para realizar granulometrías, contenidos de humedad, límites de consistencia, permeabilidad del suelo, grado de saturación y clasificaciones del suelo en la clasificación AASHTO y SUCS de los suelos de los cuadrantes.

Posteriormente con estos datos, en gabinete se procederá a sistematizar y digitalizar la información recopilada mediante los respectivos análisis y modelaciones respectivas, toda esta base de datos deberá ser trabajada en un ambiente SIG. Posterior a la digitalización, se realizará la estandarización de las alternativas del criterio, asignado valores de estandarización.

4. Fase de trabajo de gabinete

En el trabajo de gabinete consiste en analizar evaluar y procesar todos los datos recolectados en el trabajo de campo y la información existente proporcionada.

5. Informe final por cuadrantes.

El documento final, contiene la descripción de cada ensayo realizado, sustentado bajo una normativa técnica, adjuntando fotografías, memorias de cálculo respectivo del ensayo, de las modelaciones geotécnicas e hidrológicas, proceso de ponderaciones estadísticas para la elaboración de los mapas de amenazas, impresión y/o ploteo de planos a escala 1:5.000 que muestren técnicamente mediante leyendas las amenazas definidas en el presente termino de referencia.

Los Mapas Geológico, Geomorfológico, Geotécnico e Hidrológico se realizaron utilizando la simbología (colores) geológica que utiliza el **Servicio Geológico de Bolivia**. Estos Mapas tienen la nomenclatura, simbología y colores que utiliza el Servicio Geológico de Bolivia en todo los Mapas del territorio nacional.

El informe final contiene los siguientes mapas:

- ✓ **Mapa Geológico y Estructural:** que es la representación, sobre un mapa topográfico, de los diferentes tipos de rocas que afloran en la superficie terrestre y los tipos de contactosentre ellas, también se reflejan las estructuras tectónicas (pliegues, fallas, etc.).
- ✓ **Mapa Geomorfológico:** representa las formas del relieve, el mismo que evoluciona en la dinámica del ciclo geográfico a partir de una serie de procesos tanto destructivos como constructivos que a su vez se ven constantemente afectados por las fuerzas de la gravedad, la cual, ejerce como fuerza equilibradora de los mencionados desniveles, o sea, haciendo que las zonas elevadas caigan y por el contrario se colmen las zonas más deprimidas.
- ✓ **Mapa Geotécnico:** que contiene información de las propiedades del suelo y subsuelo de una determinada zona a la cual se le puede estimar su comportamiento y prever problemas geológicos y geotécnicos.
- ✓ **Mapa Hidrológico:** que estudia las propiedades físicas, químicas y mecánicas del agua, su distribución y circulación en la superficie de la tierra. Esto incluye la escorrentía, la humedad del suelo, etc.
- ✓ **Mapa de Amenazas y Riesgos:** que es el resultado de los cuatro mapas anteriores, delimitando y clasificando el tipo de Amenaza de acuerdo a los estudios realizados.

6. Fase de publicación y entrega del informe final

Se organiza, efectua reuniones y actividades con los interesados, autoridades locales y autoridades municipales para la socialización, constitución de compromisos locales y otros aspectos requeridos para la difusión del proyecto.

8. ANÁLISIS DEL AREA

8.1. ANALISIS DE LA COBERTURA DE SERVICIOS BÁSICOS

El análisis de la cobertura de los servicios básicos del Área Urbana del Municipio de Sucre se basa principalmente en identificar los sectores que cuenten con todos los servicios básicos que serán los menos vulnerables y en la identificación de los sectores más vulnerables que serán los que no cuenten con todos los servicios básicos.

8.1.1. COBERTURA DE ELAPAS.

La empresa local de agua potable **ELAPAS** es la encargada de dotar de agua potable al Municipio de Sucre, el Área de Concesión de la misma actualmente no abarca la totalidad del Radio Urbano aprobado con **Ley Municipal Autonómica No. 25/14**, actualmente hay barrios que no cuentan con el líquido elemento y la Dirección Integral Municipal de Gestión de Riesgos en coordinación con ELAPAS y las Sub Alcaldías se encargan de la distribución de agua potable con cisternas, de acuerdo a un cronograma y solicitudes realizadas por las Juntas Vecinales.

De acuerdo al Mapa del Área de concesión de ELAPAS se puede apreciar que toda el área intensiva del Radio Urbano está dentro de la misma, pero hay juntas vecinales dentro de la misma ubicadas en las zonas altas y que en épocas de estiaje necesitan la dotación de agua potable por medio de cisternas.

Por otra parte, las juntas vecinales ubicadas en los sectores dispersos que están fuera del Área de Concesión también requieren del servicio de distribución del líquido elemento, en este sentido se tiene el siguiente detalle:

- **Distrito Urbano Municipal No. 1**: Cuenta con cobertura total de la EPSA local.
- **Distrito Urbano Municipal No. 2**: Si bien la cobertura de **ELAPAS** abarca la mayor parte del área intensiva, en época de Estiaje es uno de los Distritos más vulnerables, las juntas vecinales más afectadas son las ubicadas en las zonas altas.

- **Distrito Urbano Municipal No. 3**: Cuenta también con la cobertura de **ELAPAS** que abarca prácticamente toda el área intensiva del Distrito, pero también hay juntas vecinales especialmente por el sector del ex aeropuerto Juan Azurduy de Padilla y Lajastambo que en época de estiaje solicitan la dotación del líquido elemento.
- **Distrito Urbano Municipal No. 4**: El área intensiva de este Distrito está dentro del área de concesión, pero en menor proporción, en este distrito hay juntas vecinales que necesitan de la dotación de agua potable.
- **Distrito Urbano Municipal No. 5**: En este Distrito Urbano hay juntas vecinales que también solicitan por medio de notas dotación del líquido elemento, especialmente las Juntas Vecinales que están ubicadas en las zonas altas y los sectores colindantes a los Cerros Sica Sica y Churuquella.

En conclusión, el Distrito No. 1 es el único que cuenta con la cobertura total de este servicio básico.

De acuerdo a la ficha técnica del Instituto Nacional de Estadística (INE) que abarca todo el Municipio de Sucre se tienen los siguientes resultados.

***Tabla** 2. Tabla de Procedencia del agua que utilizan en la vivienda.*

Procedencia del agua que utilizan en la vivienda	Total
Total	69.835
Cañeria de red	58.017
Pileta pública	5.062
Carro repartidor (aguatero)	1.483
Pozo o noria	1.582
Lluvia, río, vertiente, acequia	3.366
Otro (lago, laguna,curichi)	325

Fuente: INE (2012).

8.1.2. COBERTURA DE CESSA.

El servicio de energía eléctrica es cubierto por la Compañía Eléctrica Sucre S.A. que se puede decir que cubre en su totalidad el área intensiva del Radio Urbano del Municipio de Sucre.

El Distrito Urbano No. 1 es el que cuenta con la cobertura total de este servicio básico, por lo que este es el menos vulnerable, en menor porcentaje están los demás distritos que componen el Área Urbana del Municipio de Sucre.

En la siguiente tabla se muestra la cobertura del Municipio de Sucre según los datos del INE del CENSO 2012, donde se muestra que las personas que no disponen de este servicio básico son pocas considerando que la ficha técnica del INE es de todo el municipio.

Tabla 3. Disponibilidad de energía eléctrica.

Disponibilidad de energía eléctrica	Total
Total	69.835
Tiene	64.525
No tiene	5.310

Fuente: INE (2012).

8.1.3. COBERTURA YPFB.

La cobertura de gas a cargo de la empresa de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, va en ascenso constante, en el mapa de cobertura se aprecia que gran parte del área intensiva del radio urbano está cubierta, se aclara también que todavía hay sectores consolidados que por diversos motivos no cuentan con este servicio.

Tabla 4. Tabla de Combustible o energía mas utilizado para cocinar.

Combustible o energía más utilizado para cocinar	Total
Total	69.835
Gas en garrafa	43.948
Gas domiciliario (por cañería)	18.371
Leña	6.004
Otros (electricidad, energia solar, guano, bosta o taquia y otro)	280
No cocina	1.232

Fuente: INE (2012).

Según la tabla del INE se tienen los siguientes resultados, donde se aprecia que todavía hay personas que utilizan garrafas:

Al igual que en los casos anteriores es el Distrito Municipal No. 1 el que tiene la mayor cobertura de este servicio.

8.2. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SERVICIOS BÁSICOS

Todo el mundo concuerda en que los servicios sociales básicos representan los componentes esenciales en que se funda el desarrollo humano y, de hecho, actualmente se reconoce a tales servicios la condición de derechos humanos[1].

El análisis de la Vulnerabilidad a partir del acceso de la población a los Servicios Básicos permite identificar que sectores del Área Urbana del Municipio de Sucre no cuentan con todos los servicios básicos o el acceso no es el más óptimo.

Por otra parte, también se puede atribuir este fenómeno al crecimiento desordenado y sin planificación de los asentamientos irregulares que se dan generalmente en sectores no aptos para construcción de viviendas.

Finalmente, se aclara que el área de concesión de la **Empresa Local de Agua Potable** es menor que el Área Urbana del Municipio de Sucre y no la cubre en su totalidad, este factor es determinante para afirmar que la población más vulnerable a la carencia de este servicio básico es precisamente la que está asentada en los límites del Área Urbana. Siendo el Municipio el que distribuye el líquido elemento en cisternas a esta población en coordinación con ELAPAS, Sub Alcaldías y dirigentes vecinales.

8.2.1. METODOLOGÍA UTILIZADA.

Para obtener los datos se generaron Fichas Estadísticas de cada cuadrante en la plataforma del **Sistema de Información Geográfica Estadística para el Desarrollo (SIGED) del Instituto Nacional de Estadística (INE)** con datos del **CENSO 2012**.

[1] Servicios Básicos para todos. UNICEF.

En esta herramienta se pueden generar las fichas digitalizando el área geográfica de estudio, es decir se agrupan los manzanos que pertenecen a esa área para obtener la información estadística del **CENSO 2012**, los mismos que son plasmados en una Ficha.

Se utilizó esta herramienta porque actualmente es la más completa, aun no siendo la más actual. No hay otra fuente de información que cuente con todos estos datos.

Para realizar el análisis de vulnerabilidad se extrajo la información de las **Fichas Estadísticas del INE** y de acuerdo al acceso de la población al servicio básico se determinaron los siguientes índices:

	Vulnerabilidad
	Baja
	Media
	Alta
	Muy Alta

Se aclara también que los cuadrantes que están color plomo los Mapas, (A5, B6, C1, D1, E7, F7 y G7) son aquellos que en el SIGED no cuentan con una ficha estadística, debido a que en el año 2012 no se levantó información de esos cuadrantes. Son las áreas más dispersas y menos consolidadas dentro del Área Urbana del Municipio de Sucre.

8.2.2. PROCEDENCIA DEL AGUA – ELAPAS.

La Empresa Local de Agua Potable y Alcantarillado Sucre (ELAPAS) fue creada el 2 de septiembre de 1965 mediante Decreto Supremo Nº7309, reorganizándose el 24 de noviembre de 1972 con DS 10601; modificó su condición jurídica el 1º de agosto de 1985 con DS 21021, a partir de lo cual se convierte en empresa pública descentralizada del municipio de Sucre, con personería jurídica, patrimonio propio, autonomía de gestión operativa y administrativa, bajo la tuición y vigilancia del GAMS. Su objetivo es proveer servicios de agua potable y alcantarillado sanitario a la población de Sucre[2].

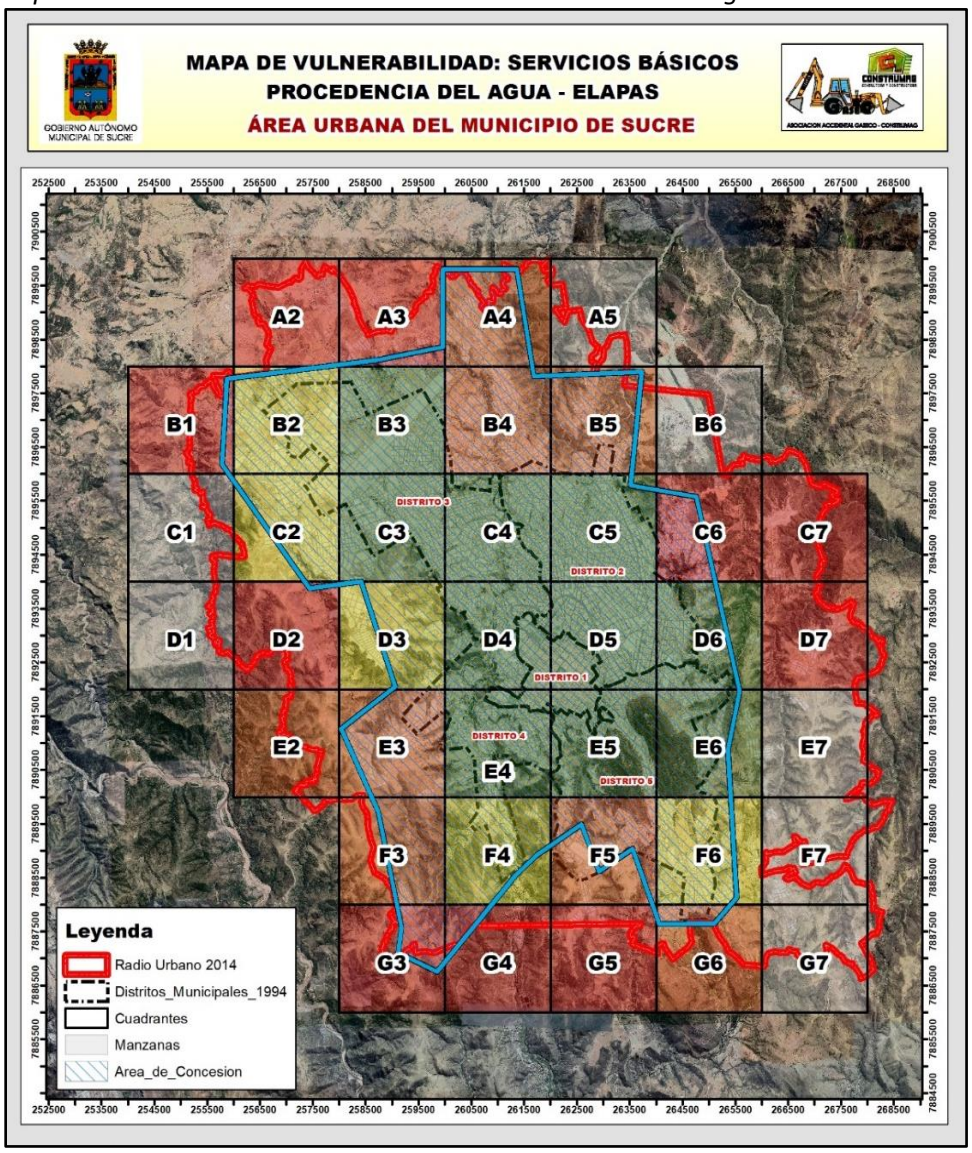
Siendo su misión el proveer los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario a la población de sucre,

[2] ELAPAS. https://www.elapas.com.bo

con calidad, cantidad, continuidad, eficiencia, sostenibilidad y transparencia.

El análisis de Vulnerabilidad se lo realizó utilizando los parámetros descritos en la metodología y se obtuvieron los siguientes resultados como se muestran en el Mapa 1:

Mapa 2. Vulnerabilidad: Servicios Básicos - Procedencia del Agua – ELAPAS.



Fuente: Elaboración propia.

VULNERABILIDAD BAJA.

Que consiste principalmente que en estos cuadrantes la población cuenta con acceso en gran porcentaje a este servicio básico. Es decir, la vulnerabilidad es baja.

Los cuadrantes que cumplen esta característica son los siguientes: B3, C3, C4, C5, D4, D5, D6, E4, E5 y E6.

Si se observa el Mapa 1 se puede evidenciar que los sectores que cuentan con este servicio básico son los más consolidados, entre ellos están el área intensiva de los Distritos Urbanos, que abarca la totalidad del Distrito N° 1, el sector comercial del Distrito del Mercado Campesino, Mercado Canadá, Mercado El Morro, la Av. Marcelo Quiroga Santa Cruz, Av. Jaime Mendoza, Germán Mendoza y Barrio Petrolero del Distrito N° 2, en el caso del Distrito N° 3 abarca la Av. 6 de Agosto, la Av. Juana Azurduy de Padilla, Sector del Ex Aeropuerto Juana Azurduy de Padilla y parte de Lajastambo, en el Distrito N° 4 los sectores más resaltantes son el Cementerio, Sector de Villa Rosario y parte del Tejar y finalmente en el Distrito N° 5 los sectores que se pueden mencionar son el Mercado San Antonio, parte de la Av. Del Ejército y Recoleta.

También es posible visualizar en el Mapa 1 que el Área de Concesión de ELAPAS abarca todos los sectores antes mencionados, pero no cubre en su totalidad el Área Urbana del Municipio de Sucre, precisamente son esto los sectores más vulnerables, pero se aclara que en época de estiaje, es decir de sequía cuando baja el caudal de la cuencas Ravelo y Cajamarca, parte de estos sectores que se denominan zonas altas ubicadas en los Distrito N° 2 y N° 5 principalmente carecen del líquido elemento y se abastecen por medio de Cisternas, esta distribución la realiza el Gobierno Autónomo Municipal en coordinación con la Empresa Local de Agua Potable.

VULNERABILIDAD MEDIA.

Se refiere a que la población de estos cuadrantes cuenta con el servicio básico, pero con deficiencias es decir no se logra cubrir todas las necesidades de los habitantes de esta población.

Los cuadrantes que tienen esta característica son: B2, C2, D3, F4 y F6.

Las características de estos cuadrantes es que la población está asentada en sectores consolidados en menor proporción, pero también están dentro del área intensiva.

Se pueden mencionar dentro del Distrito N° 2 el sector de la Fábrica de cemento, sector de Ex Aeropuerto

Juana Azurduy de Padilla, del Distrito N° 3 se aprecia el sector consolidado de Lajastambo, Av. Navarro y Av. Parte del Ex Aeropuerto Juana Azurduy de Padilla, del Distrito N° 4 se distingue un sector de la Av. Destacamento Chuquisaca y el Tejar, en el Distrito N° 5 un sector de la Av. del Ejército Nacional.

VULNERABILIDAD ALTA.

Como se aprecia en el Mapa 1, se describen los siguientes cuadrantes: A4, B4, B5, E2, E3, F3, F5 y G6, siendo estos sectores considerados muy vulnerables debido al poco acceso de la población a este servicio básico primordial.

Estos sectores son principalmente los que no están consolidados en su totalidad y están emplazados al Norte del Área Urbana y en los límites de la misma.

VULNERABILIDAD MUY ALTA.

Estos sectores están ubicados en los cuadrantes: A2, A3, B1, C6, C7, D2, D7, G3, G4 Y G5, que se constituyen en áreas donde hay asentamientos humanos dispersos, es decir estos cuadrantes están en los límites del Área Urbana del Municipio de Sucre, por este motivo el área de concesión de la empresa local no abarca estos sectores.

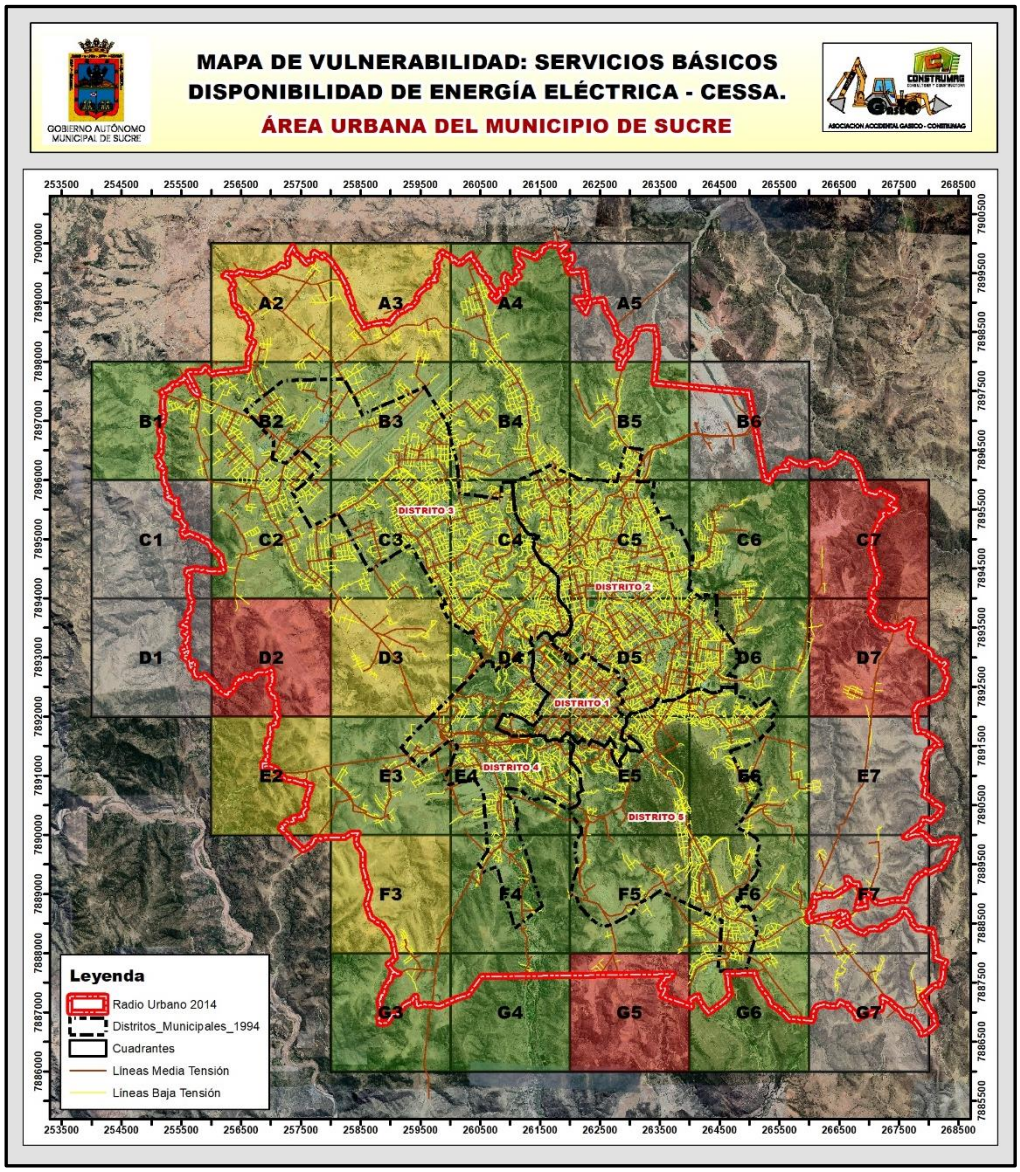
El Gobierno Municipal se encarga de la dotación del líquido elemento por medio de cisternas y programa su distribución de acuerdo a un cronograma de solicitud realizado por las Juntas Vecinales en coordinación con las Sub Alcaldías y dirigentes.

8.2.3. DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA -CESSA.

CESSA es la compañía que distribuye energía eléctrica a gran parte del Departamento de Chuquisaca y al Municipio de Sucre en su totalidad, abarcando tanto distritos urbanos como rurales.

El análisis de Vulnerabilidad se lo realizó utilizando los parámetros descritos en la metodología y se obtuvieron los siguientes resultados mostrados en el Mapa 2, donde

Mapa 3. Mapas de Vulnerabilidad: Servicios básicos – Disponibilidad de energía eléctrica -CESSA.



Fuente: Elaboración Propia.

VULNERABILIDAD BAJA.

Que consiste principalmente que en estos cuadrantes la población cuenta con acceso en gran porcentaje a este servicio básico. Por este motivo la vulnerabilidad es baja.

Los cuadrantes que cumplen esta característica son los siguientes: A4, B1, B2, B3, B4, B5, C2, C3, C4, C5, C6, D4, D5, D6, E3, E4, E5, E6, F4, F5, F6, G3, G4 y G6.

Se puede apreciar que la mayor parte de la población cuenta con este servicio básico, inclusive algunos cuadrantes que están al límite del Área Urbana.

VULNERABILIDAD MEDIA.

Como se aprecia en el Mapa 2, los cuadrantes que presentan el índice de Vulnerabilidad Media son los siguientes: A2, A3, D3, E2, y F3, siendo estos sectores considerados vulnerables porque están ubicados en las áreas dispersas y en los límites del Área Urbana del Municipio de Sucre.

Cabe resaltar que los cuadrantes que presentan Vulnerabilidad Media son mucho menores en número que los que presentan un índice de Vulnerabilidad Baja.

VULNERABILIDAD ALTA.

No hay cuadrantes que presenten este índice de vulnerabilidad.

VULNERABILIDAD MUY ALTA.

Los sectores que presentan un índice de vulnerabilidad alta son: C7, D2, D7 y G5, que se constituyen en áreas donde hay asentamientos humanos dispersos, es decir estos cuadrantes están en los límites del Área Urbana del Municipio de Sucre.

8.2.4. ELIMINACIÓN DE LA BASURA – EMAS.

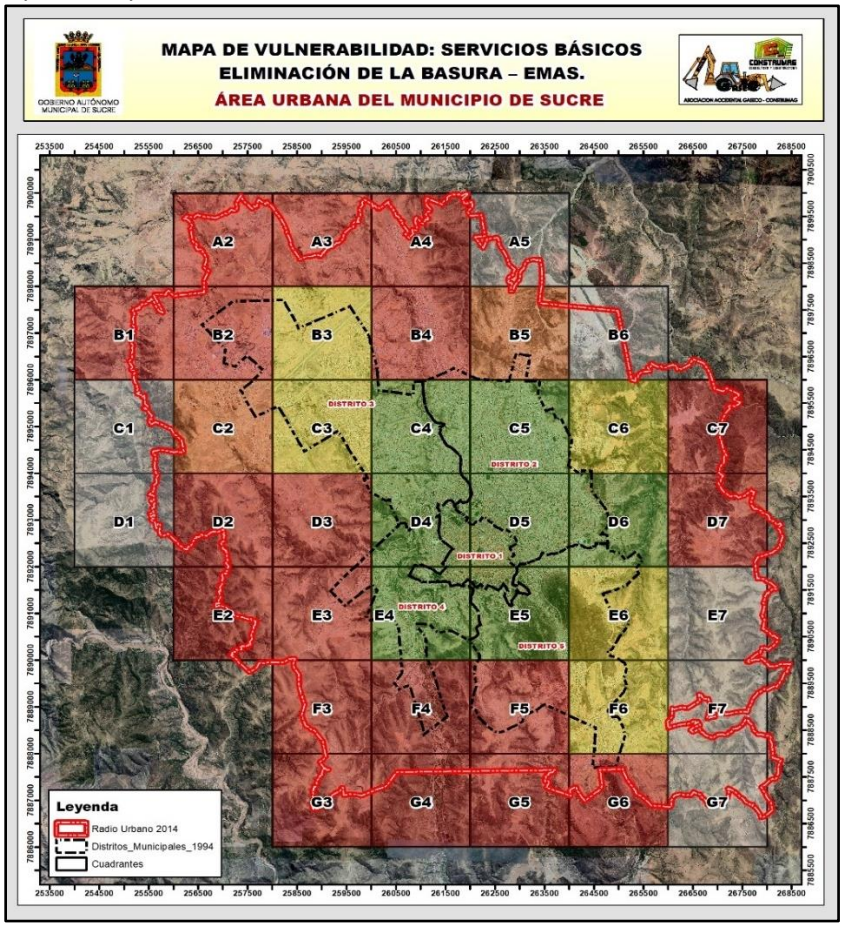
La empresa **Municipal de Aseo Urbano Sucre (EMAS)** es la encargada de la recolección de la basura en el Municipio de Sucre, por medio de carros basureros y también instalaron contenedores en sectores críticos del Área Urbana, especialmente las zonas periurbanas, en la gestión 2018 en coordinación con los vecinos

se instalaron contenedores en los Distritos N° 3, N° 4 y N° 5.

En la gestión 2018, la empresa de limpieza disponía de 17 carros, sin embargo, por la cantidad de población se requerían 25, se hacía mención también que atendía 74.000 usuarios (familias).

El mal manejo de los residuos sólidos representa un alto riesgo ambiental, por una parte, por otra en la gestión 2021 fue uno de los factores que contribuyó a la inundación producida en el Mercado Campesino, debido al taponamiento de las bocas de tormenta que con la fuerte lluvia y granizada colapsaron, dando como saldo la pérdida irreparable de 3 vidas humanas, medios de vida y bienes.

Mapa 4. Mapa de Vulnerabilidad Servicios Básicos: Eliminación de la Basura – EMAS.



Fuente: Elaboración propia.

El análisis de Vulnerabilidad se lo realizó utilizando los parámetros descritos en la metodología y se obtuvieron los siguientes resultados como se muestran en el Mapa 3.

VULNERABILIDAD BAJA.

Que consiste principalmente que en estos cuadrantes la población cuenta con acceso en gran porcentaje a este servicio básico. Por este motivo la vulnerabilidad es baja.

En este caso los cuadrantes que cumplen esta característica son los más consolidados, es decir están en el área intensiva de los Distritos Urbanos, siendo estos los siguientes: C4, C5, D4, D5, D6, E4 y E5 respectivamente, donde los carros basureros tienen libre acceso y también hay instalados contenedores donde la población deja los residuos sólidos generados.

VULNERABILIDAD MEDIA.

Como se aprecia en el Mapa 3, los cuadrantes que presentan el índice de Vulnerabilidad Media son los siguientes: B3, C3, C6, E6 y F6, los cuales están ubicados en sectores consolidados como el caso de la zona de Lajastambo, la zona de Sancho y la Av. del Ejército donde hay nuevas urbanizaciones.

Cabe resaltar que los cuadrantes que presentan Vulnerabilidad Media son similares en número que los que presentan un índice de Vulnerabilidad Baja.

VULNERABILIDAD ALTA.

Los cuadrantes que presentan el índice de vulnerabilidad alta son B5 y C2, estando estos ubicados en el Norte del Área Urbana en los sectores menos consolidados con asentamientos dispersos, en muchos casos el acceso del carro basurero en estos sectores es limitado por su topografía.

VULNERABILIDAD MUY ALTA.

Los sectores que presentan un índice de vulnerabilidad muy alta son la mayoría de los cuadrantes como se aprecia en el Mapa 3, en algunos casos como el norte del Área Urbana son sectores consolidados, pero

el problema puede ser el acceso del carro basurero al sector debido a la topografía irregular del sector, lo mismo pasa al este y oeste donde la población es mas dispersa por estar al límite del Área Urbana, siendo el Sur el sector que presenta la mayor cantidad de cuadrantes con vulnerabilidad muy alta.

Los cuadrantes con estas características son: A2, A3, A4, B1, B2, B4, C7, D2, D3, D7, E2, E3, F3, F4, F5, G3, G4, G5 y G6.

El Servicio Básico de Eliminación de la Basura representa un problema, siendo el índice de vulnerabilidad Muy Alta el que tiene el mayor porcentaje en toda el Área Urbana del Municipio de Sucre.

También se puede decir que los vecinos no contribuyen de la mejor manera al cuidado de los contenedores ubicados en sus barrios. Siendo este factor el que también contribuye a aumentar la vulnerabilidad y afectar al medio ambiente.

En la Gestión 2018 se hacía referencia a que EMAS recoges hasta 200 toneladas de basura de las calles de la ciudad. (Correo del Sur Digital).

8.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS EVENTOS ADVERSOS HISTÓRICOS EN EL CUADRANTE.

El Municipio de Sucre conformado por 5 Distritos Urbanos y 3 Distritos Rurales, afronta todos los años diferentes tipos de amenazas que son recurrentes y causan grandes pérdidas en los medios de vida de la población como también causan daños en infraestructuras públicas, servicios básicos, el medio ambiente y hasta pérdida de vidas humanas.

Dentro de los tipos de amenazas recurrentes se mencionan las siguientes: Meteorológicas, Climatológicas, Hidrológicas, Geológicas, Biológicas, Antropogénicas.

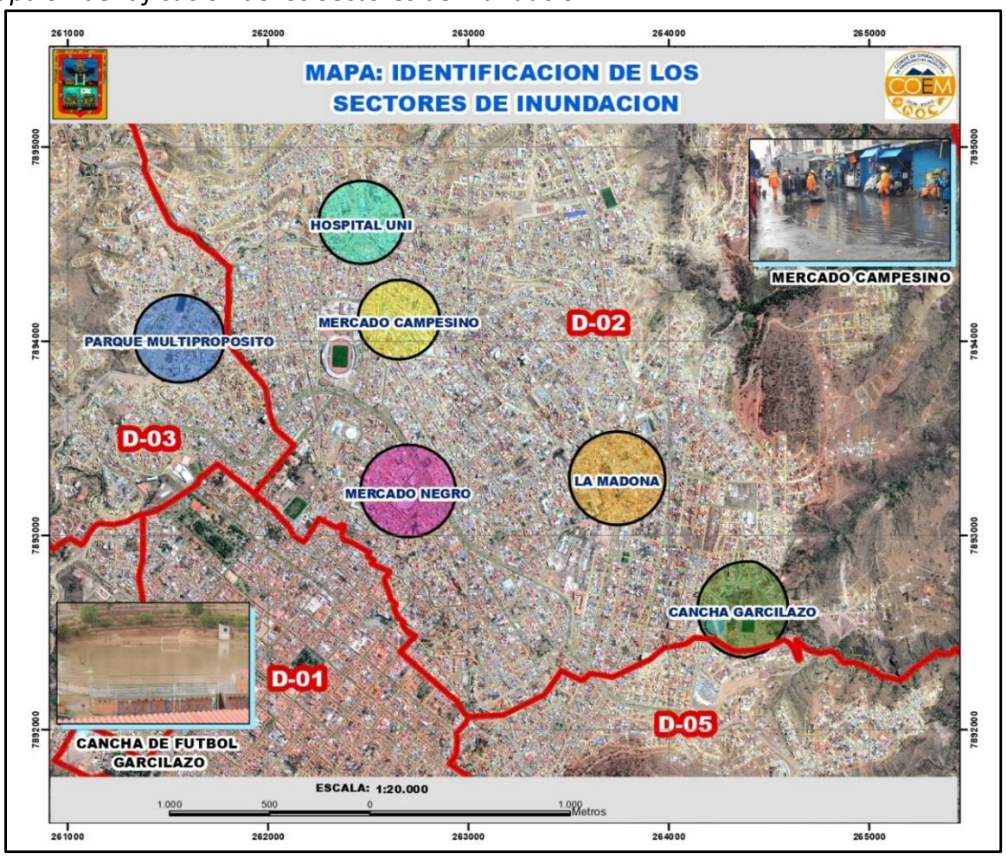
8.3.1. ANÁLISIS DE LOS EVENTOS SUSCITADOS.

De acuerdo a los antecedentes históricos que se registraron en el Municipio de Sucre se concluye que los eventos adversos más recurrentes en los Distritos Urbanos en el Municipio de Sucre son las Inundaciones, Deslizamientos y Sequías o Déficit Hídrico.

En el caso de las Inundaciones la topografía accidentada de la ciudad contribuye a ocasionar que varios sectores de la ciudad se vean constantemente afectados por ser puntos de confluencia de calles con un importante aporte de aguas pluviales lo que genera insuficiencia del desagüe pluvial en las bocas de tormenta y el sistema de alcantarillado (mixto: aguas residuales y pluviales) para estos sectores queda insuficiente, siendo este el principal motivo por el que se producen las inundaciones.

En este sentido la **DIMGER** elaboró un mapa de los sectores más propensos a inundaciones como se muestra en el Mapa N° 4.

Mapa 5. Identificación de los Sectores de Inundación.

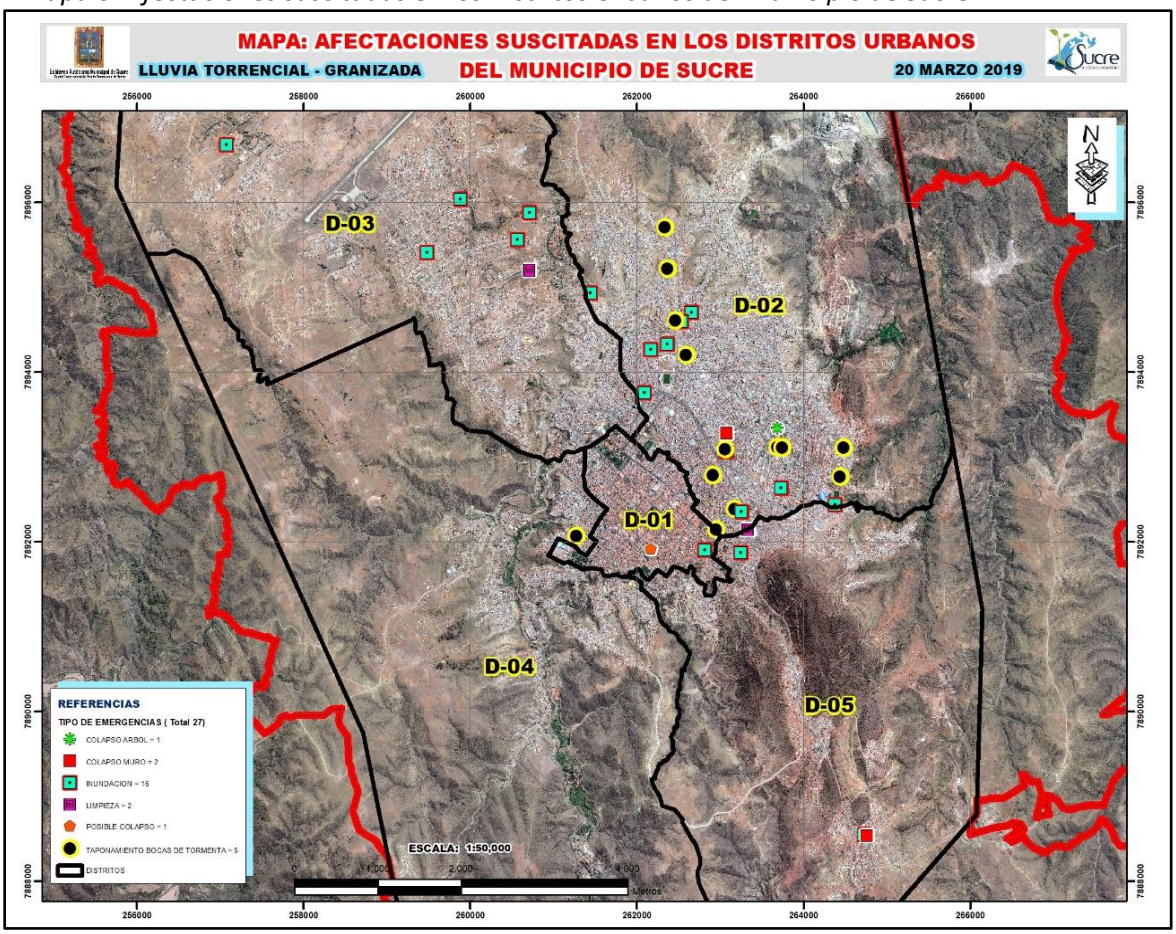


Fuente: DIMGER – GAMS.

Por otra parte, también se identificaron los sectores donde hay problemas de taponamiento de Bocas de Tormenta debido generalmente al mal manejo de residuos sólidos por parte de los vecinos de la zona, como se muestra a continuación en el Mapa 4.

El 19 de marzo del 2019 una torrencial lluvia torrencial y granizada causaron también grandes afectaciones en el Área Urbana del Municipio de Sucre, así lo señaló el periódico de circulación local Correo del Sur: "Más de una hora de intensa lluvia, acompañada de una impresionante tormenta eléctrica, dejaron calles anegadas y viviendas sin luz en Sucre. Varios llamados de auxilio comenzaron a llegar a la Dirección Municipal de riesgos, los sectores mas afectados se muestran en el Mapa N° 5 y entre las emergencias suscitadas se mencionan: inundaciones, taponamientos de bocas de tormentas y colapso de muros, como se muestra en el Mapa N° 5.

Mapa 6. Afectaciones suscitadas en los Distritos Urbanos del Municipio de Sucre.



Fuente: DIMGER – GAMS.

En febrero 2019 se promulgó con **DECRETO EDIL N° 05/2019** la **"DECLARATORIA DE DESASTRE MUNICIPAL METEOROLÓGICO, HIDROLÓGICO, Y GEOLÓGICO EN EL MUNICIPIO DE SUCRE"** y se ratificó con **RESOLUCIÓN AUTONÓMICA MUNICIPAL N° 118/19**, cuando se produjeron intensas precipitaciones pluviales que ocasionaron la crecida de ríos como el Río Chico en el distrito N°7, desagüe del río Quirpinchaca. Las lluvias no son homogéneas, es decir que no se presentan de la misma manera en todas las zonas de Sucre, pero sí suelen concentrarse, en su mayoría, en la mancha urbana, el valor de precipitación pluvial de acuerdo al informe emitido por SENAMHI: "El total de precipitación acumulada la primera decena 1° al 10 del mes de febrero de 2019, fue 166,6 mm. Superando con 122.0 mm. A la media normal o histórica serie 1994-2018 que es de 44.6 mm. Que significa un exceso 273.5 % los 166 mm. Como total acumulado en los primeros días de febrero 2019 en el valor máximo decenal de toda la serie histórica 1994-2018". (Cite Of. N° MHS/198/19-SENAMHI) - Informe Técnico DIMGER N° 277/2019 con Ref.: "DECLARATORIA DE DESASTRE MUNICIPAL METEOROLÓGICO, HIDROLÓGICO Y GEOLÓGICO EN EL MUNICIPIO DE SUCRE".

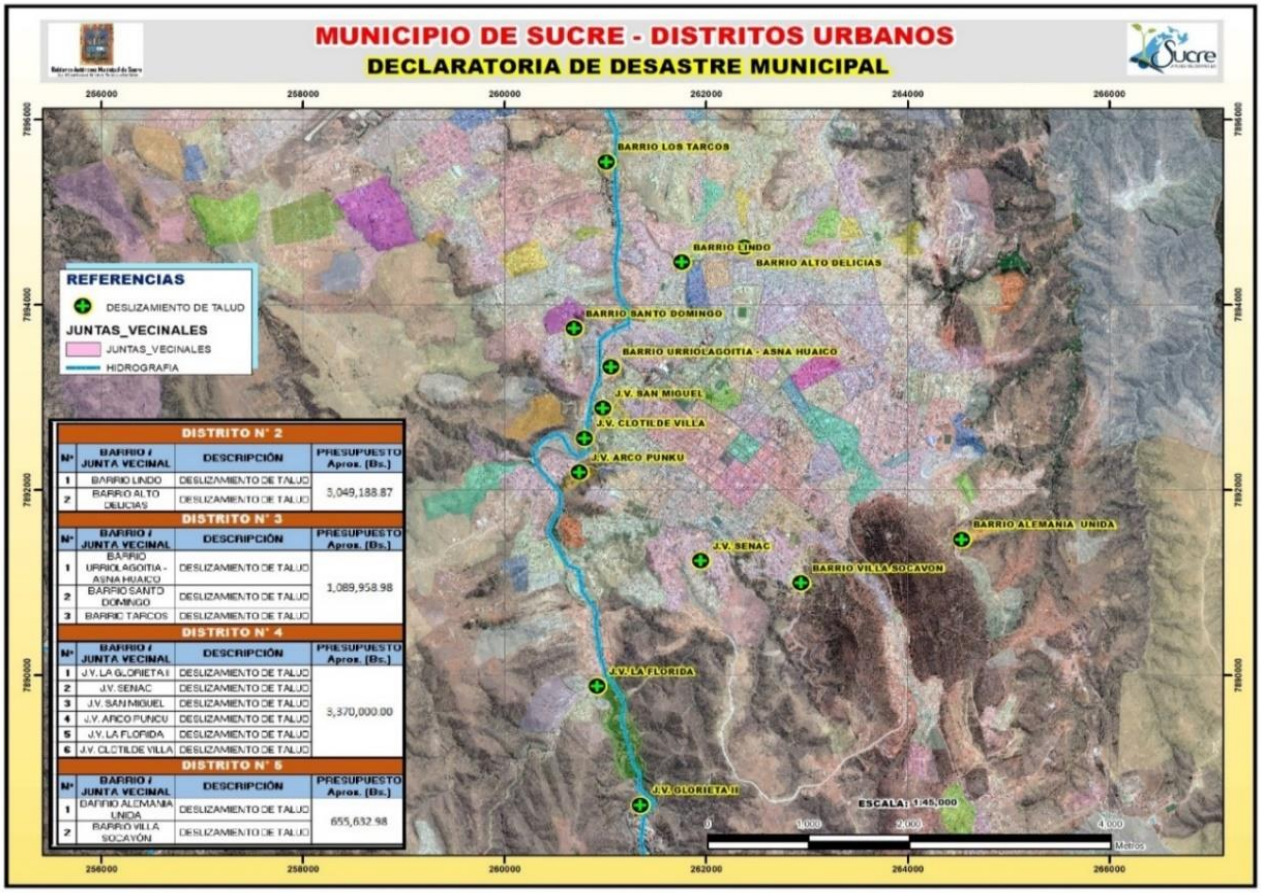
La causa principal que provocó este evento son los asentamientos informales en áreas periféricas de difícil urbanización que transforman los medios eco sistémicos y desestabilizan el equilibrio natural, inducen a desastres naturales y a otros problemas de la ciudad. Problemas inherentes a la gran cantidad de inmigrantes pobres que se ubican en terrenos marginales y de ladera, donde, además, no se lleva a cabo una adecuada planificación urbana, generando asentamientos sin un sistema de espacio público que les brinde soporte integración social y espacial con el resto de la ciudad.

Cuando el hombre realiza obras de infraestructura como casas, edificios, carreteras, puentes, etc., rompe el equilibrio, los cuales, asociados con los cambios climáticos provocan deslizamientos y desmoronamientos de las zonas intervenidas"[3].

[3] **INFORME TÉCNICO - DIMGER Nº 277/2019.**

El Distrito Urbano más afectado fue el Distrito N° 4, donde el deslizamiento de tierra y caída de rocas, fenómeno ocasionado por el encauce inadecuado del río Quirpinchaca, derivando en la socavación del pie de talud llegó a afectar viviendas del Sector colindantes al Liceo Militar Teniente Edmundo Andrade, también afectados el Distrito N° 2 con 2 Juntas Vecinales, Distrito N° 3 con 3 Juntas Vecinales y el Distrito N° 5 con 1 Junta Vecinal y un Centro de Salud, como se muestra a continuación en el Mapa N° 6.

Mapa 7. Mapa Declaratoria de Desastre Municipal – Deslizamientos.

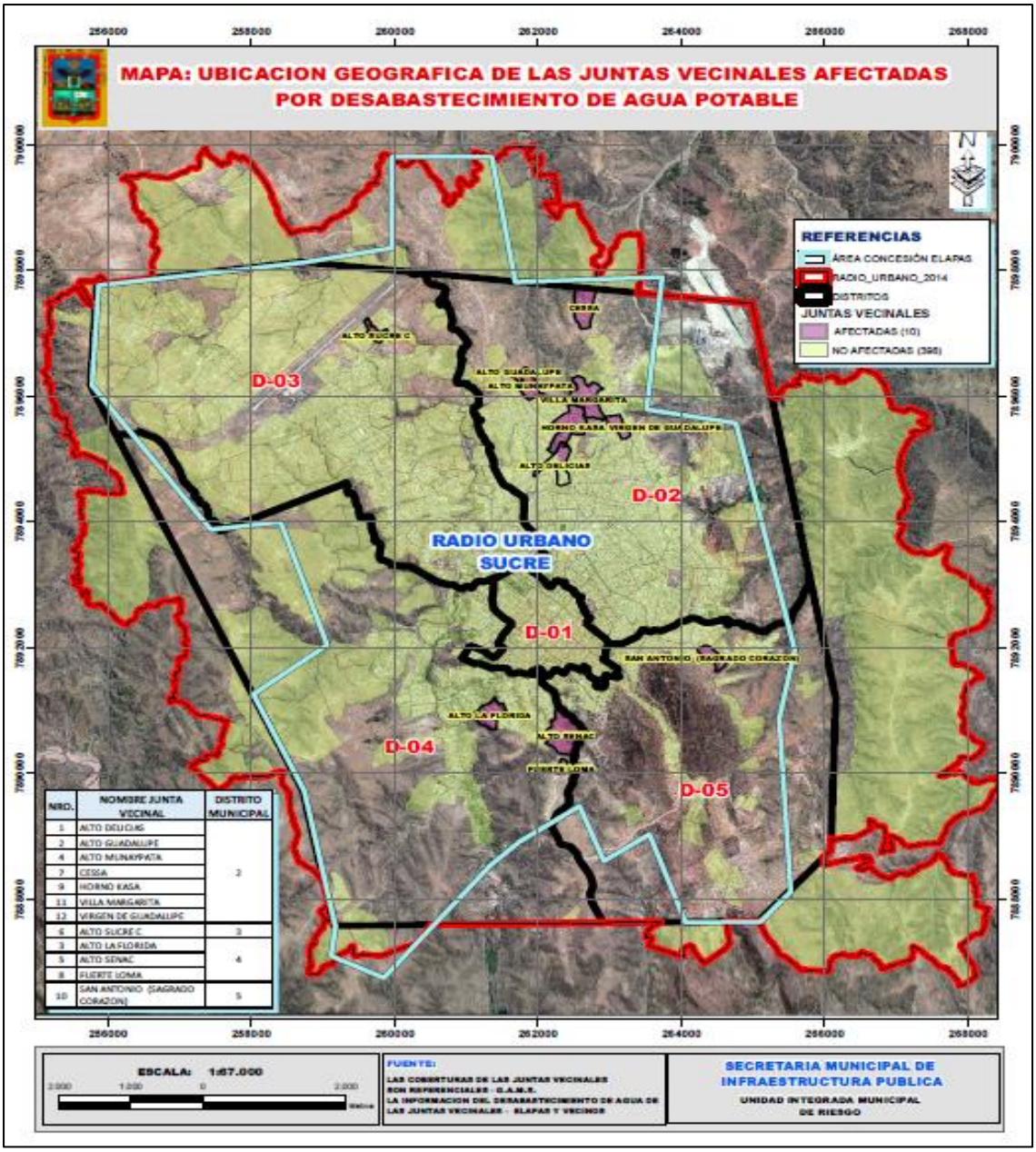


Fuente: DIMGER – GAMS.

En el caso de las Sequías o Déficit Hídrico se menciona el evento más relevante que ocurrió en la gestión 2016 el 7 de septiembre, la Empresa Local de Agua Potable Sucre (ELAPAS) confirmó que se produjo un Sifonamiento en el canal Ravelo que provocó el corte de suministro de agua potable, posteriormente a este evento adverso debido al fenómeno natural de la Niña se produjo escases del líquido elemento debido

a la falta de lluvias que conllevo a que el caudal del canal de aducción baje su caudal causando la falta de agua en más de un 30% de los barrios o juntas vecinales, así como también estuvieron afectadas Unidades Educativas, y Centros de Salud, la mayor afectación fue en el Distrito Municipal Nro. 2 que se encuentra en las zonas altas de la ciudad.

Mapa 8. Juntas Vecinales Afectadas por Desabastecimiento de Agua Potable.



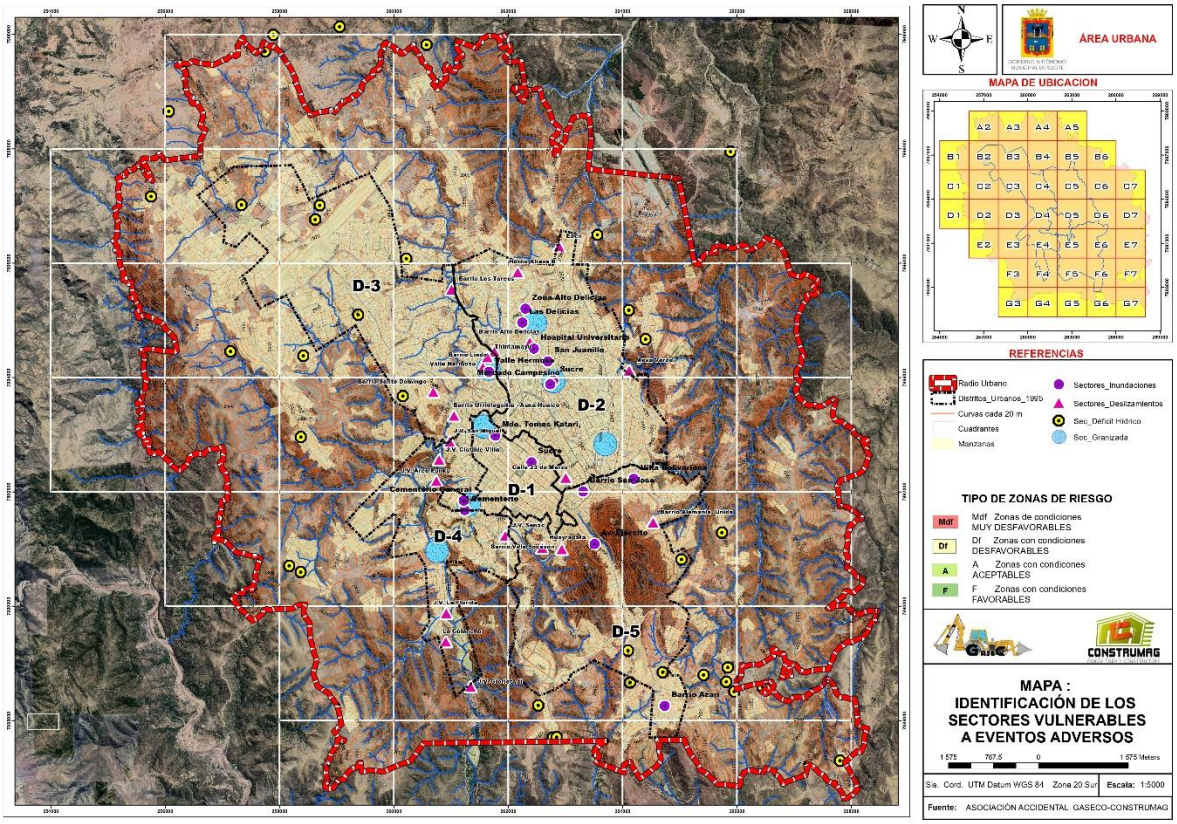
Fuente: DIMGER – GAMS.

Debido a esta emergencia se promulgo la **LEY MUNICIPAL AUTONÓMICA N ° 088/16 – Ley de Declaratoria de Emergencia Municipal**, Provisión de Agua Potable en el Municipio de Sucre cuya finalidad era determinar que le Órgano Ejecutivo del Gobierno Autónomo Municipal de Sucre, desarrolle acciones inmediatas y mediatas de atención para asegura la dotación de agua potable al Municipio y el DECRETO MUNICIPAL N° 048/2016 – Reglamento a la Ley Autonómica Municipal N° 088/16 Provisión de Agua Potable en el Municipio de Sucre.

Con esta emergencia se creó la Unidad Integrada Municipal de Riesgos, que desde ese momento pasó a coordinar con ELAPAS la distribución de agua potable a los Juntas Vecinales que así lo requerían.

De acuerdo a los antecedentes históricos que se registraron en el Municipio de Sucre se ha realizado la elaboración de un mapa de identificación de los sectores vulnerables a eventos adversos.

Mapa 9. Mapas de sectores vulnerables



Fuente: Elaboración propia

9. ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO

El presente informe es el resultado de la recopilación de datos, trabajos de campo, laboratorio y gabinete, para la investigación de las propiedades geotécnicas de los suelos en el radio urbano de la ciudad de Sucre, así como la determinación de las capacidades portantes de los suelos dentro el área.

En el terreno, se hizo una evaluación de las condiciones Geológico-Geotécnicas de los diferentes tipos de suelos aflorantes.

9.1. GENERALIDADES

El presente documento; que forma parte integrante del estudio básico efectuado, tiene los siguientes objetivos básicos:

- Realizar el relevamiento geológico regional de los 37 cuadrantes del área urbana de la ciudad de Sucre.
- Evaluar la estabilidad de las laderas y potenciales fenómenos de remoción en masa.
- Valoración estadística, estructural y tectónica del riesgo sísmico.

Para el cumplimiento de los mencionados objetivos, inicialmente se recopiló información geológica específica del área, principalmente en instituciones especializadas tales como SERGEOMIN, Superintendencia de Minas, Gobernación de Chuquisaca de esta manera se consultó la siguiente información:

- Mapas geológico regional, escala 1:100.000 correspondiente a la Hoja Geológica Nº 6536 – SUCRE, preparado y publicado por el Ex Servicio Geológico de Bolivia hoy SERGEOMIN, año 1962.
- Mapa Geológico Regional, escala 1:50.000 de la Hoja Nº 6537 SAPSI, preparado por el Convenio GEOBOL – CORDECH – Año 1980.

- Mapa geológico: Hoja AIQUILE Nº 6539 I-II-III-IV (Hoja provisional), escala 1:50.000; Ministerio de Minas y Petróleo, Departamento Nacional de Geología. sin año
- CORDECH, Estudio integrado de los recursos naturales de Chuquisaca, Mapa geológico: Lámina 6/12, escala 1:500.000; CORDECH, Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, 1993.
- Mapa geomorfológico de Chuquisaca escala 1:500.000 (CORDECH)
- Mapa hidrogeológico de Chuquisaca escala 1:500.000 (CORDECH).
- Cartas IGM Chuquisaca escala 1:50.000
- Mapas temáticos de Chuquisaca, Geología, Hidrogeología, Geomorfología y otros.
- Mapa geológico de Bolivia (foto mosaicos ERST escala grafica 1:500.000 (YPFB-GEOBOL)
- Geología de Bolivia (Instituto Boliviano del Petróleo).
- PMOT Sucre – Bolivia
- GRIMAUX Sucre - Bolivia
- Trabajos inéditos de los especialistas de la zona de la consultoría.
- Imágenes satelitales.

Las etapas realizadas durante el estudio geológico, fueron las siguientes:

- Interpretación de imágenes de satélite, escalas 1:1.000.000, 1: 500.000, 1:250.000 y 1:5.000 de la zona donde se encuentra el área de estudio, con el propósito de obtener el cuadro o marco geológico estructural regional, que pueda ayudar en la posterior interpretación estructural relacionada con la presencia de fallas regionales.
- Interpretación de imágenes Google a escala 1:500.
- Interpretación preliminar de las fotografías aéreas disponibles y existentes del área de estudio. Para ello se utilizaron fotografías aéreas a escalas diferentes y tomas en diferentes años.
- Para la campaña de campo se ha utilizado imágenes Google vistas de una altura de 3.0 km.

- Se realizó mapeos geológicos en distintos puntos, con una brújula Brunton, eclímetro, GPS.
- Realizado pruebas de permeabilidad insitu a nivel descendente, utilizando un tubo de 1.5", agua, cronometro y el personal capacitado para este fin y sus ayudantes, más una camioneta de apoyo.
- Se ejecutaron pruebas de penetración con cono, en remplazo de la cuchara de terzaghi, (por las condiciones de suelo, muy pedregosos) cumpliendo lo especificado, (el mismo diámetro de la cuchara y la forma del cono es indiferente, (SPT) para conocer la capacidad portante del terreno, se utilizó un martinete de 63.5 kg de peso con una caída de 72.6 cm., trípode barra de percusión, GPS y herramientas menores, cuatro peones, un ingeniero y movilidad de apoyo. (el equipo de SPT fue calibrado a petición de la supervisión por INCOTEC)
- Se extrajeron muestras de suelos después de realizar el cuarteo, de las calicatas excavadas a 0.50 m de profundidad, las mismas llevadas a laboratorio de suelos para su análisis de:

Tabla 5 . Estudios especializados

ESTUDIOS DE LABORATORIO E (IN SITU)
Granulometrías
Contenidos de Humedad
Límites de Consistencia (Atterberg)
Permeabilidad del suelo (insitu)
Clasificación del Suelo
Análisis de Tamices Agregado Grueso (AASHTO T-11)
Análisis de Tamices Agregado Fino (AASHTO T-27)
Determinación del Limite Liquido y Plástico
Sondeos eléctrico verticales (SEVs)
Clasificación Del Macizo Rocoso (RQD)(RMR)
Ensayos de Resistencia Admisible del Suelo (SPT)
Ensayo de Corte Directo
CBR (Californian Bearing Ratio)

- Para el Análisis geomorfológico se consideró o tomo en cuenta:

  a) El relieve topográfico

  b) Pendientes

  c) Erosión

- Para el Análisis hidrológico se tomaron en cuenta:

  a) Drenaje superficial

  b) Permeabilidad del suelo

  c) Grado de saturación.

- Para el Análisis geológico, Estructural y geotécnico se consideraron los siguientes parámetros:

  a) Análisis de susceptibilidad a la inestabilidad

  b) Estudio de suelos

  c) Aspectos artificiales

  d) Efectos de evolución del lugar

  e) Historia de las pendientes

  f) Realizar una columna Estratigráfica

  g) Análisis Estructural de las formaciones Geológicas.

Con la información obtenida en las tareas descritas anteriormente se han realizado las siguientes actividades:

- Revisión de la información obtenida en el campo.
- Compilación del mapa geológico a escala, 1:5.000.
- Compilación del mapa geomorfológico a escala 1:5.000.
- Compilación de mapa geotécnicos a escala 1:5.000

9.2. CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS

9.2.1. CLIMA

En el área de estudio el clima se encuentra influenciado por las diferentes altitudes presentes, además de la precipitación y temperatura. La precipitación promedio anual para 24 años es de 681.4 mm. La temperatura esta notablemente influenciada por el relieve con promedio anual de temperatura media de 14.9°C. La temperatura mínima absoluta es de -5° C y su máxima es de 31.8°C.

Significa que este tipo de clima es de relativa sequedad con un grado de humedad medio. Los inviernos son moderadamente secos y las lluvias de verano son torrenciales.

9.2.2. HIDROGRAFÍA

El área drena a las dos grandes cuencas del Amazonas y del Plata se encuentra en la divisoria hidrográfica de ambas cuencas, una relativa mayor área drena a la cuenca del Plata y la otra al del Amazonas. El nivel de base está controlado por las quebradas del área que son pequeños afluentes del río Quirpinchaca colector de la cuenca del Plata, las quebradas que fluyen hacia el Norte son pequeños afluentes del rio Chico colector del rio grande afluente del Amazonas.

El drenaje es dendrítico y sub paralelo.

9.2.3. RELIEVE

Las variedades litológicas presentes en el área, conjuntamente con los procesos geomorfológicos determinan variaciones topográficas. De esta manera observamos como los medios depositacionales originados por la acción fluvio-torrencial de diferentes edades del cuaternario conforman pequeños valles in tramontanos y otros estrechos en etapa juvenil, así como también los medios de abrasión de los cerros altos generan relieves abruptos. La presencia de erosión hídrica a manera de escurrimiento moderado y difuso da como resultado la formación de cárcava. La combinación de estos factores da como resultado un

relieve que varía de quebrado o accidentado, oscilando los valores de pendiente que van desde un 5% y más del 70%, gran parte de esta fisiografía refleja la estructura del subandino.

9.2.4. SISMICIDAD

Altos riesgos sísmicos en toda la zona, por la proximidad de la falla de Aiquile, el coeficiente sísmico más alto de todas las ciudades de Bolivia.

9.3. BASES TEÓRICAS.

9.3.1. ESCALAS

Es la relación existente entre el dibujo y la realidad representada en él. Se expresa en forma de una fracción en la cual el numerador es la unidad y el denominador es un número que indica cuantas unidades tiene el valor real por cada unidad del dibujo.: También se puede expresar en forma gráfica, esto se usa sobre todo en mapas.

9.3.2. TIPOS DE ESCALAS

Las escalas pueden variar de acuerdo a las necesidades del trabajo a ejecutar: para mapas se usan escalas muy pequeñas ejemplo: 1:2.500.000, para proyectos de vialidad en general (carreteras, .etc.): 1:1000, para vialidad urbana 1:500, edificios: 1:100 y 1:200 y hasta 1:50 en detalles (Sandia, 1985)

Las escalas grandes son las que tienen denominador pequeño y se utilizan cuando los detalles son muy importantes y el - tamaño real del objeto que se va a dibujar es muy pequeño. En dibujo mecánico se utilizan escalas muy grandes y en algunos casos el dibujo resulta mayor que el objeto real. (Sandia, 1985)

La escala 1:0,25 quiere decir que por cada unidad en el dibujo hay 0.25 unidades en la realidad o lo que es lo mismo: el dibujo es 4 veces más grande que el objeto real. Para dibujar se usa como unidad de medida el centímetro y el instrumento para medir puede ser cualquier regla graduada o también un escalímetro.

(Sandia, 1985) Las escalas se clasifican del siguiente modo: " Grandes: 1:5.000, 1:25.000 y 1:50.000. " Medianas: 1:100.000 y 1:250.000. “Chicas: 1:500.000 y menores.

9.3.3. PROBLEMAS CON ESCALAS

Los problemas con escalas son prácticamente problemas de regla de tres o proporciones. (Sandia, 1985)

9.4. MAPAS

Los mapas geotécnicos constituyen un método en ingeniería geológica para presentar cartográficamente información geológico-geotécnica con fines de planificación y uso del territorio y para el proyecto, construcción y mantenimiento de obras de ingeniería; aportan datos sobre las características y propiedades del suelo y del subsuelo de una determinada zona para evaluar su comportamiento y prever los problemas geológicos y geotécnicos.

Los datos incluidos en los mapas geológicos (litología, estructura, etc.) permiten deducir información valiosa sobre las propiedades de los materiales, pero las descripciones geológicas no son suficientes para su aplicación en ingeniería geológica: " No aportan datos cuantitativos de las propiedades físicas y mecánicas, ni sobre la heterogeneidad y anisotropía de los materiales. " No representan los Componentes del medio geológico con significado geotécnico y su influencia en trabajos de planificación e ingeniería. “No representan el carácter dinámico del medio geológico en relación a la ingeniería.

Los contenidos y el detalle de la información, así como el grado de complejidad en la realización de los mapas, son función de: " La escala y extensión. " Los objetivos concretos que se persigan. “La importancia de los diferentes factores geológico-geotécnicos y sus relaciones. " La información disponible, datos y representatividad. “Las técnicas de representación

9.5. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS REGIONALES

9.5.1. GEOLOGIA

El área de estudio, comprende un área de forma irregular de 120.583.783,79 km²; ocupa un área amplia de material sedimentario del Ordovícico, Cretácico, Devónico y un área de material cuaternario aluvial o cuaternario coluvial y el basamento rocoso está constituido de rocas sedimentarias.

El nivel que fluctúa de las elevaciones, está delimitado por las cotas 3135 m.s.n.m. cúspide del cerro Sica Sica y 2612 m.s.n.m. la parte más baja de la quebrada Norte Este que fluye a la cuenca de las amazonas.

Geomorfológicamente el área se encuentra conformado por varios valles en V, varios van al Norte, Oeste y otros al Sud, Este; ambas a diferentes cuencas hidrográficas, mencionada línea arriba., se presentan varias peneplanicies que va de SE a NW y viene a ser la divisoria de las cuencas hidrográficas; Los procesos geomórficos que modelaran el paisaje, son el diastrofismo de tipo orogénico y la erosión hídrica.

El basamento esta íntegramente conformado por rocas de los Períodos Ordovícico. Devónico, Cretácico.

Los Cerros y serranías del sector Este, Oeste, Norte y Sud, están constituidos por rocas Ordovícicas, al Sud Este y Norte Este se tienen afloramientos del Devónicos, las rocas cretácicas se desarrollan de Sud a Norte en el sector central Este, abarcando todos los cuadrantes de esa franja, el encape de material coluvial es reducido y está presente en todos los cuadrantes que rodean la mancha urbana, los sedimentos fluvio lacustres se desarrollan desde el pie de los cerros Sica Sica y Churuquella hasta la comunidad de la Barranca; no se observan áreas de deslizamientos puntuales en el plano geológico. (uno en especial el del sector de la Calancha producto de una falla y es una remoción en masa, en algunas zonas y barios se presentan asentamientos ya sea por fallas o por estar en taludes muy pronunciados, o las construcciones están sobre zonas de rellenos sin compactar)

El efecto de los procesos geomórficos de acuerdo a su intensidad, se clasifican en:

-Meteorización química	Mínima
-Meteorización mecánica	moderada
-Movimientos de masas	Mínima
-Erosión pluvial y fluvial	Moderada
-Erosión eólica	Moderada

Son serranías elevadas subparalelas, mostrando una aceleración de la actividad erosiva fluvial y mecánica que se manifiesta en una profundización de los valles por acción retrógrada; conformada por peneplanicies de rumbo Sud Este a Nor Oeste de diferentes magnitudes.

El drenaje característico del área es de subparalelo a dendrítico.

Estructuralmente el área está constituida en la conformación de anticlinales y sinclinales que son fácilmente localizables por la escasa cobertura cuaternaria que presentan, el rumbo de estas estructuras es generalmente de N350°W a N10°E; se observan varias fallas normales que van de SW a NE cortando las estructuras, otras fallas son inversas como la que corre de Sud a Norte creando un contacto del Cretácico y el Ordovícico, los buzamientos de los sinclinales y anticlinales son de 10° a 75°.

En el lecho de las quebradas se presentan depósitos aluviales de un espesor reducido que van desde 0.1 hasta más de un 2 metro, en los flancos se presentan terrazas aluviales de arcillas limosas suprayacentes sobre las rocas del Ordovícico arcillas plomizas y cretácico areniscas rojizas de grano medio a fino.

MATERIAL ALUVIAL EN EL LECHO DE LAS QUEBRADAS

Las características de este material son las siguientes:

- Clasificación: Bloques, Grava, Areno limosa, mal graduada.
- Tamaño máximo de los clastos: cuarcita y arenisca de hasta 1.5 m. de diámetro.
- Forma de los clastos: redondeados a subangulares.
- Recubrimiento: Ninguno.
- Dureza: Difíciles de ser fracturados.
- Color: Gris blanquecino a Rojizo amarillento.
- Humedad: (mayormente secos desde los 0.00 m de profundidad), se tiene quebradas con aguas residuales.
- Contenido de materia orgánica: mayor al 10%.
- Grado de compacidad: Suelto.

9.5.2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Mediante la interpretación estructural de varias imágenes de satélite a diferentes escalas, se preparó un bosquejo estructural, con el propósito de obtener el modelo geológico estructural regional.

El bosquejo estructural del plano geológico, correspondiente a la interpretación de la imagen de satélite (Google), vista desde diferentes altitudes, muestra el marcado control estructural que existe en el área, debido a la presencia de un sistema de fallas longitudinales y transversales, de extensión regional, que han provocado un acortamiento de los pliegues en rocas de edad Paleozoica y mesozoica, razón por la cual los flancos de los indicados pliegues anticlinales y sinclinales se hallan cortados o afectados en algunos casos por fallas inversas de alto ángulo y en otras por fallas de rumbo.

Pliegues de edad Paleozoica, mesozoica no han sido muy deformadas, pudiéndose identificar las estructuras plegadas completas, aunque afectadas también en algunos casos por fallas en sus flancos o transversales a ellos.

Bajo estas consideraciones, se puede concluir que en el bosquejo estructural de la imagen satelital Google, se observa un sistema marcado de lineamientos Norte – Sur y Este - Oeste aproximadamente, que podrían corresponder a fallas longitudinales, casi paralelas al rumbo general de la estructura y fallas transversales. Ver Anexo Nº 1 Plano Geológico

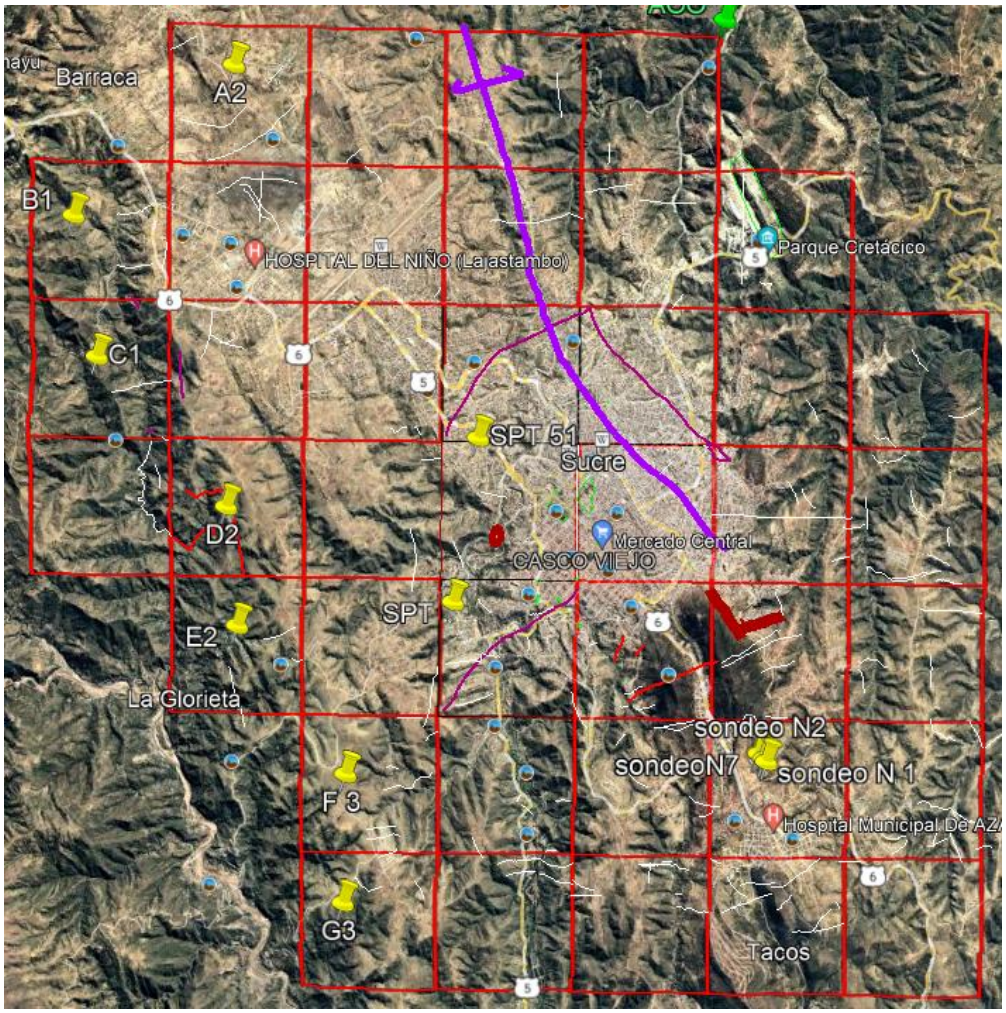


Figura 10. Imagen satelital Google de los Cuadrantes (40) de la ciudad de Sucre

9.6. GEOMORFOLOGÍA

Desde el punto de vista geomorfológico-estructural y tectónico de Bolivia, la zona de estudio se encuentra en el sector central meridional de la Cordillera Oriental de los Andes, estrecha franja con rumbo Norte-Sur concordante con los lineamientos tectónicos longitudinales prevalecientes.

Esta franja se caracteriza por la divulgación de estratos fuertemente plegados del Paleozoico, especialmente del Sistema Ordovícico y en menor grado, del Devónico y Cretácico, que fueron sedimentadas en un ambiente marino de plataforma somera y en ambientes terrestres como el Cretácico. Algunas zonas de esta franja del Paleozoico que sufrió fuertes procesos erosivos con la formación de planicies, cuencas y fosas elongadas se encuentran cubiertas por restos de sedimentos del Cretácico suprayacentes en discordancia erosiva. Sedimentos recientes de edad cuaternaria están divulgados especialmente en los lechos de ríos y quebradas. En diversos lugares de la zona de estudio se observa restos de antiguas terrazas aluviales conformadas por conglomerados bastante compactados y estables, con rodados de tamaños heterogéneos, bien pulidos y redondeados, que probablemente fueron depositados en el transcurso de la formación de los ríos o quebradas del área.

Figura 11. Geomorfología de Bolivia

En consecuencia, de la existencia de fallamiento longitudinal preponderante en el área, el paisaje se halla fuertemente controlado tanto por el plegamiento como por las indicadas fallas, desarrollando un paisaje

caracterizado por una alternancia de valles y serranías longitudinales, alineadas con el rumbo general de la estructura NW-SE, muy característico de la zona montañosa que predomina el área.

El diseño de drenaje, también es reflejo del mismo control estructural, tratándose de un diseño de drenaje dendrítico, paralelo a subparalelo, donde los ríos principales subsecuente de dirección N-S, E-W de la cuenca del rio chico, parte central y Este de los cuadrantes y N-S de los ríos que fluyen a la cuenca del rio Quirpinchaca, transversales subsecuentes y resecuentes son de menor longitud y gran cantidad.

Por tratarse de un área controlada por fallamiento, se observa que los valles se encuentran en estado de profundización. Los perfiles longitudinales de los ríos, no están en equilibrio, por lo que la acción de erosión vertical de los ríos es intensa, como consecuencia de la elevada gradiente de los mismos.

Movimientos de remoción en masa como deslizamientos, derrumbes, torrentes de barro o de tierra y otros, solo son frecuentes en aquellos lugares afectados por fallas, cuando los taludes se hallan coincidiendo con la dirección del Buzamiento. En otros casos cuando el Back slope (pendiente trasera), está desarrollado sobre una marcada alternancia de limolitas y areniscas o lutitas y areniscas son más comunes los derrumbes.

SISTEMA GEOMORFOLÓGICO DE LA CORDILLERA ANDINA ORIENTAL, ZONA DEL ÁREA URBANA DE LA CIUDAD DE SUCRE

En el área urbana de la ciudad de sucre se distinguen las siguientes unidades geomorfológicas:

- **UNIDADES DE ORIGEN ESTRUCTURAL**

Estas unidades que en conjunto comprenden las serranías, cuestas y colinas de la Cordillera Andina Oriental y del Subandino, con formaciones que se debe a la acción combinada de plegamientos, fallamientos, hundimientos, y otros procesos geológicos.

Dentro de estas unidades de origen estructural se diferencian las:

1. **Serranías** De amplitud: alta (cimas escarpadas), media (cimas irregulares) y baja (cimas elongadas y paralelas).
2. **Colinas** Con ondulaciones variables cárcavas incipientes, medias a bajas con cimas subredondeadas, medias a bajas cimas ligeramente aplanadas.
3. **Cuestas** Bastante pronunciadas en estructuras sinclinales.

- **UNIDADES DE ORIGEN DENUDACIONAL**

Esta unidad comprende **peneplanicies** onduladas y superficies de erosión, colinas residuales en general.

- **UNIDADES DE ORIGEN COLUVIO ALUVIALES**

Esta unidad comprende **piedemontes**, son depósitos en las laderas de los cerros producto de la saturación del suelo se producen remociones del suelo y acumulación de los mismos en las laderas o al pie de los cerros. Cubren pequeñas áreas.

- **UNIDADES DE ORIGEN ALUVIAL**

Esta unidad comprende llanuras y terrazas aluviales (terrazas aluviales y playas, abanicos aluviales, llanuras aluviales de depositación, llanuras aluviales plana a ondulada y lagos, lagunas y otros cuerpos de agua).

El área de Sucre se observa:

1. **Llanuras aluviales de depositación**
2. **Llanuras aluviales plana a ondulada**
3. **Terrazas aluviales y playas**

Anexo Nº1. Ver plano Geomorfológico.

9.6.1. ESTRATIGRAFÍA

En el área del proyecto, afloran rocas plegadas de edad paleozoica, mesozoicas y sedimentos del Cenozoico. Las rocas paleozoicas corresponden a los Sistemas Ordovícico y Devónico, las del mesozoico a rocas del Cretácico, las Cenozoicas al Cuaternario. A continuación, se presenta la columna estratigráfica generalizada del área de estudio.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA

		Depósitos Aluviales
	Cuaternario	*Depósitos Coluviales*
Cenozoico		*Depósitos Fluvio Lacustres*
	Cretácico	*Formación El Molino*
Mesozoico		*Formación Toro Toro*
	Devónico	*Formación Huamanpanpa*
Paleozoico		
		Formación San Benito
	Ordovícico	*Formación Anzaldo*
		Formación Capinota

- **PALEOZOICO - SISTEMA ORDOVÍCICO**

El contacto paleozoico-cretácico, más allá de la notoria discordancia angular y de las claras diferencias petrográficas y litológicas, es muy marcado y se caracteriza, fundamentalmente, por la coloración predominante violeta-rojiza que penetra en las lutitas del basamento Paleozoico. (Las areniscas micáceas del

Devónico). La línea de contacto paleozoico-cretácico puede observarse claramente a lo largo de los cerros: Sica Sica y Churuquella, ya que ésta resalta por el colorido típico de la roca, y además, porque las areniscas cretácicas suprayacentes son propensas a la erosión linear.

Las areniscas del Devónico de grano medio y abundante contenido micáceo "moscovita", se llega a confundir con el Ordovícico, realizando un análisis más detallado se define como areniscas Devónicas.

Las lutitas paleozoicas, de estratificación bastante fina y superficialmente meteorizadas, están después de las areniscas, presentan un grado notorio de esquistosidad y a medida que se alejan de la zona de contacto, tienen un color grisáceo oscuro, en partes gris-verdusco.

Los principales afloramientos se hallan ubicados al Este-Oeste-Norte-Sud del área. Se las clasifica como de las formaciones: Capinota, Anzaldo y San Benito, del Ordovícico que presenta un amplio desarrollo.

FORMACIÓN CAPINOTA

Conocida también como Formación Ragay Pampa, constituye la parte basal de toda la secuencia litológica y se halla conformada por lutitas de tonalidades gris oscuras a marrón amarillentas, fracturadas y moderadamente alteradas, poco competentes, físiles, estratificadas en capas de reducido espesor, intercaladas con capas de limonitas gris verdosas, disturbadas y con areniscas arcillosas pardo blanquecinas en superficie fresca y grisáceas a marrones cuando están alteradas.

La depositación de los sedimentos es netamente marítima con predominio de una secuencia pelitica, la misma se ha realizado en un ambiente de un mar tranquilo y profundo, que va de nerítico a batial.

Su espesor en el área es considerable, el límite superior está en concordancia con la Formación Anzaldo, a la que pasa transicionalmente.

FORMACIÓN ANZALDO

Denominada también Trigo Loma – Santiago, está constituida por una serie de lutitas amarillo verdosas a marrón amarillentas en superficie fresca y pardo amarillenta cuando están alteradas, ligeramente micáceas, estratificadas en bancos e intercaladas con areniscas verdosas de grano fino, compactas, sobre la que se presenta una serie de lutitas de coloración gris oscura en frescas y gris claras en superficie alterada, culminando con una alternancia de limonitas amarillo verdosas con contenido micáceos y areniscas cuarcíticas de similar tonalidad en superficie fresca y marrón claras cuando están intemperizadas.

La deposición de estos sedimentos ha sido realizada en mares someros en un ambiente epineritico a nerítico.

El límite con las formaciones infra y suprayacentes es concordante y transicional.

Su distribución en el área es amplia de Sud a Norte en el Este del área conformando todas las colinas y partes altas del paisaje.

FORMACIÓN SAN BENITO

Llamada también formación Mizque, litológicamente está conformada por paquetes de cuarcitas amarillo blanquecinas en superficie fresca y gris blanquecinas cuando están alteradas.

Conforman horizontes de poco espesor en el área, forman las partes más conspicuas y escarpadas del área.

La depositación de estos sedimentos, que también es marina, de un ambiente transicional o de plataforma.

Su límite se halla definido concordantemente con la Formación Anzaldo.

Su distribución en el área se restringe a pequeñas zonas, conformando áreas de formas abruptas y escarpadas.

- **PALEOZOICO - SISTEMA DEVONICO**

En el área afloran rocas de edad Devónica, correspondientes a la Formación Huamanpampa, en la parte central de S a N del área en una reducida zona.

FORMACIÓN HUAMANPAMPA

Sobre yace discordante al Ordovícico, se halla constituida principalmente por lutitas finamente estratificadas, friables y micáceas de tonalidades pardas amarillentas en superficie fresca a grisáceas claras cuando están alteradas. La secuencia presenta intercalaciones con bancos delgados de limonitas micáceas, ligeramente friables, de similar tonalidad y hacia el tope de la secuencia estratigráfica, se tienen intercalaciones de horizontes delgados de lutitas y limonitas gris oscuras, micáceas.

La parte superior de la secuencia se halla constituida por areniscas macizas, de tonalidades amarillo verdosas, de grano fino, estratificadas en bancos de espesor considerable, que hacia el tope se tornan más compactas.

El ambiente de deposición es marino, la sedimentación que gradualmente se hace más fina, con predominio de pelitas, que indican que fueron depositados en un mar tranquilo y profundo.

Su base está en concordancia con el Ordovícico y el límite superior esta discordante con el Cretácico.

- **MESOZOICO - SISTEMA CRETÁCICO.**

Afloramientos de rocas de edad mesozoica, pertenecientes al Sistema Cretácico, se tiene bien desarrollado en la parte central Este de Sud a Norte del área, se observan por lo menos dos formaciones: El Molino y Toro Toro.

FORMACIÓN TOROTORO

Esta formación Se desarrolla en la parte central Norte del área desde la zona de Rumi Rumi.

Litológicamente la parte basal está apoyada sobre sedimentos paleozoicos, está conformado por areniscas de granulometría media a fina, de tonalidades rojo violácea hasta marrón rojiza cuando están frescas, tornándose blanquecinas con matriz rojizo cuando están intemperizadas, con una estratificación bastante notoria, con pequeñas intercalaciones conglomeraditas, que apoyan sobre sedimentos paleozoicos, consistentes en cuarzo, pedernal y sustancias calcáreas.

En el sector del Cerro Sica Sica se pueden observar estratos casi conspicuos y escarpados, que denotan formas típicas de deep slopes (ladera profunda).

Su espesor en el área es considerable llegando a más de 200 m. en la zona Sud donde constituyen altos topográficos. El ambiente de depositación de estas rocas, ha sido en un ambiente marino – continental, nerítico – litoral.

FORMACIÓN EL MOLINO

Esta Formación, aflora al Nor Este del área. Empieza con una unidad litológica que se caracteriza por un paso gradual en la litología, desde la base al tope. Empieza con bancos de areniscas blancas, cuarzosas, de grano fino, bien clasificados, pasa a bancos de arenisca calcárea, a calizas arenosas, bancos de caliza pura con intercalaciones de margas multicolores, terminando en areniscas blancas. Se sobrepone una segunda unidad, caracterizada por una alternancia de calizas, margas multicolores y una sucesión de bancos de caliza, margas y arcillas.

El tope se halla representado por calizas grisáceas, duras y resistentes, silisificadas, en bancos potentes, con intercalaciones de margas y calizas, en las que esporádicamente se presentan inclusiones de pedernal.

Supra yace en forma concordante a las areniscas de la formación ToroToro.

Constituyen una trasgresión de aguas salobres con conexiones marinas, de tiempo muy corto, asumiéndose que su ambiente de depositación fue de tipo continental – lagunario, vinculado con un mar de poca profundidad.

- **CENOZOICO – SISTEMA CUATERNARIO**

Sedimentos pertenecientes al Cuaternario, se tiene bien desarrollado en toda la cuenca, se observan por lo menos tres depósitos correspondientes a: aluviales, coluviales y fluvio lacustre.

DEPOSITOS ALUVIALES

Los depósitos cuaternarios de origen aluvial, presentan un buen desarrollo, se hallan a lo largo de los ríos y quebradas principales, y en las llanuras aluviales, constituyendo la capa superficial de deposición.

Todos los depósitos de reducido espesor en las pocas y reducidas llanuras aluviales, en su mayoría constituidos por gravas, arenas, limos y en mayor porcentaje bloques y piedras de diferente composición litológica.

Los derrumbes y deslizamientos que se presentan en las riberas de los ríos son producto de movimientos de tipo gravitacional debido a efectos de la gradiente (pendiente) y la humedad, por efectos de procesos físico-químicos, provocan la caída de sedimentos a los ríos y quebradas.

DEPOSITOS COLUVIALES

Se origina en las partes altas de cada paisaje, acumulándose en la parte inferior o laderas de las serranías, colinas, cuestas, piedemontes, etc.; por acción de la gravedad.

Está constituido por material detrítico heterogéneo de bloques, guijarros, granos y partículas angulares a subangulares; con poco transporte, siendo la mayoría autóctonos, es decir, constituidos por el mismo material que la roca madre (meteorizada) por arena, limos y arcillas.

DEPOSITOS FLUVIO LACUSTRE

Conformados, por sedimentos transportados desde las laderas de los cerros, habiéndose sedimentado en pequeñas depresiones lagunarías, originadas en un ambiente de depositación tranquila, intercaladas con un material medio a grueso, acarreado en época de lluvia máxima.

Están constituidos por gravas, limos y arcillas poco consolidados, relacionados con depósitos arcillosos.

9.6.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El área central Sur en su sección occidental, se tipifica por presentar sinclinales y anticlinales amplios, coincidentes con altos topográficos, tal como se puede observar en el mapa geológico, donde el anticlinal y sinclinal se desarrollan a lo largo de los flancos del Río Quirpinchaca es un ejemplo característico; mientras que al Este el sinclinal se halla fallado o fracturado, siendo pequeño y estrecho, ocupando generalmente la parte baja del relieve topográfico. Los anticlinales y sinclinales existentes están delimitados en su mayor parte por fallas longitudinales, generalmente inversas y de desplazamiento horizontal.

El comportamiento estructural del Subandino en el área de estudio, se tipifica por presentar un marcado control estructural sobre las formas de terreno y en la que la tectogénesis Andina en sus fases Incaica y Quechua, fue la que más influyó en la depositación de sedimentos, mayormente Cuaternarios y en la formación de estructuras anticlinales bastante amplias, coincidentes con altos topográficos, conformando en sí un paisaje armónico de relieve constituido por una serie de serranías sinclinales y anticlinales, mayormente de amplitud.

Al ser el área una divisoria hidrográfica entre dos cuencas, las fallas longitudinales y transversales juegan un papel importante en la configuración de la divisoria de aguas.

Se observa un claro subparalelismo de las estructuras con fallamiento longitudinal marcadamente inverso respecto a los plegamientos regionales; las que fueron reajustadas por fallas transversales de menor longitud y mayor densidad, evidenciando de esta forma el efecto que tuvieron en la región los movimientos orogenéticos cordilleranos, subandinos (hercínicos) y fundamentalmente andinos, principal modelador del actual paisaje.

Al Oeste del área se desarrolla un sinclinal amplio que va de SE-NW con un rumbo de N 355° W, En Anexo Nº 1 Ver plano Geológico –Estructural.

INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES SATELITAL

- **GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA**

El análisis de varias imágenes satelitales LANDSAT a diferentes escalas, permite la interpretación de la geología estructural regional en la cual se encuentra el área de la Ciudad de Sucre. En base a estas imágenes, complementadas con la observación de las fotografías aéreas mencionadas, se ha elaborado el bosquejo de la geología estructural.

El bosquejo estructural presentado en la Figura Nº 12, muestra un marcado control estructural existente en la zona caracterizado por un sistema de fallas longitudinales y transversales de extensión regional - sobre todo las longitudinales - que provocaron un acortamiento, mayormente en sentido Este-Oeste, de los pliegues de estratos rocosos del paleozoico, en especial de Sistema Ordovícico. Es así que los flancos de los pliegues anticlinales y sinclinales se hallan cortados o afectados, en algunos casos, por fallas inversas de alto ángulo y, en otros, por fallas de rumbo.

Los estratos de edad Mesozoica han sufrido deformaciones tectónicas en menor escala y por lo tanto es posible identificar estructuras plegadas completas (como el sinclinal), aunque también afectadas, en algunos casos, en sus flancos o transversalmente a ellos.

El término “Lineamiento” utilizado en la leyenda se refiere a aquellos elementos tectónicos lineares que varían de 10 a más de 100 kilómetros de longitud. En la mayoría de los casos, éstas reflejan o son la expresión superficial de diferentes tipos de discontinuidades estructurales, como fallas, fracturas o contactos litológicos, traducidos en la imagen satelital por ejemplo en forma de alineamiento de ríos, ríos de diseño rectilíneo, alineación de vegetación, alineación marcada de tonos fotográficos o alineación de rasgos morfológicos.

En el bosquejo estructural de la Figura Nº 12, resalta un marcado sistema de lineamientos Norte-Sur correspondiente a fallas longitudinales orientadas paralelas al rumbo general de la geoestructura de la

Cordillera Oriental en la parte central-meridional correspondientes al gran sistema de fallas denominado Cordillera Real – Aiquile - Tupiza, y, aproximadamente en sentido Este-Oeste, fallas transversales. Cabe resaltar que la zona de la población de Aiquile es sísmicamente activa, puesto que se halla ubicada sobre el lineamiento que limita el borde Este de la estructura y que corresponde cabalmente al tramo de la mencionada falla Aiquile - Tupiza.

La zona de estudio se halla en un bloque limitado por los dos tipos de lineamientos mencionados y controlado además por fallas longitudinales de menor grado que marcan una variación en el rumbo de los estratos, comparados con los rumbos de las estructuras al Norte, Sur, Este y Oeste del indicado bloque. En un radio de 50 kilómetros del área urbana de la ciudad de Sucre, prácticamente no se encuentra una zona que no esté afectada o influenciada por el sistema de fallas tectónicas.

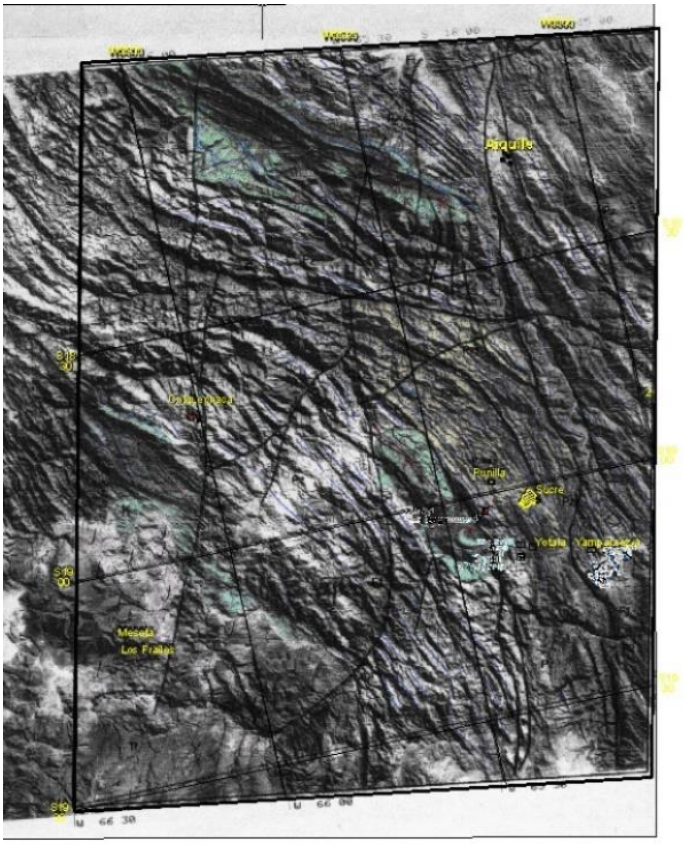


Figura 12. Interpretación de la Imagen Satelital

9.7. ANALISIS GEOTECNICO

9.7.1. GENERALIDADES

A fin de establecer las características geológico geotécnicas de la zona del proyecto, se programaron una serie de visitas al campo para la ejecución de las diferentes actividades, así mismo se realizó un relevamiento geotécnico en base a la topografía y a la geología regional y local ya existente de la zona, se tomaron en cuenta aspectos estratigráficos, estructurales, rumbo y buzamiento, remociones en masa, deslizamientos activos y pasivos, zonas críticas.

En el plano geotécnico se muestran los aspectos descritos líneas arriba con una franja razonable de seguridad.

En las visitas de campo programadas se efectuaron ensayos de capacidad portante, en áreas seleccionadas como representativas de grupos de suelos y pruebas de permeabilidad, de cada cuadrante.

9.7.2. METODOLOGÍA

Para el trabajo de las investigaciones geológico geotécnicas se realizó un programa de actividades de campo previamente establecidas, estas fueron:

- Investigación de capacidad portante de los terrenos
- Muestreo mediante cuarteo
- Observaciones directas en campo
- Ensayos de laboratorios de mecánica de suelos
- Uso del martinete con peso de 63.5 Kg. y altura de caída de 0.726 m (SPT)
- Planillas de registro de investigación del subsuelo
- Cota de fundación recomendada, descripción del material, fatigas admisibles etc.
- Ensayos de permeabilidad insitu, a nivel descendente.

9.7.3. LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Se han obtenido dos muestras de suelos, en cada cuadrante, una de cada una de los suelos más predominantes del área de estudio para realizar en laboratorio de mecánica de suelos de "Ingeniería, Consultoría y Laboratorio BORDA", en el que se han realizado los ensayos de todas las muestras obtenidas en campo, los siguientes ensayos:

- Granulometrías
- Contenidos de Humedad
- Límites de Consistencia
- Clasificación del Suelo
- Análisis de Tamices Agregado Grueso (AASHTO T-11)
- Análisis de Tamices Agregado Fino (AASHTO T-27)
- Determinación del Limite Liquido y Plástico
- Ensayos de Resistencia Admisible del Suelo (SPT)
- Compactación T-180 (muestras de los tipos de suelos de la mancha urbana)
- Sondeos eléctricos verticales SEV (7 zonas definidas por supervisión)
- Corte directo (en laboratorios de la ciudad de Cochabamba de los tipos 5 de suelos de la mancha urbana)

Las muestras están definidas con los siguientes parámetros:

Numero de Muestra Nº 1
Coordenadas: Coordenadas UTM Longitud 20 k 78……. Coordenadas UTM Latitud 20 k 26….. Una altitud de ….. msnm.

Las capacidades portantes de los suelos dentro del radio urbano de Sucre van de 0.5 a 3.0 kg/cm2, el 0.5 kg/cm2 es para los suelos de rellenos recientes no aptos para construir en estas áreas. El total de muestras son representativas de más del 70% de los suelos de los cuadrantes de la ciudad de Sucre.

Los 5 tipos de suelos definidos en el área urbana de la ciudad de Sucre tienen, los resultados obtenidos en el laboratorio son los siguientes:

Tipo de suelo CH	Cohesión	59.8 Kpa
	Angulo de fricción	0.72
Tipo de suelo CL	Cohesión	65 Kpa
	Angulo de fricción	2.1
Tipo de suelo ML	Cohesión	22.3 Kpa
	Angulo de fricción	27.72
Tipo de suelo SC	Cohesión	49.5 Kpa
	Angulo de fricción	20.01
Tipo de suelo SM	Cohesión	19 Kpa
	Angulo de fricción	16.39

9.7.4. ENSAYOS DE PENETRACION SPT

Se procedió con el trabajo del ensayo de penetración en los 2 puntos seleccionados previamente con anticipación en cada cuadrante, en base a un reconocimiento de campo efectuado, en los ensayos de SPT se obtuvieron muestras de suelos de cada ensayo para analizarlos en el laboratorio de mecánica de suelos del Laboratorio BORDA en SUCRE (granulometría y clasificación de suelos según la Clasificación Unificada de Suelos) , se registró cada punto sus coordenadas y altitud con GPS y se tomaron varias fotografías del lugar de ensayo.

A continuación, se presenta un resumen de los datos y resultados obtenidos de los ensayos realizados.

Resumen de resultados de los ensayos:

FECHA	CUADRANTE	Numero de sondeo SPT # prueba de permeabilidad	LUGAR	CORDENADAS UTM longitud 20 k	CORDENADAS UTM latitud 20 k	Clasificacion SUCS
06/05/2021	G7	2	Guadalupe	7887082	267760	SM
06/05/2021	G7	1	Alto San Miguel	7887688	266439	SC-SM
06/05/2021	F7	4	Molle Punta	7889490	266150	GC
06/05/2021	F7	3	Alto Azari	7888048	266716	CH
07/05/2021	E7	6	Pampa Wasi	7891609	267007	GC
07/05/2021	E7	5	Kora Kora Alto	7890405	267000	GC
07/05/2021	D7	8	Lechuguillas	7892832	267130	GW-GC
07/05/2021	D7	7	Kora Pampa Huasi	7892243	266958	GC
10/05/2021	G6	9	Buena Vista	7887802	264252	CL
10/05/2021	E6	23	Barrio Sancho B	7890421	265214	CL
10/05/2021	E6	24	Barrio los Olivos	7891105	264758	SC-SM
10/05/2021	F6	11	Barrio Bolivia	7889811	265137	SC-SM
10/05/2021	F6	12	Azari 20 de Marzo	7888840	264125	CL-ML
11/05/2021	G6	10	Señor de Maica	7887954	265425	CL
11/05/2021	D6	21	Lechuguillas Primero	7892661	265835	SM
11/05/2021	D5	19	Av. Estados Unidos	7892347	263897	CL
11/05/2021	E5	18	El Guereo	7891794	263135	SC
11/05/2021	D6	22	Pueblo Nuevo	7893538	264874	CL
12/05/2021	F5	14	Barrio Las Rosas	7889577	263032	SC
12/05/2021	E5	17	Alto Senac	7890431	262283	GC
12/05/2021	F5	13	Toldo Kasa	7888502	262678	SC
12/05/2021	G5	15	Lequesana	7887736	262762	GC
12/05/2021	G5	16	Buena Aventura	7887700	262415	GC
13/05/2021	G4	26	La Brisa	7887633	261488	GC
13/05/2021	F4	28	La Florida	7889544	261127	GC
13/05/2021	F4	27	Alto Calancha	7888239	260608	CL
13/05/2021	G4	25	Pampa Aceituna	7887319	260071	CL
13/05/2021	G3	29	Pampa Aceituna	7887353	259403	CL
13/05/2021	G3	30	Santa Isabel	7887844	259406	GC
13/05/2021	F3	31	Santa Isabel	7888065	259262	SC
14/05/2021	E3	33	El Mirador	7890946	258974	ML
14/05/2021	F3	32	Molle Moko	7889724	258702	CL
14/05/2021	E3	34	Barrio Oropeza	7891308	258239	CL
14/05/2021	E2	35	Barrio Oropeza	7891185	257911	CH
14/05/2021	E2	36	Alto Aranjuez	7891948	257805	CH
14/05/2021	D2	37	Alto Aranjuez	7892676	257620	CL-ML
14/05/2021	D2	38	Barrio San Francisco	7893767	256856	CH
17/05/2021	C2	41	Bella Esperanza	7894921	256583	CL
17/05/2021	B1	45	Santa Catalina	7897747	255693	SC
17/05/2021	B1	46	Barrrio San Simon	7896918	255777	CL-ML
17/05/2021	B2	47	Fexpo	7896745	257836	CL
17/05/2021	B2	48	Barrio Manzanal	7897224	256557	CL
17/05/2021	B3	49	Villa Marlecita	7897546	258392	ML
18/05/2021	C2	42	Barrio Betania	7894949	257489	GC
18/05/2021	D3	39	Urbanización Chuquisac	7892742	258520	GC
18/05/2021	D3	40	Barrio Galileo	7893908	258090	SC-SM
18/05/2021	C3	43	Barrio Belen	7894710	258189	CL
18/05/2021	C3	44	Fundición Amazonia	7895823	258799	CH
18/05/2021	B3	50	Av. Washington	7896824	259295	CL
19/05/2021	C6	64	Kholpa Kasa	7895117	264417	SM
19/05/2021	C6	65	Buena Vista	7894122	264930	SC
19/05/2021	C7	66	Yurac Pampa	7895173	266158	MH
19/05/2021	C7	67	Zona Lechuguillas	7894221	266268	CH
20/05/2021	A4	57	Nueva Alegría	7899331	260275	GC
20/05/2021	A4	58	Alegría	7898426	260726	SM
20/05/2021	B4	59	Mollelle	7897725	261046	GM
20/05/2021	B5	62	Villa Margarita	7896838	262895	GC
20/05/2021	B5	61	Barrio Bajo CESSA	7897765	262832	CL
20/05/2021	A5	63	Zona CESSA	7898107	262642	GC
21/05/2021	A2	53	Yurak Yaku	7898237	257745	GC
21/05/2021	A2	54		7899330	256745	GM
21/05/2021	A3	55	Vuelta Grande	7899114	258159	GC
21/05/2021	A3	56	Loma Grande	7898707	259390	CL
21/05/2021	B4	60	Villa Granada	7897355	260304	CL

Con los resultados del laboratorio de Suelos de BORDA de SUCRE se realiza la interpretación de resultados en base a la Clasificación Unificada de Suelos de los en sayos de penetración realizados (SPT).

Los resultados de laboratorio de mecánica de suelos BORDA de SUCRE, los registros de Investigaciones del Suelo de los puntos ensayados y la relación documental en fotografías de todos los sectores donde se realizó los ensayos de penetración, se presentan en Anexos

9.7.5. CLASIFICACIÓN GEOMECANICA DE BIENIAWSKI DEL MACIZÓ ROCOSO

Esta clasificación geo mecánica se basa en el índice RMR "Rock Mass rating", que da una estimación de la calidad del macizo rocoso, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Resistencia compresiva de la roca
- Índice de calidad de la roca RQD
- Espaciamiento de juntas
- Condición de juntas
- Presencia de agua
- Corrección por orientación

Estos factores se cuantifican mediante una serie de parámetros definiéndose unos valores para dichos parámetros, cuya suma, en cada caso nos da el índice del RMR que varía de 0-100.

Los objetivos de esta clasificación son:

- Determinar y/o estimar la calidad del macizo rocoso.
- Dividir el macizo rocoso en grupos de conducta análoga.
- proporcionar una base buena de entendimiento de las características del macizo rocoso.
- Facilitar la planificación y el diseño de estructuras en roca.

Se clasifican las rocas en 5 categorías. En cada categoría se estiman los valores de la cohesión y el Angulo de fricción interna del macizo rocoso (cuadro N° 6).

A continuación, se definen y valoran cada uno de los factores que intervienen en la clasificación.

- ✓ Resistencia compresiva de la roca

- ✓ Índice de calidad de la roca RQD
- ✓ Espaciamiento de juntas
- ✓ Condición de juntas
- ✓ Presencia de agua
- ✓ Corrección por orientación

Cuadro N° 6. Clasificación de los parámetros y sus valores

Parámetros		ESCALA DE VALORES						
Resistencia de la roca intacta	Carga Puntual	80 kg/cm²	40-80 kg/cm²	20-40 kg/cm²	10-20 kg/cm²	10 kg/cm²		
	A Compresión Simple	2000 Kg/cm²	1000 - 2000 Kg/cm²	500 - 1000 Kg/cm²	250 - 500 kg/cm²	100-250 kg/cm²	30-100 kg/cm²	10-30 Kg/cm²
VALOR		15	12	7	4	2	1	0
R.Q.D.		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	25%		
VALOR		20	17	13	8	3		
Espaciado de Juntas		3 m	1 - 3 m	0.3 - 1 m	50-300 mm	50 mm		
VALOR		30	25	20	10	5		
Condición de Juntas		Muy rugosas sin continuidad cerradas, Paredes de roca dura	Ligeramente rugosa < 1 mm. de separación Paredes de roca dura	Ligeramente rugosa < 1 mm. de separación Paredes de roca suave	Espejo de falla o relleno de espesor < 5mm ó abiertos 1-5mm FisurasContinuas	relleno blando de espesor < 5mm. ó abiertas <5 mm. fisuras continuas		
VALOR		25	20	12	6	0		
Aguas Subterráneas	Cant. Infiltracion 10 m. de túnel	Ninguna		25 litros/min	25-125 litros/min	>125 litros/min.		
	Presión de agua Esfuer. principal	Cero		0.0-0.2	0.2-0.5	0.5		
	Situación General	Totalmente Seco		Solo húmedo agua insterst.	Ligera presión de agua	Serios problemas de agua		
VALOR		10		7	4	0		

Cuadro N° 7. Determinación de la clase del macizo rocoso

Valor total del RMR	80-100	61-80	41-60	21-40	<20
Clase Numero	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy Bueno	Bueno	Medio	Malo	Muy Malo

En total se ejecutaron los ensayos de RMR en todos los afloramientos rocosos de cada cuadrante, por encontrarse tres tipos de formaciones, las areniscas del Ordovícico, las areniscas moscoviticas del Devónico

y las areniscas del cretácico, a continuación, se presentan una clasificación geomecánica de Bienieawski, de los ensayos realizados.

ANÁLISIS DEL PUNTO N° 1 DEL CUADRANTE F 6

Coordenadas: 20 k este 265986 20 k Sud 7888455 Altitud 2844 msnm

Valor total del RMR 64 puntos.

Determinación de la clase del macizo rocoso

Clase II Bueno En rocas ordovícicas.

Cuadro N° 8. Clasificación geomecánica de Bieniawski

Clasificación Geomecánica de Bieniawski cuadrante F 6

Punto	Coordenadas		
	Este	Norte	Cota
1	20k 265986	20k 7888455	2844

Resistencia compresiva	RQD	Espaciamiento de Juntas					Condicion de Juntas																		Presencia de Agua			
Mediante el martillo de Schmidt de Dureza	cálculo en funcion del Nº de fisuras	Muy ancho	Ancho	Moderadamente cerrado	Cerrado	Muy Cerrado	Apertura				Tamaño	Rugosidad					Dureza de los labios de la discontinuidad			Relleno					Seco	Húmedo	Agua presion moderada	Agua presion fuerte
		> 3m	1-3m	0.3-1m	50-300mm	< 50mm	Abierta > 5 mm	Moder abierta 1-5mm	Cerrada 0,1-1 mm	Muy cerrada < 0,1 mm		Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Suave	Espejo de falla	Dura	Media	Blanda	Espesor	Tipo de material	Consistencia	Continuidad				
		Solido	Masivo	En Bloques	Fracturado	Macahcado																						
Resultados																												
505,51	82				x			x			<3mm	x					x					x		x			
Valores																												
7	17	10					20																		10			

Valor Total del RMR 64 puntos	
Determinacion de la clase del macizo rocoso	
Clase II	**Bueno**

Figura N° 13. REPORTE FOTOGRAFICO DE LOS RMR

Además de esta estos resultados obtenidos se han recurrido a todo el conocimiento que uno tiene del área en base a los estudios realizados y la recopilación de información obtenida de las distintas obras que se realizan en la ciudad.

En todo lo anterior, hemos tratado la descripción del terreno aludiendo a sus características intrínsecas como son su litología, morfología, permeabilidad, etc.

Sin embargo, al tratar sus características geotécnicas, determinando las constantes mecánicas y geotécnicas, sino apreciando cualitativamente, capacidad de carga, asientos, estabilidad, y otros efectos causados por la acción de las obras que en él se realicen, y por las estructuras que en él se apoyen. Surge el problema de que éstos últimos efectos y propiedades, no son exclusivamente dependientes del terreno, sino que tanto desde el punto de vista práctico como teórico dependen también de la propia obra o estructura, de su rigidez, de

su geometría, y sobre todo de las características y dimensiones de su cimentación.

Teniendo en cuenta lo anterior, será posible ponderar adecuadamente el alcance de la descripción geotécnica de las distintas áreas que a continuación se expone, en la que evidentemente no se intenta suministrar datos de aplicación directa, sino reflejar el ambiente geotécnico general de cada una.

9.7.6. SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES

Para el siguiente trabajo se ha empleado el método de Resistividad Eléctrica en su variante Sondaje Eléctrico Vertical (SEV), utilizando la configuración electródica Schlumberger de cuadrípolo simétrico lineal, (AB-MN) ampliamente usado en estudios Geotécnicos e Hidrogeológicos.

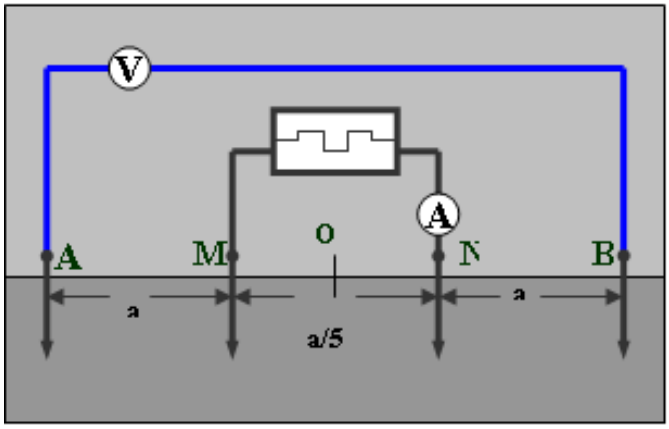


Figura 14. Esquema de Montaje Método Schlumberger

Fundamento del Método.

Los principios de la prospección geo eléctrica son aplicados desde mucho tiempo a la hidrogeología para determinar la geometría y las características del subsuelo.

El agua contenida en los poros de las rocas de los suelos es el elemento fundamental de las medidas de la resistividad, donde los diferentes horizontes están diferenciados por el contenido del agua y a la mineralización de la misma, especialmente por el contenido de sus sales.

Teoría del Sondeo Eléctrico Vertical.

El sondaje eléctrico vertical, permite evaluar a partir de la superficie del terreno y en dirección, perpendicular a ella, la distribución de las diferentes capas geo eléctricas, es decir permite determinar los valores de resistividad y espesor correspondiente a cada capa.

La labor de campo se realizaron 7 ensayos a solicitud de Supervisión en los puntos definidos por ellos, donde se estimó por conveniente realizar los sondeos eléctricos verticales, a fin de obtener un corte geo eléctrico o tomografía eléctrica transversal, el cual nos permita identificar y diferenciar los diferentes materiales existentes

Para tal efecto se procedió a instalar el equipo geofísico y extender cables AB/2 igual a 200.00 metros de longitud con dirección de línea N - S, esto con el fin de llegar a identificar las características resistivas del subsuelo hasta más de los 105.00 metros de profundidad, presentamos un ensayo para ilustrar el trabajo realizado.

Sondeo Eléctrico Vertical 2 (SEV- 2).

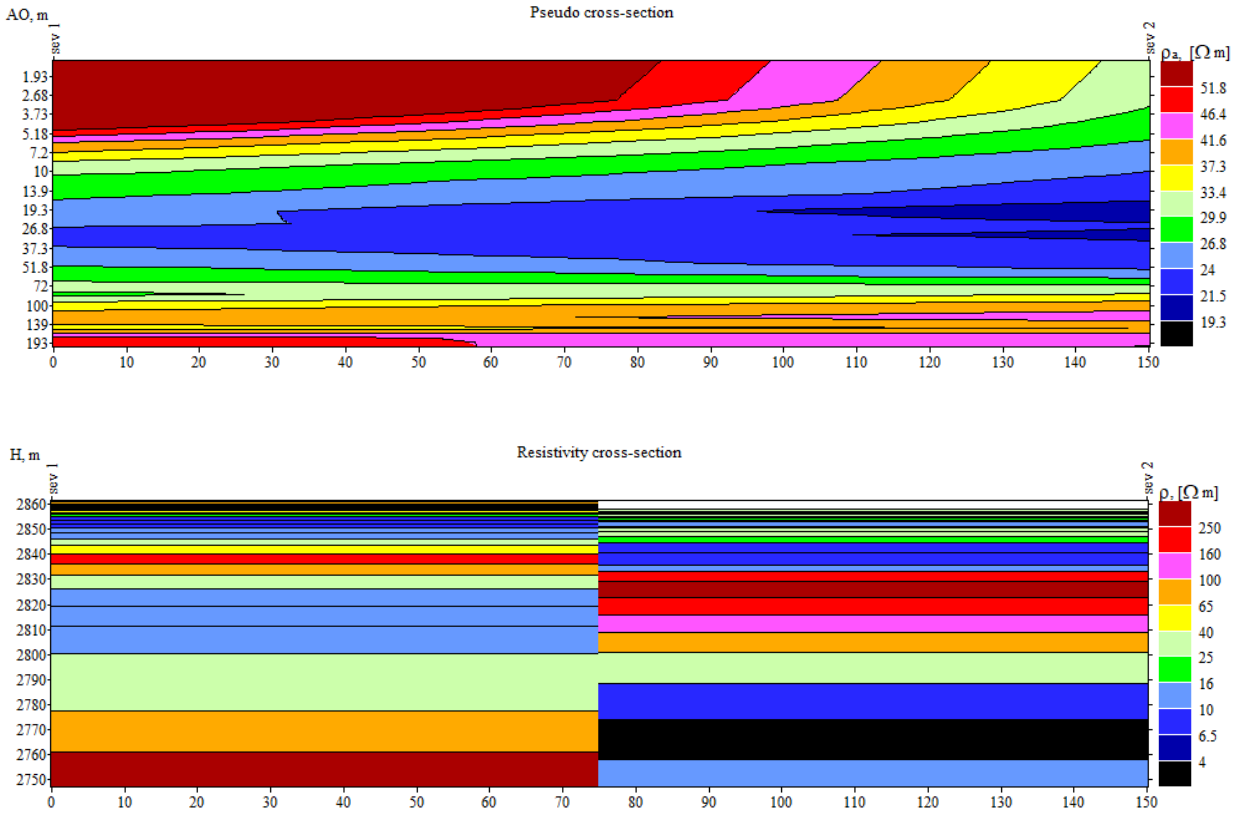
Figura 15. SEV-2 Sector Sur Vía de Acceso

FIGURA N3. RESUMEN GRAFICO DEL CORTE GEOELECTRICO 1

Corte A – A’

Departamento	Chuquisaca		Nombre de la línea	No.1	
Provincia	Oropeza		Longitud (m)	150.00	
Municipio	Sucre		Dirección	N – S	
Localidad	Zona Kora Kora		Espac. Electrodos	150.00 metros	
Coordenadas (SEV - 1)	Norte	7888692.000	Coordenadas (SEV - 2)	Norte	7888545.000
	Este	265991.000		Este	265990.000
	Altitud	2861.000 m.s.n.m.		Altitud	2858.000 m.s.n.m.

Sección Longitudinal A – A’



INTERPRETACIÓN CROSS SECTION

Primer Horizonte, Colores Grises y Azules Oscuros a Claros, representan a materiales superficiales cuaternarios coluvio aluviales y rocas ordovícicas fracturadas relativamente húmedos.

Segundo Horizonte, Colores Café Rojizos a Rosáceos Claros y Oscuros, representan a secuencias rocosas ordovícicas, compuestos por una intercalación de lutitas, limolitas y areniscas relativamente fracturadas y alteradas secas.

Tercer Horizonte, Colores Verdosos a Azules Claros y Oscuros, representan a secuencias rocosas ordovícicas compuestos por una intercalación de lutitas y limolitas fracturadas y alteradas húmedas.

CUADRO GEOFISICO DE INTERPRETACION SEV - 1

SECTOR NORTE VIA DE ACCESO PLANTA KORA KORA

Curva de Resistividades	Cuadro de Resistividades

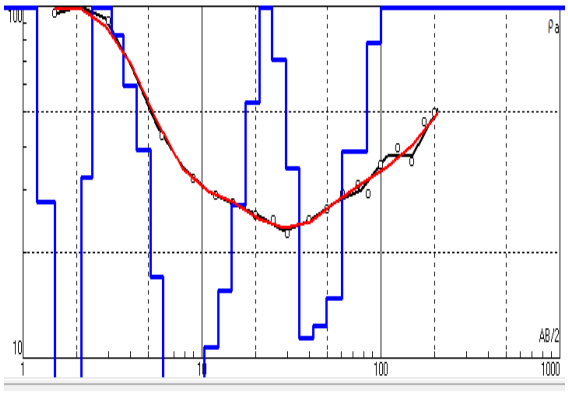


Grafico Nº 1

N	ρ	h	d	Alt
1	79	0.75	0.75	2860
2	570	0.181	0.931	2860
3	199	0.266	1.2	2860
4	27.8	0.304	1.5	2859
5	2.95	0.277	1.78	2859
6	8.35	0.333	2.11	2859
7	32.7	0.338	2.45	2859
8	146	0.681	3.13	2858
9	82.7	0.503	3.63	2857
10	59.3	0.693	4.33	2857
11	39.2	0.825	5.15	2856
12	17	0.924	6.07	2855
13	8.02	1.23	7.3	2854
14	7.14	1.39	8.69	2852
15	8.32	1.66	10.4	2851
16	10.7	1.97	12.3	2849
17	15.5	2.35	14.7	2846
18	27.3	2.8	17.5	2844
19	53.3	3.6	21.1	2840
20	238	3.66	24.7	2836
21	70.3	4.75	29.5	2832
22	34.5	5.48	35	2826
23	11.4	6.83	41.8	2819
24	12.4	7.97	49.8	2811
25	14.8	11	60.8	2800
26	38.7	22.7	83.5	2778
27	78.3	16.6	100	2761
28	5316			

Cuadro Nº 1

Sev-2 Sector Sur.

El sondeo 2 realizado sobre el sector Sur de la vía de acceso, superficialmente presenta resistividades entre 8 y 60 Ohm*m, los mismos representa a material coluvial superficial compuesto por clastos de roca y grava en matriz limo arcilloso húmedos en la parte inferior hasta los 1.50 metros de profundidad para luego dar paso a resistividades de 15 y 33 Ohm*m, los mismos representan a una secuencia lutitas fracturadas y alteradas húmedas hasta los 11.00 metros de profundidad para luego identificar resistividades bajas de 8 y 17 Ohm*m, identificando a secuencias de lutitas muy fracturadas y alteradas considerablemente húmedas hasta los 25.00 metros de profundidad, posteriormente se advierte resistividades altas de 78 y 538 Ohm*m, identificando a una intercalación de areniscas y limolitas fracturadas relativamente secas hasta los 57.00 metros de profundidad para luego pasar a resistividades un tanto bajas de 26 Ohm*m, representados por lutitas fracturadas y alteradas considerablemente húmedas hasta los 70.00 metros de profundidad y por ultimo infra yaciendo detectar resistividades bajas de 0.20 y 9 Ohm*m, representando a lutitas muy fracturadas y alteradas blandas posiblemente saturadas de agua hasta más de los 100.00 metros de profundidad.

En resumen, luego del análisis realizado al corte geo eléctrico obtenido se puede ver que el sector Sur donde se realizó el Sev-2 presenta materiales rocosos pelíticos lutiticos fracturados y alterados en profundidad posiblemente debido a la presencia de una falla próxima al sector intervenido.

Conclusiones y Recomendaciones

El presente trabajo geofísico realizado mediante 2 sondeos eléctricos verticales a lo largo de la sección longitudinal de la vía de acceso y luego de los resultados obtenidos, nos ha permitido llegar a las siguientes conclusiones y recomendaciones.

Según el corte geo eléctrico longitudinal N - S, realizado mediante la interpolación de los puntos de sondeo eléctrico vertical 1 y 2, ejecutados sobre el eje de la vía de acceso, y según resultados de la interpretación geofísica, se ha podido detectar la presencia de materiales litológicos que van desde el cuaternario coluvial reciente al ordovícico.

En el sector Norte de la vía de acceso, según interpretaciones del sondeo geofísico (Sev-1), se ha podido detectar la presencia de materiales litológicos coluviales superficiales hasta los 2.20 metros de profundidad para luego pasar a secuencias rocosas ordovícicas compuestos por una intercalación de estratos pelíticos y psamíticos fracturados y alterados con presencia de humedad considerable desde los 7.00 a 15.00 metros de profundidad y desde los 35.00 a 61.00 metros de profundidad dentro de los macizos rocosos fracturados de lutitas que infra yacen a las secuencias duras de areniscas y limolitas.

En el sector Sur de la vía de acceso, según interpretaciones del sondeo geofísico (Sev-2), se ha podido detectar la presencia de materiales litológicos coluviales superficiales hasta los 1.50 metros de profundidad para luego pasar a secuencias rocosas ordovícicas compuestos por una intercalación de estratos pelíticos y psamíticos fracturados y alterados con presencia de humedad considerable desde los 10.00 a 25.00 metros de profundidad y desde los 65.00 a 100.00 metros de profundidad dentro de los macizos rocosos fracturados de lutitas que infra yacen a las secuencias duras de areniscas y limolitas. Ver en el Anexo N° 3 los perfiles y el estudio completo.

9.7.7. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS DE CIMENTACIÓN

Para tomar en cuenta los efectos del suelo de cimentación en la respuesta sísmica de la estructura, los suelos de fundación se clasifican en base a su mínima capacidad portante admisible determinada por un ensaye SPT. Se clasifican de la siguiente manera:

- **SUELOS FIRMES**

Suelos Tipo S1.-

Suelo Firme, capacidad portante adm _> 3.0 kg/cm2

Son suelos compuestos por roca firmes y formaciones similares, también suelos compuestos por gravas y arenas muy densas y compactas, e incluso suelos cohesivos muy duros.

- **SUELOS INTERMEDIOS**

Suelos Tipo S2.-

Suelo Intermedio, capacidad portante 2.0 kg/cm2 _< adm < 3.0 kg/cm2

Son suelos compuestos por gravas y arenas medianamente densas y compactas también suelos cohesivos firmes.

- **SUELOS BLANDOS**

Suelos Tipo S3.-

Suelo Blando, capacidad portante 0.5 kg/cm2 _< adm < 2.0 kg/cm2

Son suelos compuestos por gravas y arena poco densos y poco compactos, también suelos cohesivos semiduros y blandos.

Suelos Tipo S4.-

Suelo Rellenos, capacidad portante Adm < 0.5 kg/cm2

Son suelos como su nombre lo indica rellenos: sanitarios, poteos, sedimentación de embalses y otros. Compuestos por toda clase de materiales sin compactar, desechos de la construcción hasta orgánicos, materiales finos, etc.

Suelos actualmente utilizados como áreas forestales Tipo K

Suelo Firme, capacidad portante adm _> 3.0 kg/cm2

Son suelos compuestos por roca firmes y formaciones similares, también suelos compuestos por gravas y arenas muy densas y compactas, e incluso suelos cohesivos muy duros. (Areniscas del Cretácico)

Ver en Anexo Nº1 plano Geotécnico

9.8. SISMOTECNIA

La zona de estudio en general está afectada por varios tipos de fallas regionales que a la vez ocasionaron fallas longitudinales mayores, existe variación notoria en los rumbos de los estratos con los rumbos de las estructuras mayores de sinclinales y anticlinales.

La falla principal, se encuentra ubicada al este de la zona de estudio y corresponde al fallamiento de Aiquile, zona sísmica activa.

También es notoria la actividad sísmica en la zona de Ravelo, la que según el observatorio San Calixto corresponde a una zona 2; parámetro intermedio entre perturbaciones medias a pequeñas.

La ciudad de Sucre que es considerada una zona de sismicidad significante. Según registros sísmicos, desde 1850 al presente se registraron sismos fuertes que culminaron con el terremoto de 1948 con daño y destrucción de edificaciones según la escala de Mercalli modificada de intensidad 6.

Los terremotos más fuertes que afectaron a la ciudad de Sucre, sin duda fueron el terremoto del 10 de noviembre de 1850 (magnitud 6.4); y el terremoto del 27 de marzo de 1948 (magnitud 6.1).

De acuerdo a lo mencionado anteriormente la zona en general se encuentra afectada e influenciada por el sistema de fallamiento longitudinal, con zonas potenciales de actividad sísmica. (Es necesario tomar en cuenta este factor sísmico para el diseño de obras civiles dentro el radio urbano de la ciudad de Sucre).

Según las investigaciones del Ing. Á. Vega Benavides, en el estudio de probabilidad (%) de ocurrencia de sismos, terremotos de magnitud mayor a 5.5 e intervalo de 30 años, la ciudad de Sucre tendría una ocurrencia de 6.4, siendo la más alta en Bolivia a excepción de Tarija.

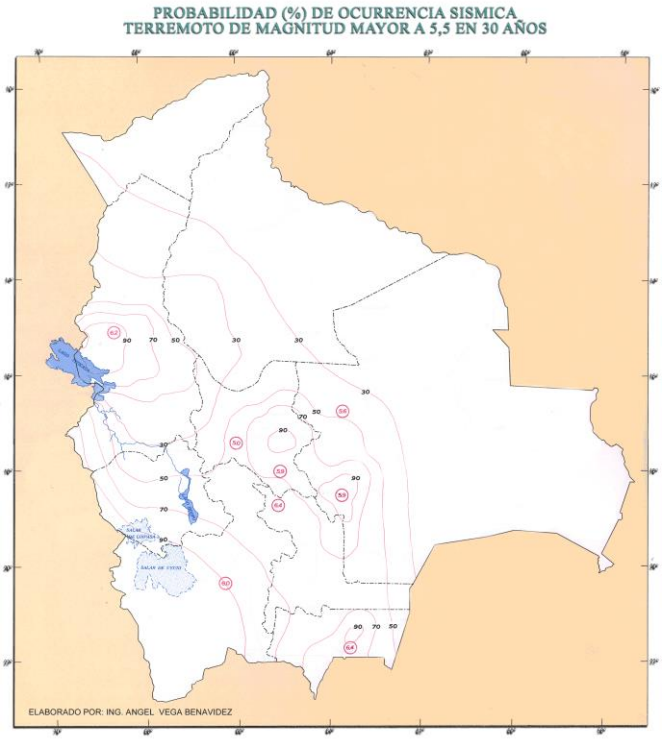


Figura 16. Mapa de probabilidad de ocurrencia sísmica

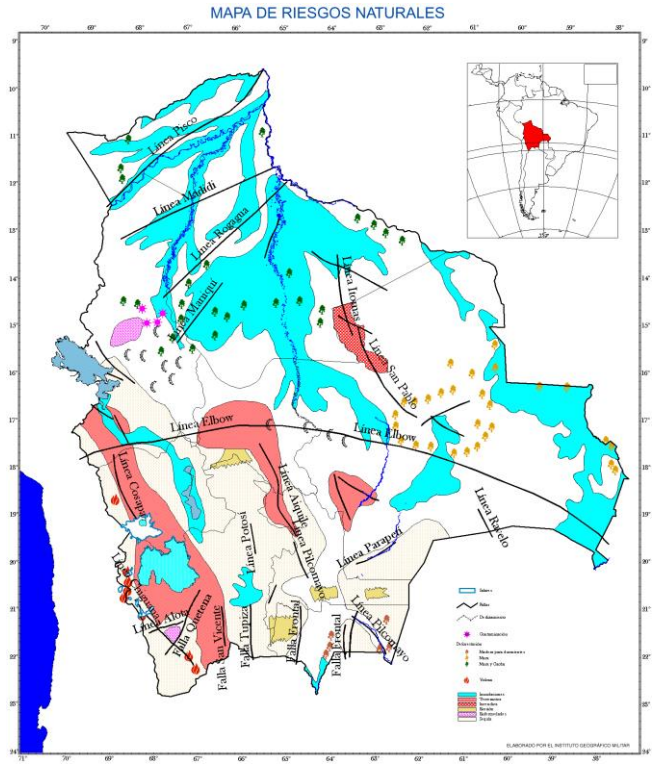


Figura 17. Mapa de riesgos naturales

Según el mapa de riesgos naturales de Bolivia la ciudad de Sucre estaría afectada por el área de influencia del lineamiento de la falla de Aiquile (terremotos), ver mapa de riesgos de Bolivia.

9.8.1. ACELERACIONES SÍSMICAS

Para el diseño de obras de ingeniería se emplean las máximas intensidades Sísmicas (aceleraciones). Las intensidades sísmicas se basan en los daños causados por los terremotos.

Donde "Ac (h)" representa la aceleración sísmica horizontal, "Io" la máxima intensidad sentida en la zona epicentral (escala de Mercalli modificada).

Cuadro N° 9. Aceleración sísmica

INTENSIDAD	ACELERACIÓN
V	**32.36**
VI	**64.56**
VII	**128.82**
VIII	**257.04**

De acuerdo a Ceresis 1995 según el mapa de aceleraciones (Ver Figuras Siguientes) se tiene:

Aceleración para la ciudad de Sucre	100 cm/s^2 en 50 años

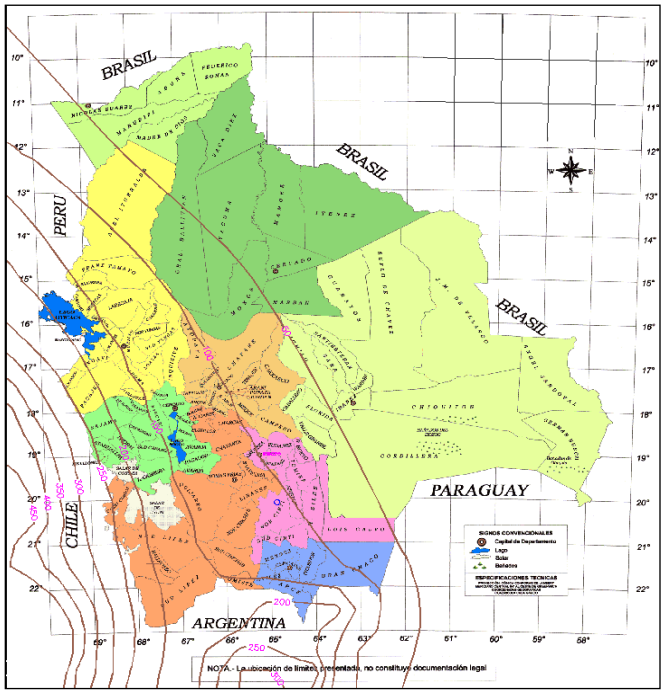


Figura 18. Mapa de aceleración sísmica

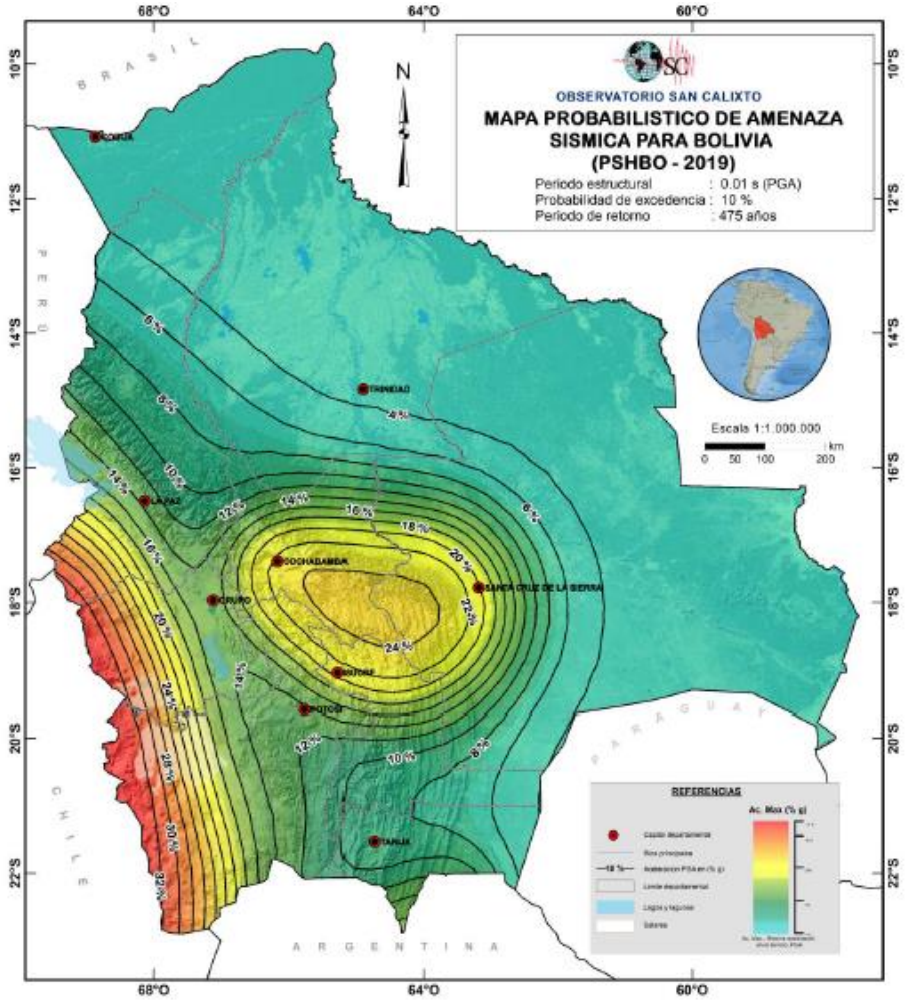


Figura 19. Mapa probabilístico de amenaza Sísmica para Bolivia

Lo último publicado por el observatorio de san Calixto fue el mapa probabilístico de amenaza sísmica para Bolivia.

El ultimo sismo registrado en Chuquisaca fue en la zona de Zudáñez el 23 de marzo del 2021 con una magnitud de 5.3 grados en la escala Richter a horas 10h.17m.13seg y una profundidad de 609 km, el cual tiene que haber sido sentido en Sucre, en línea recta Zudáñez está a 55 km de la ciudad de Sucre.

ACELERACIÓN SÍSMICA DE BOLIVIA

El radio urbano de la ciudad de Sucre corresponde aproximadamente a una clasificación del tipo 6 (Ao/g= 0.10). En el mapa siguiente se muestra también los hipocentros regionales.

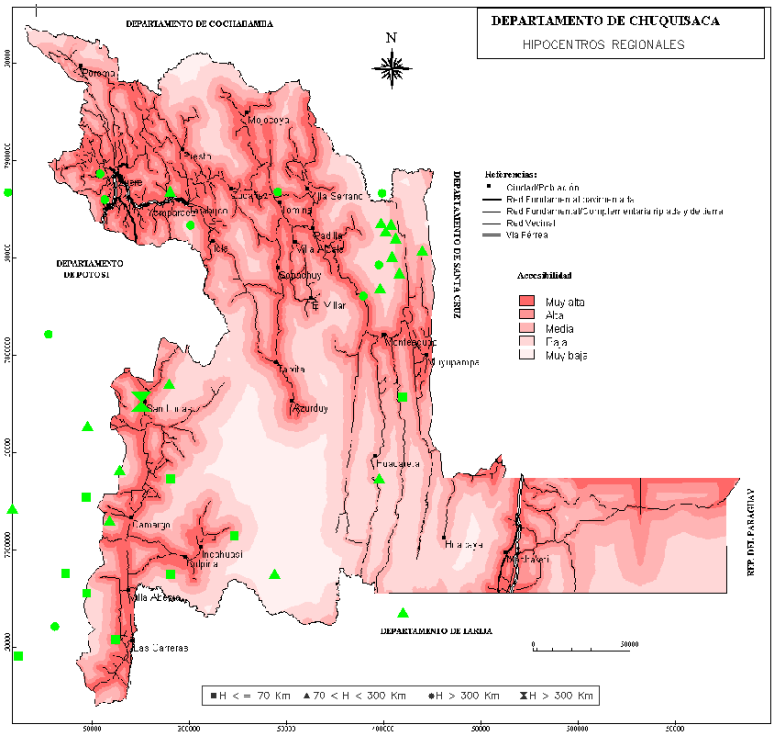


Figura 20. Mapa hipocentros regionales de Chuquisaca

El epicentro para los terremotos que se puedan dar en Sucre estará a más de 300 km.

En nuestro país estos movimientos sísmicos son continuamente registrados por el Observatorio de San Calixto, llegando al número promedio de aproximadamente 1000 sismos por año, lo cual es una buena medida de la intensa actividad sísmica del país, afortunadamente la gran mayoría de estos movimientos son leves y casi imperceptibles, lo cual no significa que en cualquier instante se produzcan sismos de gran magnitud.

Las principales generadoras de sismos en Bolivia son:

La zona central de Bolivia (Cochabamba, Chuquisaca, parte de Santa Cruz y Tarija) que manifiesta sismos de tipo superficiales, muy destructores, no tanto por su magnitud, sino por su poca profundidad.

Sin embargo, se puede considerar a Bolivia como una región de sismicidad moderada, más que por el número de sismos, que son muchos, por sus relativamente bajos efectos. Las magnitudes máximas e intensidades sentidas no son muy fuertes, pero en contrapartida la vulnerabilidad es muy alta, por lo que el riesgo sísmico es elevado.

La vulnerabilidad es alta ya que la gran mayoría de las construcciones no está preparada para soportar acciones sísmicas, esto ha sido demostrado varias veces en la historia sísmica de Bolivia, cuando los sismos han ocasionado mucha destrucción en distintas partes de Bolivia.

10. ANALISIS HIDROLOGICO

Para el análisis hidrológico de riesgos de la ciudad de Sucre, se ha estudiado en primera instancia las características de la cuenca realizando el procesamiento de los datos obtenidos tanto de imágenes satelitales como de información proporcionada por las instancias correspondientes y discretizando la información digital con que se cuenta, y luego se ha revisado los ensayos de permeabilidad realizados por el especialista en geología y geotecnia, resultados que se encuentran en los análisis separados de cada cuadrante de la ciudad de Sucre.

10.1. Análisis Hidrológico

Se ha procesado a partir de los datos obtenidos en campo como de la información digital que se pudo recabar sobre este cuadrante partiendo desde la ubicación geográfica.

Por otro lado, a partir del modelo digital de elevaciones DEM obtenido a partir de las imágenes satelitales, en el caso particular de los treinta y siete cuadrantes, para las zonas geográficas ASTGTM2 S19W066 y S20W066 se ha realizado la unión para obtener un modelo único que representa el área completa de análisis de la ciudad de Sucre. El análisis y procesamiento de la información se ha realizado mediante el software ArcGIS el cual consiste en delimitar el área de análisis a partir del Raster DEM (fig. 2a), rellenar los vacíos de manera digital (fig. 2b), encontrar la dirección del flujo (fig. 2c), la acumulación del flujo (fig. 2d) y la generación de las cuencas (fig. 2e). Cabe destacar que en toda el área que comprende los 37 cuadrantes se forman una gran cantidad de áreas de las que solo se tomaran en cuenta las más grandes para el análisis principal mientras que para las demás cuencas menores se realizara el análisis de las

cuencas por separado en el análisis separado para cada cuadrante. De este resultado se generan las redes hídricas que corresponden a las subcuencas de este cuadrante (fig. 2f).

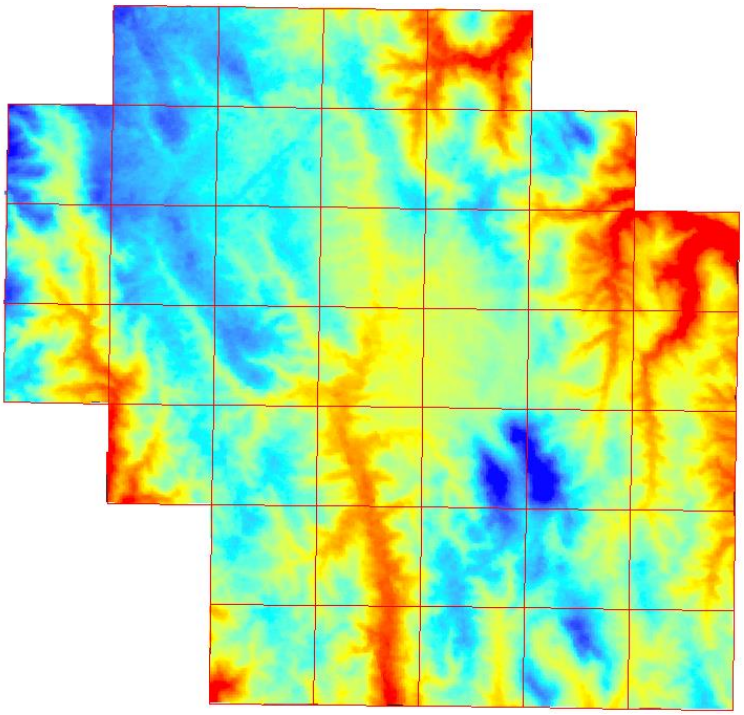


Figura 2.a. Delimitación del área de análisis de los 37 cuadrantes.

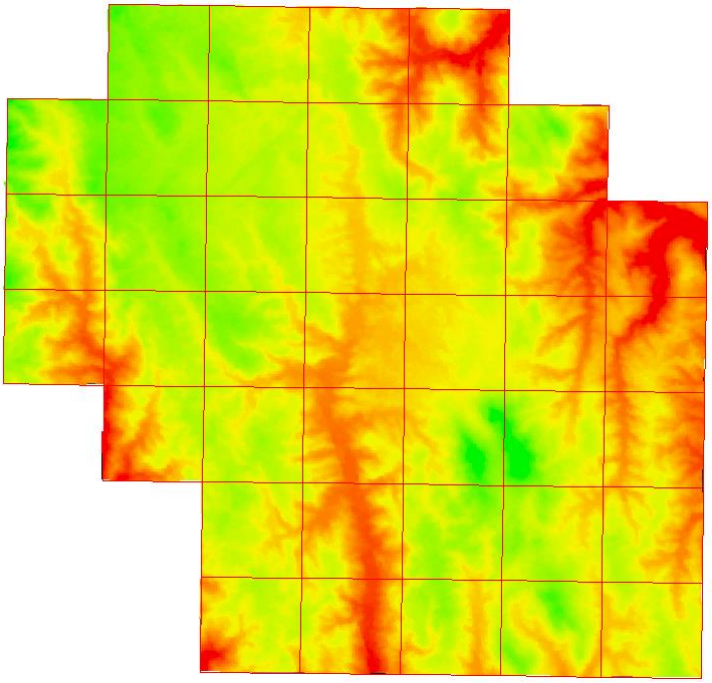


Figura 2.b. Relleno de vacíos de las cuencas que forman el área de análisis

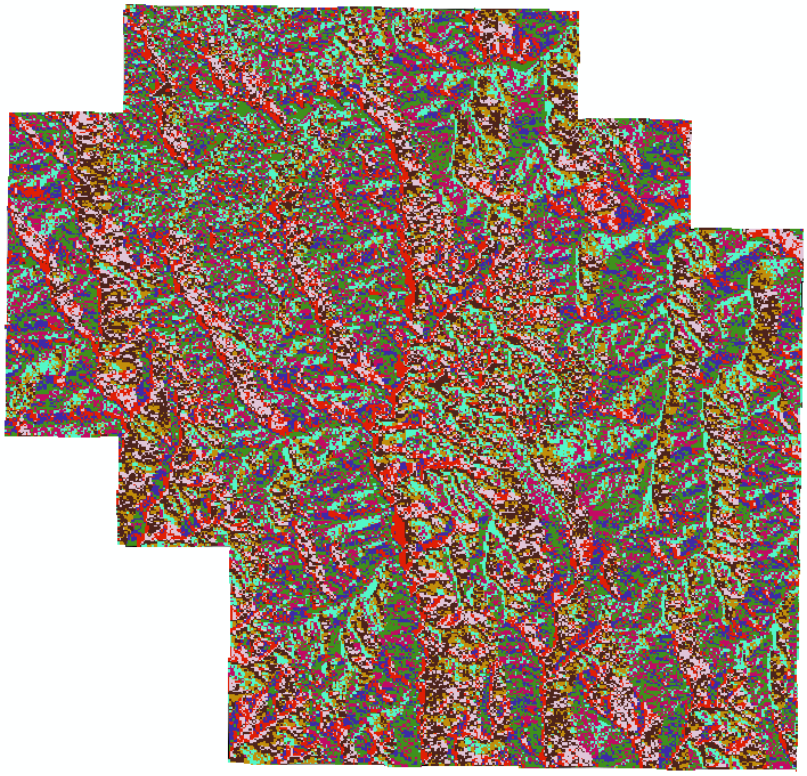


Figura 2.c. Dirección del flujo del área de análisis

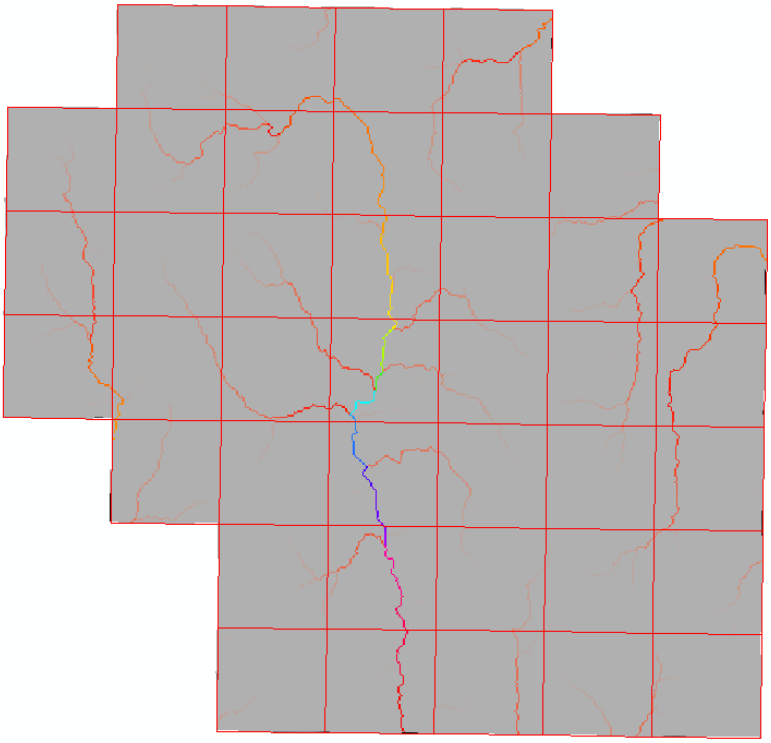


Figura 2.d. Acumulación del flujo para los 37 cuadrantes

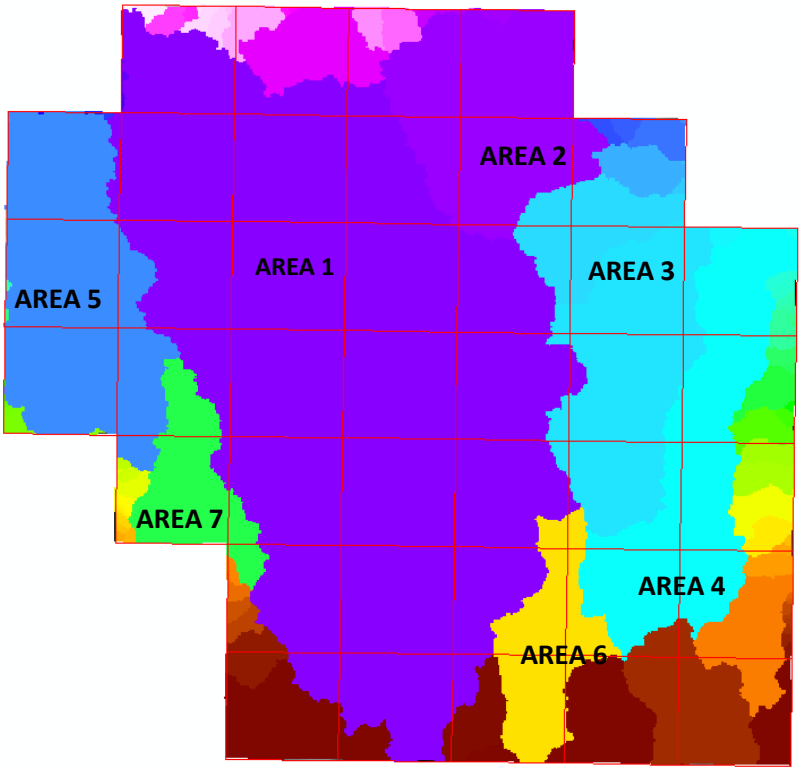


Figura 2.e. Cuencas principales ubicadas en el área de análisis de la ciudad de Sucre

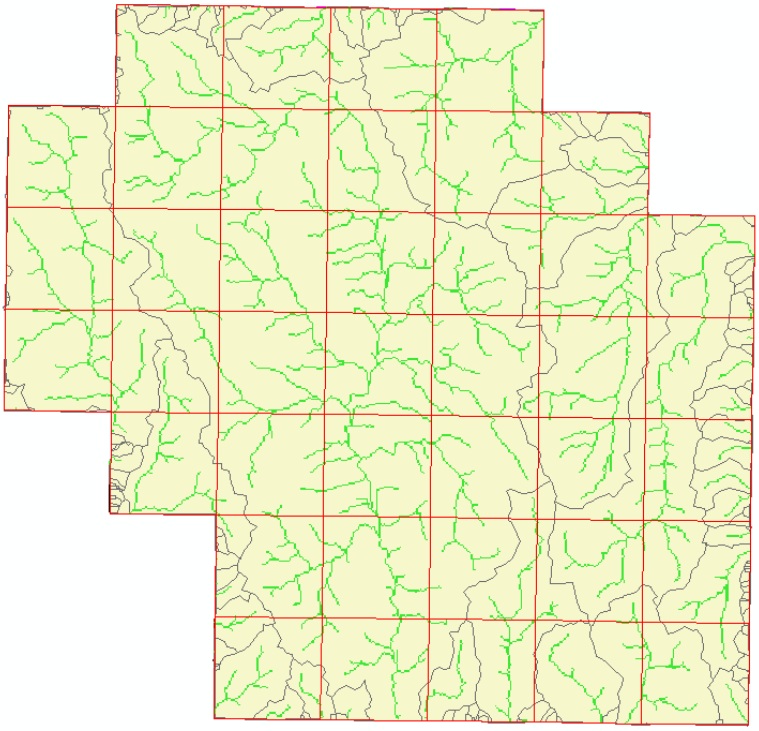


Figura 2.f. Red hídrica principal de las áreas de análisis

Figura 21. Análisis hidrológico

A partir de este análisis se pueden calcular los parámetros de las cuencas con los que se procedió a obtener los datos de la tabla siguiente:

Tabla N° 10. Parámetros de las cuencas

ID	Área	Perimetro	Hmax	Hmin	Dif	Long	Pdte	Tc	Lag
	km2	km	m	m	m	m	m/m	min	min
Área 1	67.68	46.06	3115.33	2610.14	505.19	21077.62	0.024	175.07	105.04
Área 2	11.51	15.67	2978.00	2582.80	395.20	5814.54	0.068	43.48	26.09
Área 3	10.70	17.60	3142.10	2567.07	575.03	6161.81	0.093	40.24	24.14
Área 4	12.26	23.87	3142.10	2486.00	656.10	6819.00	0.096	43.00	25.80
Área 5	14.24	20.05	3104.92	2596.00	508.92	7645.76	0.067	54.12	32.47
Área 6	5.29	13.64	3140.35	2732.25	408.10	4758.27	0.086	34.07	20.44
Área 7	4.51	12.91	2951.64	2611.00	340.64	3436.34	0.099	25.08	15.05

A partir de los datos de la cuenca se realizó el procesamiento de los datos de las precipitaciones máximas para obtener el hietograma desde las curvas intensidad duración frecuencia de la figura 13, y se ha obtenido el hietograma mostrado en la figura 14, para un periodo de retorno de 50 años

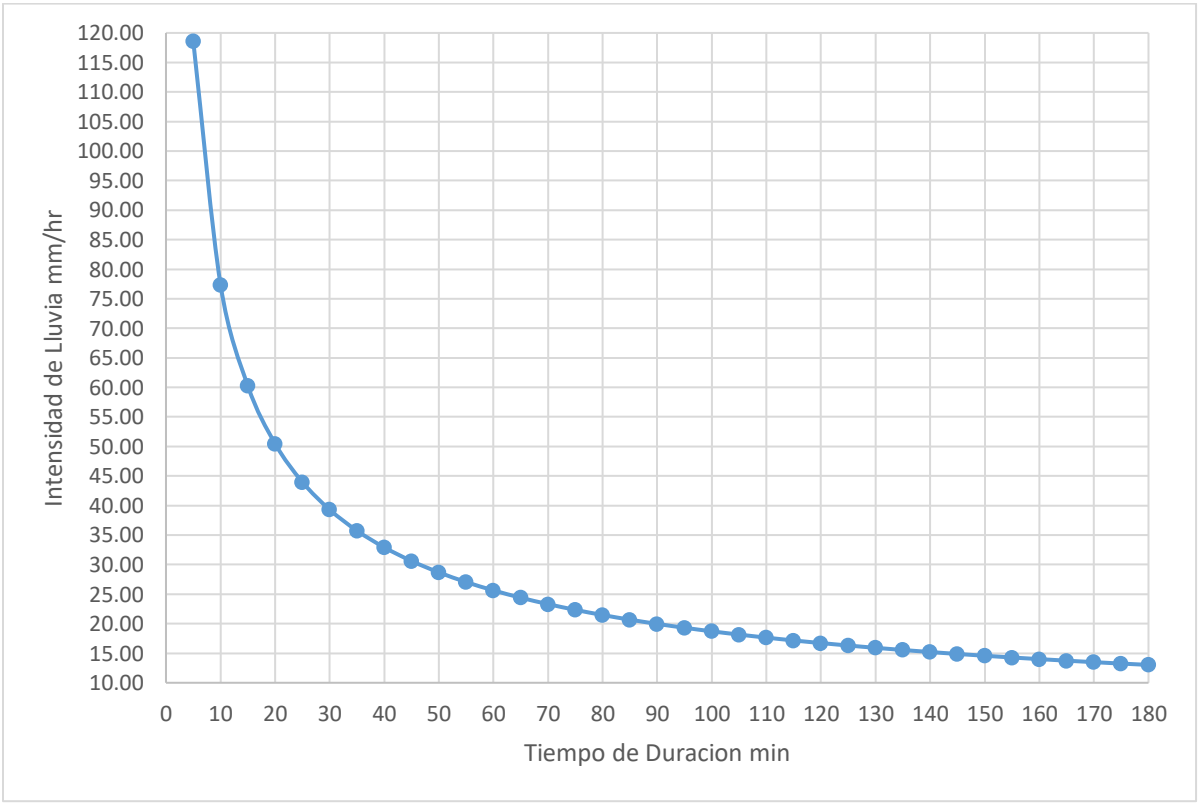


Figura 22. Curva IDF para un periodo de retorno de 50 años

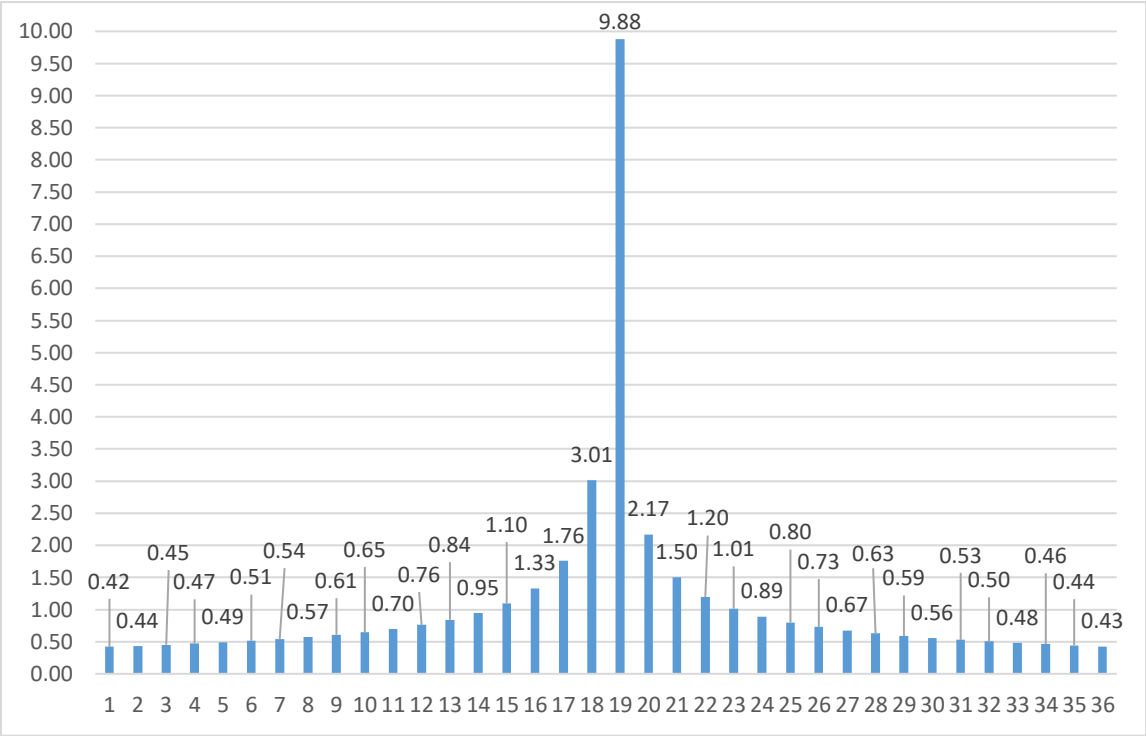


Figura 23. Hietograma en función de las curvas intensidad – Duración – Frecuencia

Se ha utilizado el programa de análisis HEC HMS para realizar el análisis de las cuencas principales y, para de esta manera, obtener los hidrogramas de crecidas para las cuencas principales.

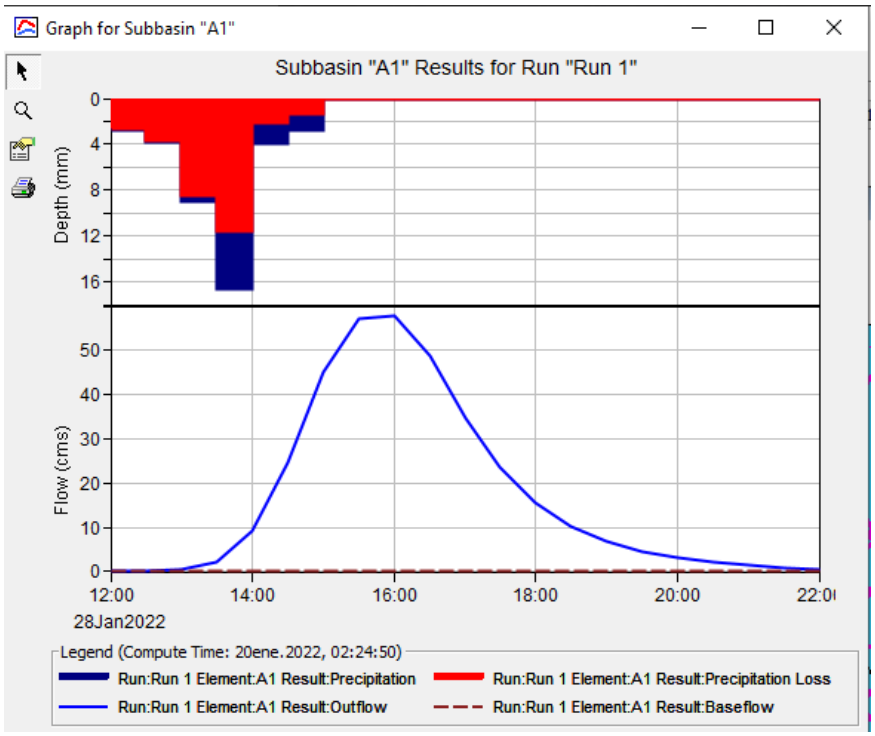


Figura 5.a. Hidrograma resultante del análisis de la cuenca 1

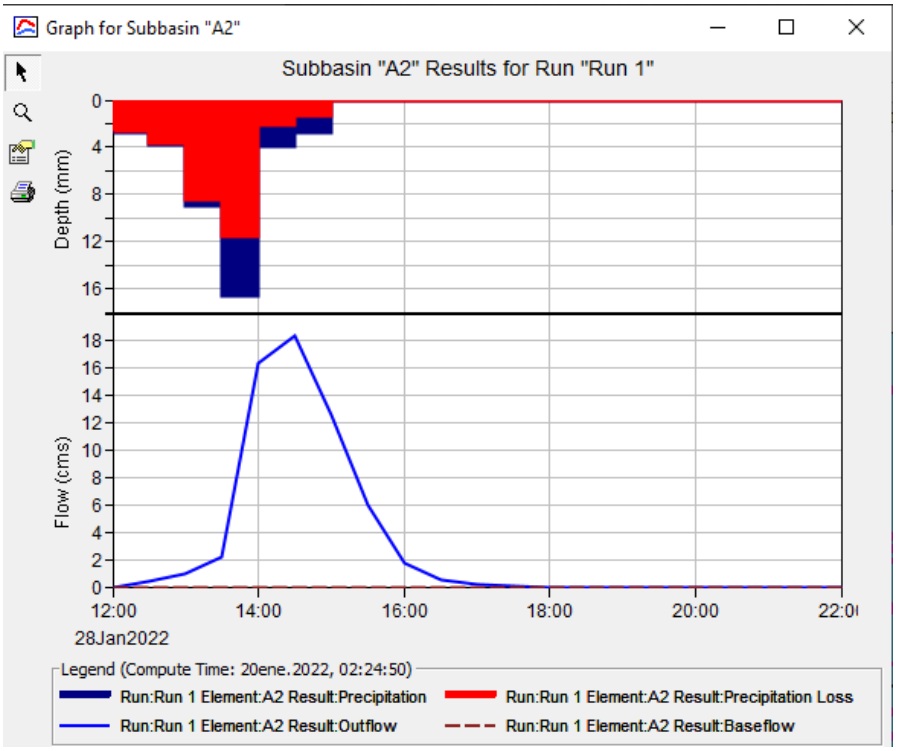


Figura 5.b. Hidrograma resultante del análisis de la cuenca 2

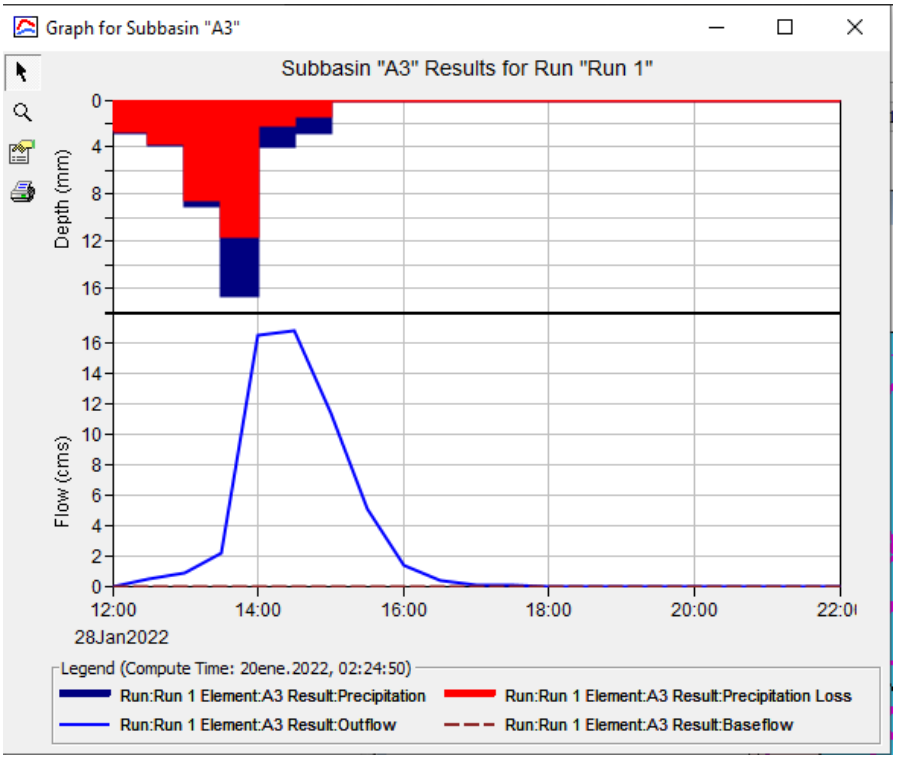


Figura 5.c. Hidrograma resultante del análisis de la cuenca 3

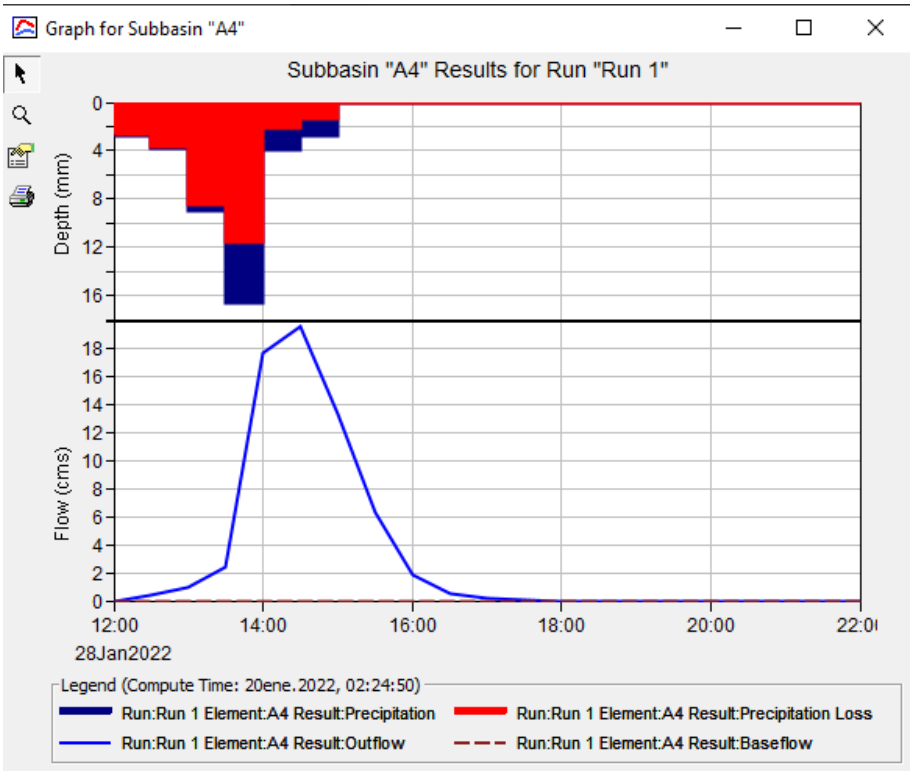


Figura 5.d. Hidrograma resultante del análisis de la cuenca 4

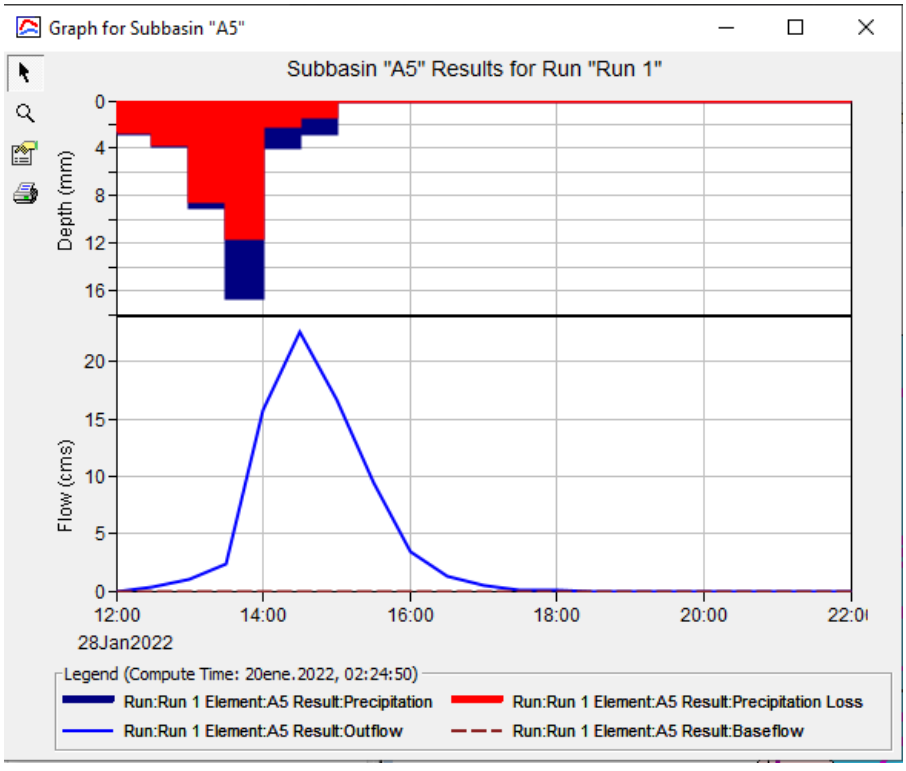


Figura 5.e. Hidrograma resultante del análisis de la cuenca 5

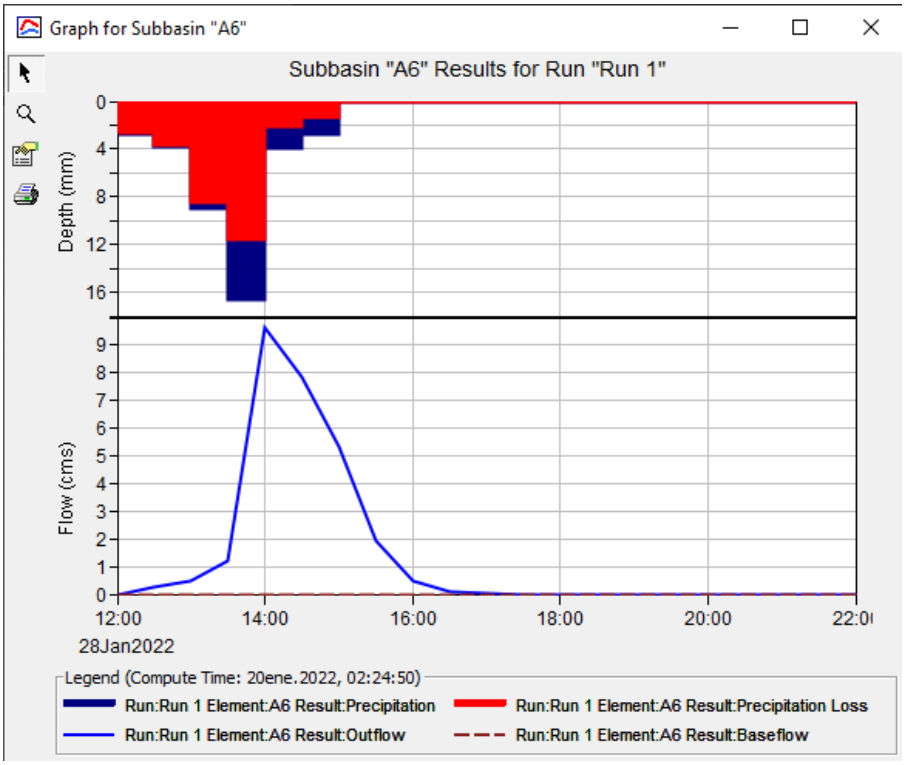


Figura 5.f. Hidrograma resultante del análisis de la cuenca 6

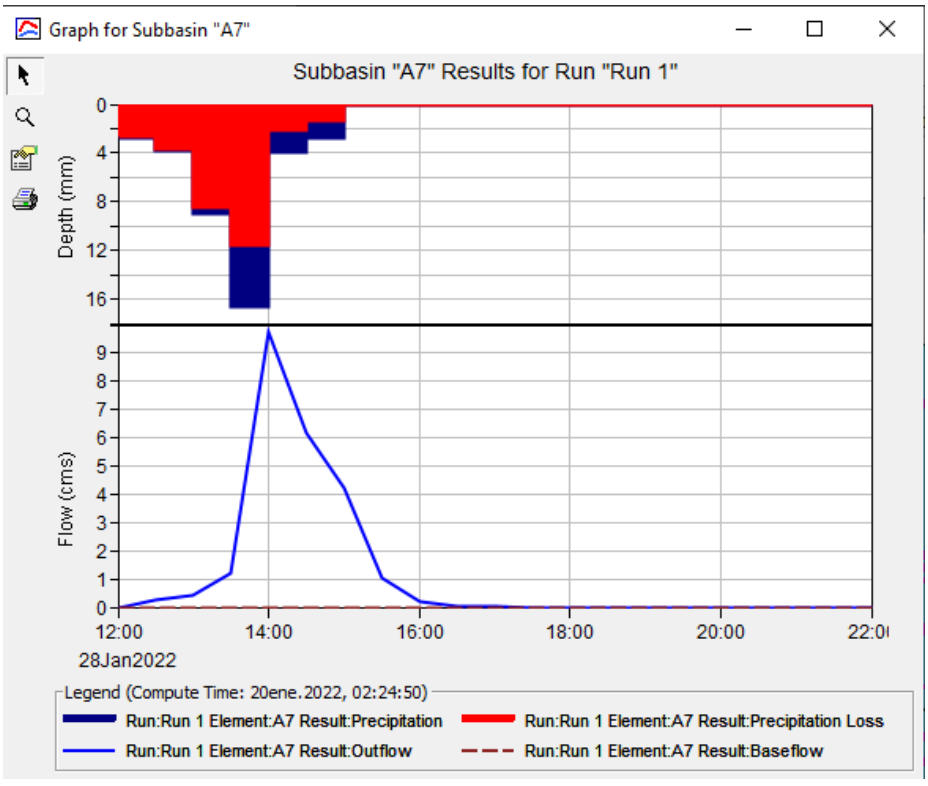


Figura 5.g. Hidrograma resultante del análisis de la cuenca 7

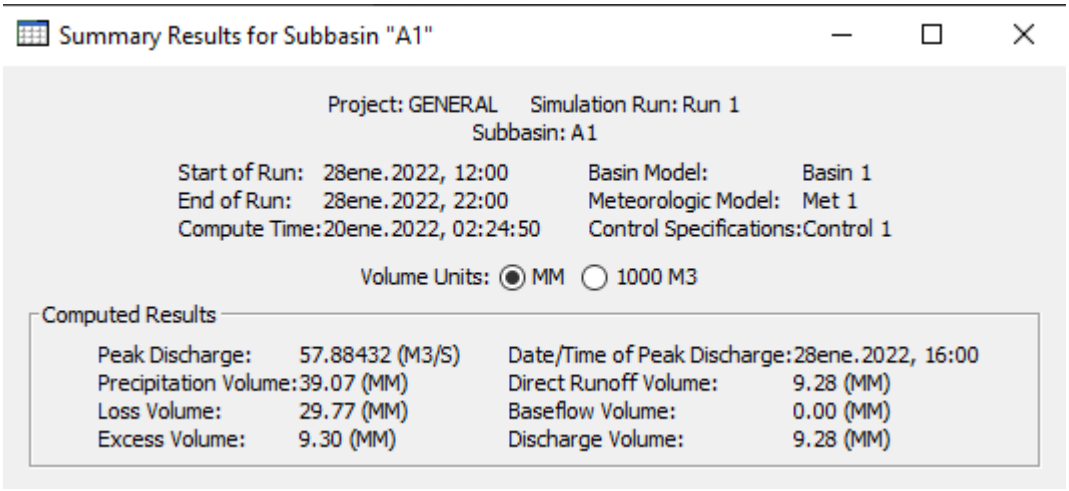


Figura 6.a. Resumen Análisis de la cuenca 1

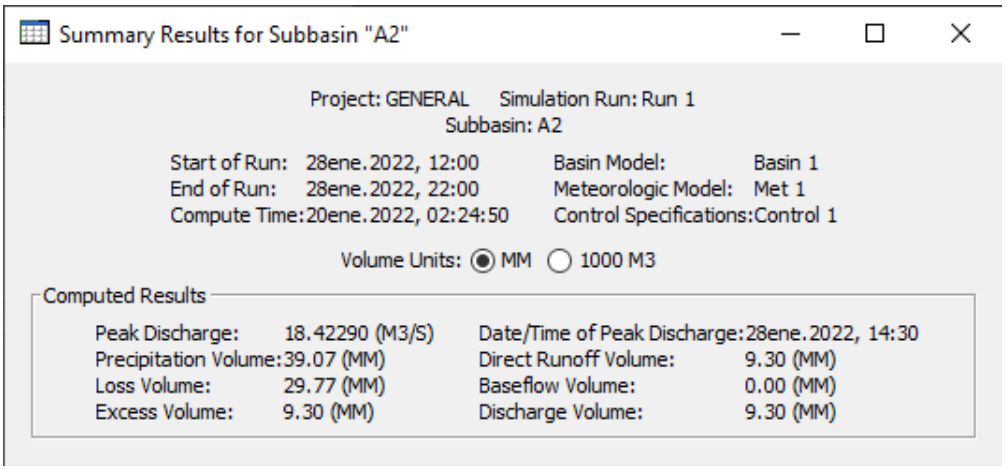


Figura 6.b. Resumen Análisis de la cuenca 2

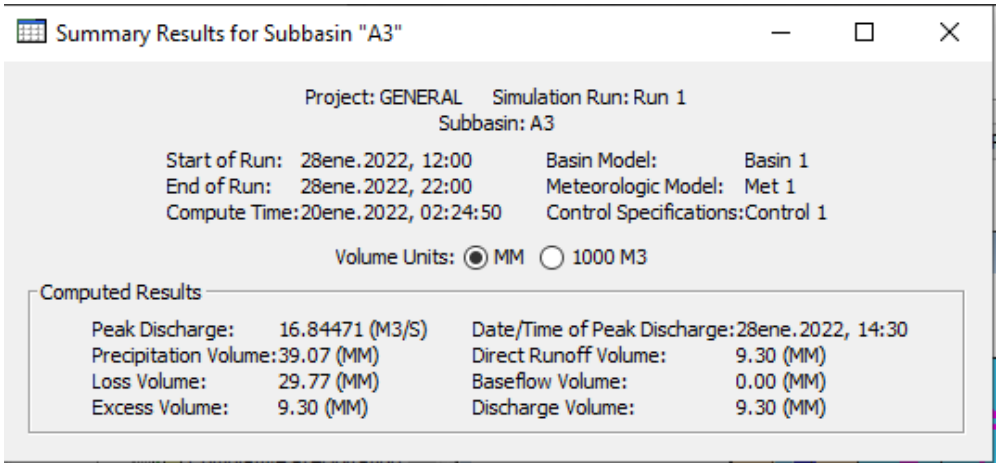


Figura 6.c. Resumen Análisis de la cuenca 3

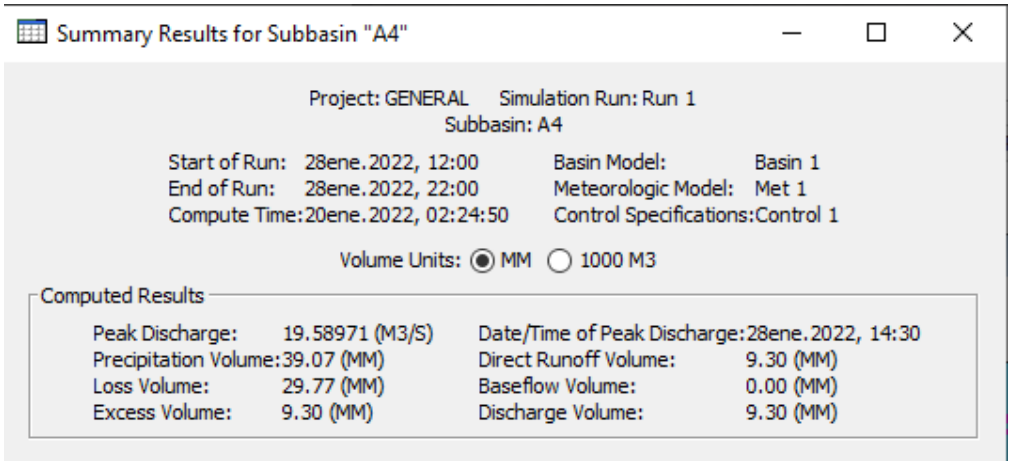


Figura 6.d. Resumen Análisis de la cuenca 4

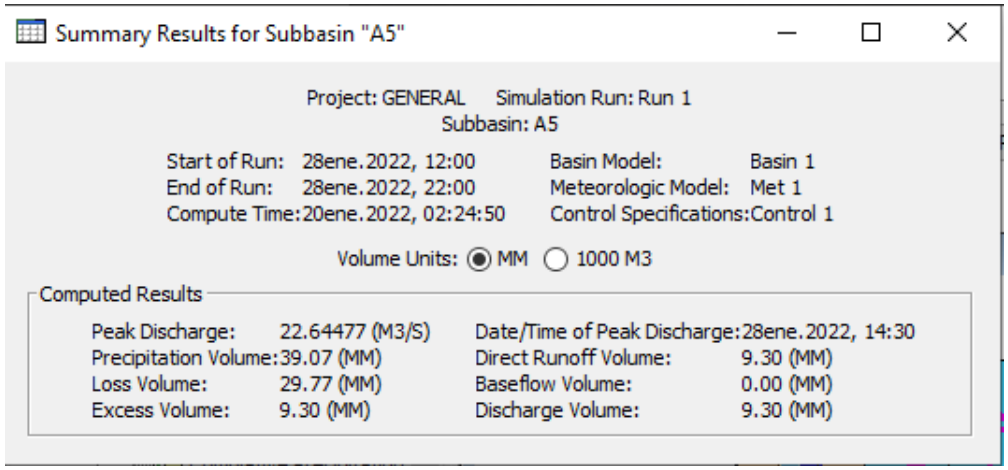


Figura 6.e. Resumen Análisis de la cuenca 5

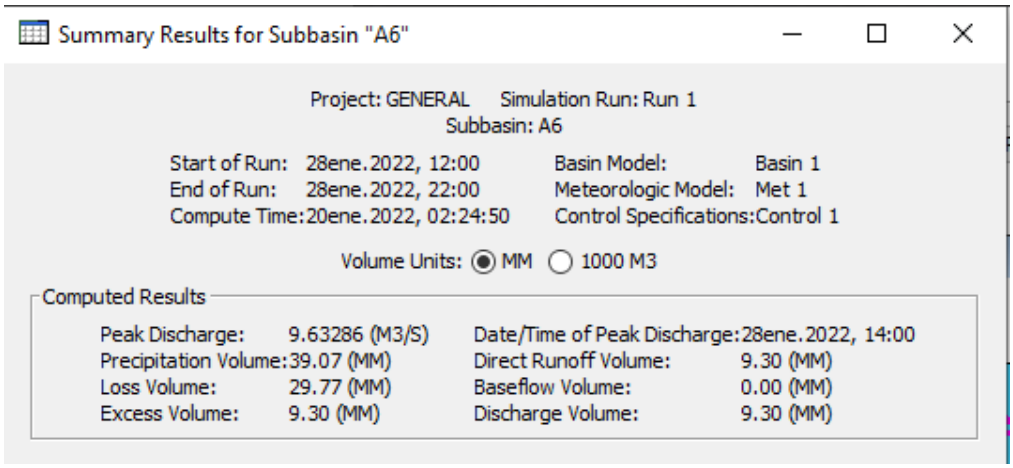


Figura 6.f. Resumen Análisis de la cuenca 6

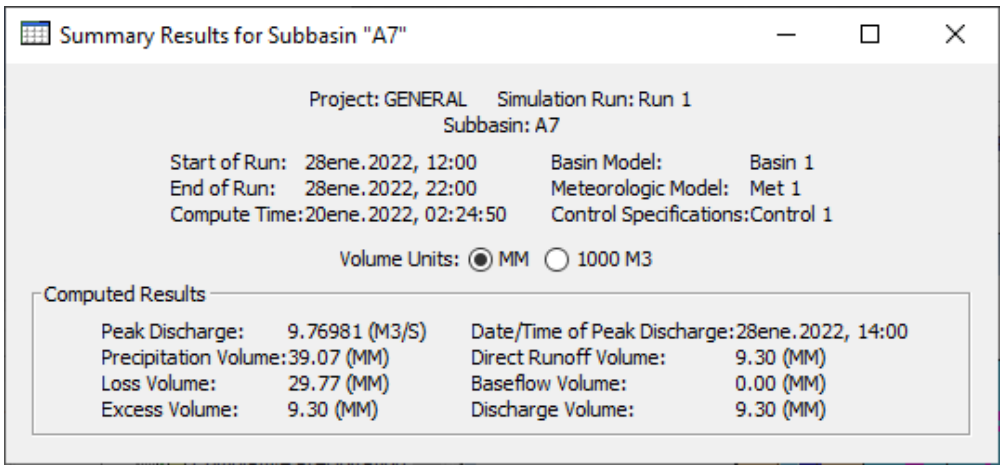


Figura 6.g. Resumen Análisis de la cuenca 7

Time-Series Results for Subbasin "A1"

Project: GENERAL Simulation Run: Run 1
Subbasin: A1

Start of Run: 28ene.2022, 12:00
End of Run: 28ene.2022, 22:00
Compute Time: 20ene.2022, 02:24:50
Basin Model: Basin 1
Meteorologic Model: Met 1
Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
28ene.2022	12:00				0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	12:30	2.78	2.64	0.14	0.13959	0.00000	0.13959
28ene.2022	13:00	3.83	3.64	0.19	0.65274	0.00000	0.65274
28ene.2022	13:30	8.99	8.42	0.57	2.07004	0.00000	2.07004
28ene.2022	14:00	16.65	11.57	5.08	9.16316	0.00000	9.16316
28ene.2022	14:30	3.98	2.11	1.87	24.48727	0.00000	24.48727
28ene.2022	15:00	2.84	1.39	1.45	45.12936	0.00000	45.12936
28ene.2022	15:30	0.00	0.00	0.00	57.20675	0.00000	57.20675
28ene.2022	16:00	0.00	0.00	0.00	57.88432	0.00000	57.88432
28ene.2022	16:30	0.00	0.00	0.00	48.69988	0.00000	48.69988
28ene.2022	17:00	0.00	0.00	0.00	34.79978	0.00000	34.79978
28ene.2022	17:30	0.00	0.00	0.00	23.60243	0.00000	23.60243
28ene.2022	18:00	0.00	0.00	0.00	15.54026	0.00000	15.54026
28ene.2022	18:30	0.00	0.00	0.00	10.31600	0.00000	10.31600
28ene.2022	19:00	0.00	0.00	0.00	6.90696	0.00000	6.90696
28ene.2022	19:30	0.00	0.00	0.00	4.55827	0.00000	4.55827
28ene.2022	20:00	0.00	0.00	0.00	3.04353	0.00000	3.04353
28ene.2022	20:30	0.00	0.00	0.00	2.02627	0.00000	2.02627
28ene.2022	21:00	0.00	0.00	0.00	1.35005	0.00000	1.35005
28ene.2022	21:30	0.00	0.00	0.00	0.90348	0.00000	0.90348
28ene.2022	22:00	0.00	0.00	0.00	0.60908	0.00000	0.60908

Figura 7.a. Tabla de formación del Hidrograma de Crecidas para Cuenca 1

Time-Series Results for Subbasin "A2"

Project: GENERAL Simulation Run: Run 1
Subbasin: A2

Start of Run: 28ene.2022, 12:00 Basin Model: Basin 1
End of Run: 28ene.2022, 22:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 20ene.2022, 02:24:50 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
28ene.2022	12:00				0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	12:30	2.78	2.64	0.14	0.40587	0.00000	0.40587
28ene.2022	13:00	3.83	3.64	0.19	0.90101	0.00000	0.90101
28ene.2022	13:30	8.99	8.42	0.57	2.23417	0.00000	2.23417
28ene.2022	14:00	16.65	11.57	5.08	16.41334	0.00000	16.41334
28ene.2022	14:30	3.98	2.11	1.87	18.42290	0.00000	18.42290
28ene.2022	15:00	2.84	1.39	1.45	12.60353	0.00000	12.60353
28ene.2022	15:30	0.00	0.00	0.00	6.02841	0.00000	6.02841
28ene.2022	16:00	0.00	0.00	0.00	1.78140	0.00000	1.78140
28ene.2022	16:30	0.00	0.00	0.00	0.53950	0.00000	0.53950
28ene.2022	17:00	0.00	0.00	0.00	0.13458	0.00000	0.13458
28ene.2022	17:30	0.00	0.00	0.00	0.03054	0.00000	0.03054
28ene.2022	18:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	18:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	19:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	19:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	20:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	20:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	21:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	21:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	22:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000

Figura 7.b. Tabla de formación del Hidrograma de Crecidas para Cuenca 2

Time-Series Results for Subbasin "A3"

Project: GENERAL Simulation Run: Run 1
Subbasin: A3

Start of Run: 28ene.2022, 12:00 Basin Model: Basin 1
End of Run: 28ene.2022, 22:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 20ene.2022, 02:24:50 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
28ene.2022	12:00				0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	12:30	2.78	2.64	0.14	0.41650	0.00000	0.41650
28ene.2022	13:00	3.83	3.64	0.19	0.87094	0.00000	0.87094
28ene.2022	13:30	8.99	8.42	0.57	2.19806	0.00000	2.19806
28ene.2022	14:00	16.65	11.57	5.08	16.58712	0.00000	16.58712
28ene.2022	14:30	3.98	2.11	1.87	16.84471	0.00000	16.84471
28ene.2022	15:00	2.84	1.39	1.45	11.41847	0.00000	11.41847
28ene.2022	15:30	0.00	0.00	0.00	5.05908	0.00000	5.05908
28ene.2022	16:00	0.00	0.00	0.00	1.40450	0.00000	1.40450
28ene.2022	16:30	0.00	0.00	0.00	0.39573	0.00000	0.39573
28ene.2022	17:00	0.00	0.00	0.00	0.09381	0.00000	0.09381
28ene.2022	17:30	0.00	0.00	0.00	0.01941	0.00000	0.01941
28ene.2022	18:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	18:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	19:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	19:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	20:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	20:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	21:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	21:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	22:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000

Figura 7.c. Tabla de formación del Hidrograma de Crecidas para Cuenca 3

Time-Series Results for Subbasin "A4"

Project: GENERAL Simulation Run: Run 1
Subbasin: A4

Start of Run: 28ene.2022, 12:00 Basin Model: Basin 1
End of Run: 28ene.2022, 22:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 20ene.2022, 02:24:50 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
28ene.2022	12:00				0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	12:30	2.78	2.64	0.14	0.43843	0.00000	0.43843
28ene.2022	13:00	3.83	3.64	0.19	0.96522	0.00000	0.96522
28ene.2022	13:30	8.99	8.42	0.57	2.39896	0.00000	2.39896
28ene.2022	14:00	16.65	11.57	5.08	17.69118	0.00000	17.69118
28ene.2022	14:30	3.98	2.11	1.87	19.58971	0.00000	19.58971
28ene.2022	15:00	2.84	1.39	1.45	13.37800	0.00000	13.37800
28ene.2022	15:30	0.00	0.00	0.00	6.33261	0.00000	6.33261
28ene.2022	16:00	0.00	0.00	0.00	1.85320	0.00000	1.85320
28ene.2022	16:30	0.00	0.00	0.00	0.55577	0.00000	0.55577
28ene.2022	17:00	0.00	0.00	0.00	0.13782	0.00000	0.13782
28ene.2022	17:30	0.00	0.00	0.00	0.03108	0.00000	0.03108
28ene.2022	18:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	18:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	19:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	19:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	20:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	20:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	21:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	21:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	22:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000

Figura 7.d. Tabla de formación del Hidrograma de Crecidas para Cuenca 4

Time-Series Results for Subbasin "A5"

Project: GENERAL Simulation Run: Run 1
Subbasin: A5

Start of Run: 28ene.2022, 12:00 Basin Model: Basin 1
End of Run: 28ene.2022, 22:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 20ene.2022, 02:24:50 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
28ene.2022	12:00				0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	12:30	2.78	2.64	0.14	0.37202	0.00000	0.37202
28ene.2022	13:00	3.83	3.64	0.19	0.97247	0.00000	0.97247
28ene.2022	13:30	8.99	8.42	0.57	2.33132	0.00000	2.33132
28ene.2022	14:00	16.65	11.57	5.08	15.79272	0.00000	15.79272
28ene.2022	14:30	3.98	2.11	1.87	22.64477	0.00000	22.64477
28ene.2022	15:00	2.84	1.39	1.45	16.67307	0.00000	16.67307
28ene.2022	15:30	0.00	0.00	0.00	9.49327	0.00000	9.49327
28ene.2022	16:00	0.00	0.00	0.00	3.48065	0.00000	3.48065
28ene.2022	16:30	0.00	0.00	0.00	1.24627	0.00000	1.24627
28ene.2022	17:00	0.00	0.00	0.00	0.44632	0.00000	0.44632
28ene.2022	17:30	0.00	0.00	0.00	0.12255	0.00000	0.12255
28ene.2022	18:00	0.00	0.00	0.00	0.03117	0.00000	0.03117
28ene.2022	18:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	19:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	19:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	20:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	20:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	21:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	21:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	22:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000

Figura 7.e. Tabla de formación del Hidrograma de Crecidas para Cuenca 5

Time-Series Results for Subbasin "A6"

Project: GENERAL Simulation Run: Run 1
Subbasin: A6

Start of Run: 28ene.2022, 12:00 Basin Model: Basin 1
End of Run: 28ene.2022, 22:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 20ene.2022, 02:24:50 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
28ene.2022	12:00				0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	12:30	2.78	2.64	0.14	0.24856	0.00000	0.24856
28ene.2022	13:00	3.83	3.64	0.19	0.46247	0.00000	0.46247
28ene.2022	13:30	8.99	8.42	0.57	1.21459	0.00000	1.21459
28ene.2022	14:00	16.65	11.57	5.08	9.63286	0.00000	9.63286
28ene.2022	14:30	3.98	2.11	1.87	7.87206	0.00000	7.87206
28ene.2022	15:00	2.84	1.39	1.45	5.34759	0.00000	5.34759
28ene.2022	15:30	0.00	0.00	0.00	1.94636	0.00000	1.94636
28ene.2022	16:00	0.00	0.00	0.00	0.49186	0.00000	0.49186
28ene.2022	16:30	0.00	0.00	0.00	0.10672	0.00000	0.10672
28ene.2022	17:00	0.00	0.00	0.00	0.02096	0.00000	0.02096
28ene.2022	17:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	18:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	18:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	19:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	19:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	20:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	20:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	21:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	21:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	22:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000

Figura 7.f. Tabla de formación del Hidrograma de Crecidas para Cuenca 6

Time-Series Results for Subbasin "A7"

Project: GENERAL Simulation Run: Run 1
Subbasin: A7

Start of Run: 28ene.2022, 12:00 Basin Model: Basin 1
End of Run: 28ene.2022, 22:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 20ene.2022, 02:24:50 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
28ene.2022	12:00				0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	12:30	2.78	2.64	0.14	0.25834	0.00000	0.25834
28ene.2022	13:00	3.83	3.64	0.19	0.42863	0.00000	0.42863
28ene.2022	13:30	8.99	8.42	0.57	1.17355	0.00000	1.17355
28ene.2022	14:00	16.65	11.57	5.08	9.76981	0.00000	9.76981
28ene.2022	14:30	3.98	2.11	1.87	6.19918	0.00000	6.19918
28ene.2022	15:00	2.84	1.39	1.45	4.20757	0.00000	4.20757
28ene.2022	15:30	0.00	0.00	0.00	1.05594	0.00000	1.05594
28ene.2022	16:00	0.00	0.00	0.00	0.18876	0.00000	0.18876
28ene.2022	16:30	0.00	0.00	0.00	0.03021	0.00000	0.03021
28ene.2022	17:00	0.00	0.00	0.00	0.00023	0.00000	0.00023
28ene.2022	17:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	18:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	18:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	19:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	19:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	20:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	20:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	21:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	21:30	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000
28ene.2022	22:00	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000

Figura 7.g. Tabla de formación del Hidrograma de Crecidas para Cuenca 7

10.2. Ensayos de Permeabilidad en los 37 Cuadrantes

Se han realizado pruebas de permeabilidad para cada cuadrante de análisis, los cuales serán analizados en cada uno de los análisis por separado de los 37 cuadrantes.

10.3. RESULTADOS

1. El caudal de descarga máxima será como se describe a continuación para cada una de las cuencas de análisis:

a. Para la cuenca 1 la descarga máxima será de 57.88 m3/s y se dará a las 4 horas (240 minutos) de haberse iniciado la lluvia.

b. Para la cuenca 2 la descarga máxima será de 18.42 m3/s y se dará a las 2 horas y media (150 minutos) de haberse iniciado la lluvia.

c. Para la cuenca 3 la descarga máxima será de 16.84 m3/s y se dará a las 2 horas y media (150 minutos) de haberse iniciado la lluvia.

d. Para la cuenca 4 la descarga máxima será de 19.59 m3/s y se dará a las 2 horas y media (150 minutos) de haberse iniciado la lluvia.

e. Para la cuenca 5 la descarga máxima será de 22.64 m3/s y se dará a las 2 horas y media (150 minutos) de haberse iniciado la lluvia.

f. Para la cuenca 6 la descarga máxima será de 9.63 m3/s y se dará a las 2 horas (120 minutos) de haberse iniciado la lluvia.

g. Para la cuenca 7 la descarga máxima será de 9.77 m3/s y se dará a las 2 horas (120 minutos) de haberse iniciado la lluvia.

2. El volumen de precipitación total para las condiciones de la cuenca es de 39.07 mm, que descontando la pérdida de 29.77 mm da como resultado un exceso de 9.30 mm como volumen de escorrentía.

11. ANALISIS AMBIENTAL

Para realizar la EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES se abordó los siguientes temas:

1. Atributos, amenazas o fenómenos perturbadores a los que están expuestas las zonas donde existen asentamientos humanos;
2. Tratamiento de áreas asentadas en rellenos sanitarios o botaderos. Áreas contaminadas de aire y suelo;
3. Áreas que produzcan impacto ambiental negativo, alteración al medio ambiente;

4. Análisis histórico de eventos de recurrencia de desastres en la zona a regularizar.

11.1. Riesgos Ambientales

En primer lugar, es importante conceptualizar que es riesgo ambiental, nos referimos a riesgo a cualquier probabilidad ya sea natural o antropogénica que puede ocasionar un daño al medio ambiente y es importante conceptualizar uno del otro, cuando nos referimos a estos que son naturales estamos hablando de desastres naturales como son huracanes, terremotos, volcanes etc., pero también estamos hablando de sitios contaminados cuando se encuentra ya sea en el aire en el agua o en el suelo ciertos elementos tóxicos de manera natural por ejemplo el arsénico. Podría decirse todo es veneno y nada es veneno la diferencia está en la dosis.

11.2. Clasificación de riesgos

Riesgos ambientales antropogénicos (anthropos) como la palabra misma dice son riesgos originados por el hombre, aquí se van a retraer todas aquellas actividades realizadas por el hombre que generan un daño al medio ambiente generan impactos ambientales residuos: como la industria o la minería que es una de las actividades más tóxicas desde dentro de las actividades económicas.

Cuando estamos hablando de este tipo de riesgos indubitablemente va a haber un daño a la salud pública y daño al medio ambiente incluyendo lo que es la flora y la fauna.

Para evaluar los riesgos ambientales, se requieren tres elementos:

- La primera es crear o utilizar una metodología para evaluar los impactos ambientales y análisis de riesgo.
- El segundo objetivo va a ser crear escenarios para también proyectar qué es lo que va a pasar con este tipo de residuos peligrosos o con estos tóxicos que ya se han liberado al medio ambiente y que pueden contenerse tanto en el suelo como en el agua, etc.

- El tercer objetivo es intervenir para dar soluciones ante estas problemáticas. Cuando se hace una intervención siempre va a ir encaminada ya sea a mitigar los riesgos o a lo mejor a remediar este sitio contaminado, pero también a prevenir cuando todavía se está a tiempo y recordemos siempre va a ser mucho más importante la prevención que la remediación, prevenir es más factible y es mejor económicamente hablando.

Riesgos ambientales naturales tenemos sismo volcán caída de un meteorito y antropogénicos tenemos accidente en la central nuclear derrame del proceso químico industrial el efluente megas pesticidas y fertilizantes industrias metalurgias, hospitales, rellenos sanitarios etc.

11.3. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES POR CUADRANTES

Riesgo ambiental es la posibilidad de que se produzca un suceso de orden catastrófico en el medio ambiente natural o social debido a un fenómeno natural o a una acción humana. Es toda situación de peligro que implica daños en las personas u otros seres vivos, problemas para el medio ambiente o pérdidas económicas.

11.4. METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

El Ministerio de Medio Ambiente y Agua emite la Resolución Administrativa VMABCCGDF N°0028/2018 “Metodología de Identificación de Impactos Ambientales".

11.5. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA.

El área de influencia se considera como el territorio donde potencialmente se manifiestan los impactos de la AOP sobre la totalidad del medio ambiente o sobre alguno de sus componentes naturales, sociales o económicos, el cual incluye el Área de Influencia Directa e Indirecta.

a) Área de Influencia Directa (AID).

El área de Influencia Directa para el presente Proyecto son los 37 cuadrantes del área urbana de la ciudadde Sucre.

b) Área de Influencia Indirecta (AII).

Para determinar el All, se deberá tomar en cuenta la zona externa al AID extendida hasta donde losimpactos de la AOP se manifiesten, considerando lo siguiente:

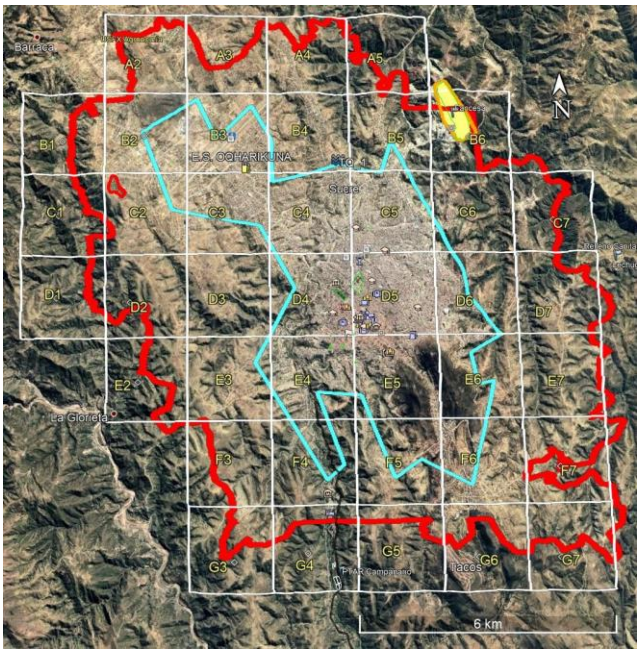
- Las emisiones y residuos a ser generados por la AOP, considerando puntos de descarga y áreas dedispersión.

- Las actividades a realizarse y la tecnología a implementar; determinan el alcance de los impactos agenerarse, y permiten establecer el All.

Estas áreas indirectas se encuentran en:

1. Fábrica de Cemento FANCESA colindante con el Cuadrante B6.
2. Relleno Sanitario Lechuguillas colindante con el Cuadrante D7.
3. Municipio de Yotala Colindante con el Cuadrante G4 lugar donde se encuentra la Planta detratamiento de agua residual del Campanario

Figura 24. Delimitación de los cuadrantes de la ciudad de Sucre, límite de área urbana 2014



11.6. Identificación de Impactos Ambientales

Una adecuada Identificación de Impactos Ambientales permitirá plantear medidas de prevención y mitigación a los impactos negativos generados en el desarrollo de una Actividad, Obra o Proyecto (AOP).

La tarea de identificación requiere que los evaluadores sean capaces de determinar las relaciones causa — efecto entre las actividades y los factores ambientales.

11.7. Resumen de riesgos ambientales por impactos ambientales negativos

Conforme a la metodología se ha efectuado el análisis de cada factor ambiental por cada cuadrante, por ejemplo, para el Cuadrante F4 se tienen los siguientes impactos:

Tabla N° 11. Análisis de impacto ambiental del cuadrante

FACTOR	ACTIVIDADES	ATRIBUTO	IMPACTO	CÓDIGO
AIRE	Calles sin pavimento	PST, PM10, PM 2,5	Dispersión de partículas	AI-F4-1
AIRE	Transporte Público y privado	PST, PM10, PM 2,5	Dispersión de partículas	AI-F4-2
AIRE	Transporte Público y privado	COx, Nox	Emisión de Gases	AI-F4-3
AGUA	Urbanizaciones consolidadas	DBO, DQO, SS, pH, Coliformes Fecales,	Aguas residuales conducidas a Cuenca de Rio Quirpinchaca	AG-F4-1
AGUA	Granjas avícolas	DBO, DQO, SS, pH, Coliformes Fecales,	Aguas residuales conducidas a Cuenca de Rio Quirpinchaca	AG-F4-2
SUELO	Urbanizaciones no consolidadas	Residuos Solidos	Generación de basurales	SU-F4-1
ECOLOGÍA	Vegetación endémica en el curso del río Quirpinchaca	Paisaje, vegetación	Áreas verdes	EC-F4-1
RUIDO	Transporte Público y privado	dB(A)	Ruido por parque automotor	RU-F4-1
SOCIOECONÓMICO	-La Galería - Palacio de la Florida - CICC Centro Internacional de Convenciones y Cultura	Propiedad pública y propiedad privada	Generación de Empleo directo e indirecto	SO-F4-1
SALUD	- Farmacias	Necesidades comunales, Salud	Asistencia Médica para toda la ciudad de Sucre	SA-F4-1

En anexo 4. se presenta el análisis de impacto ambiental de cada cuadrante de la ciudad de Sucre y el riesgo que conlleva se resumen en los siguientes puntos:

- **Contaminación Hídrica**

El mayor impacto ambiental que genera riesgo para la población es la contaminación hídrica por descargas de aguas residuales domesticas e industriales. Debido a la topografía de la ciudad de Sucre una parte está emplazada en la cuenta del río Amazonas (norte) y la parte central en el río Quirpinchaca que cuenta con un interceptor y lleva las aguas residuales ala PTAR el campanario donde se trata entre el 52% a 58% del agua que se consume. La zona oeste que se encuentra en crecimiento vierte sus aguas residuales a la cuenca del río Cachimayu y esta no llega a la PTAR del campanario.

La falta de abastecimiento de agua potable a toda la ciudad es evidente al tener un área de concesión menor a la mancha urbana aprobada y el caudal que se dispone tampoco es suficiente en cantidad para una población en crecimiento, además los barrios nuevos se encuentran a una cota superior a la Planta de tratamiento de El Rollo, legando a distribuir por cisterna, bombeo y sistema autónomos como es el caso de pozos.

Por otro lado, el alcantarillado sanitario no acompaña el crecimiento de la red de agua potable, llegando a tener problemas de contaminación hídrica en las zonas donde no se tiene cobertura de alcantarillado sanitario, llegando a verter sus aguas residuales domesticas e industriales a quebradas o a poteos pluviales generando una contaminación aguas abajo.

Es necesario que la caracterización de los efluentes industriales sea obligatoria para las AOP, mediante una ley municipal. Ya que ELAPAS no cuenta con los análisis de laboratorio y convenios actualizados por el rechazo de los propietarios. La implementación un reglamento para el pre tratamiento de descargas industriales y especiales como los hospitales es de vital importancia para reducir la contaminación en las quebradas que no son atendidas por ELAPAS.

- **Residuos Sólidos**

El segundo riesgo ambiental son los residuos sólidos generados por los barrios no consolidados y que carecen del servicio de transporte y disposición final en el relleno sanitario. Esta situación se agrava más al tener muchos basurales clandestinos sobre las riberas del río Quirpinchaca y sus quebradas aledañas.

El botadero La esperanza se encuentra clausurado, pero aún no ha sido verificado el estado de las emisiones atmosféricas como liquidas que permitan continuar con su plan de cierre.

El relleno sanitario de Lechuguillas actualmente se encuentra en operación, pero ya ha llegado a su capacidad y al límite del convenio con la comunidad, por tanto, se tendrá un problema socio ambiental sino se tiene un estudio aprobado para el traslado de los residuos a ese relleno. Es urgente la campaña de segregación de basura en origen para reducir, reciclar, re utilizar los residuos inorgánicos y aprovechar los residuos orgánicos como por ejemplo se realiza el compost.

- **Contaminación Atmosférica**

La contaminación atmosférica por partículas suspendidas es importante en las zonas alejadas que no cuentan con calles pavimentadas. Por otra parte, Fábrica de cemento FANCESA produce gases en su proceso productivo que, si bien tiene medidas de contención, ante la cercanía de viviendas es necesario realizar mediciones de acuerdo al Reglamento de Contaminación Atmosférica y determinar un modelo de dispersión de gases que delimite la zona industrial de los asentamientos humanos cercanos, reduciendo la posibilidad de contaminación en la población.

El parque automotor ha crecido en gran manera y la contaminación por emisiones de vehículos que no cumplen las regulaciones internacionales es evidente de acuerdo a los reportes de la RED Monica (monitoreo de calidad del aire). Ver anexo 4.

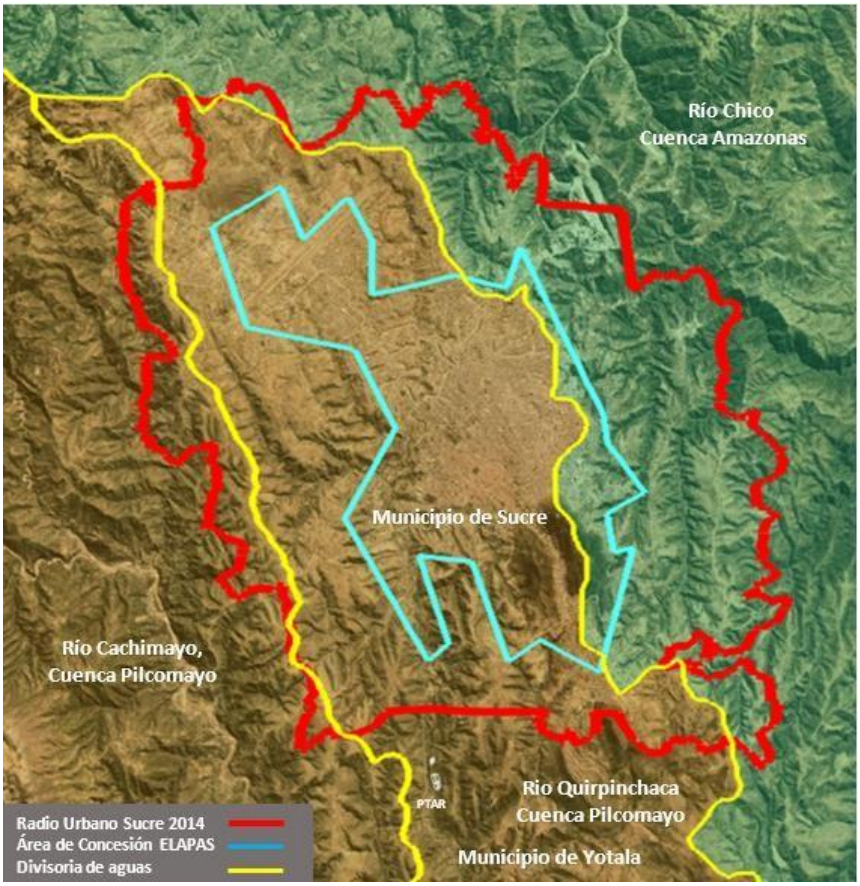
11.8. DESCRIPCIÓN HÍDRICA

La descripción hídrica del río Quirpinchaca, que pertenece a la cuenca del río de la Plata está dada por:

- **Cuencas Mayores**

La ciudad de Sucre tiene la particularidad de encontrarse en la divisoria de aguas de dos cuencas importantes la Cuenca Amazonas y la Cuenca Alta del río Pilcomayo, como podemos apreciar en la Figura divisoria de aguas la zona norte este de la ciudad se ubica en la cuenca del río Amazonas, la zona oeste de la ciudad que tiene asentamiento nuevo pertenece a la microcuenca del río Cachimayo, curso permanente con un caudal en época seca1 2.2 m^3/s y 590 m^3/s en máxima crecida.

Figura 25. Divisoria de cuencas Ciudad de Sucre

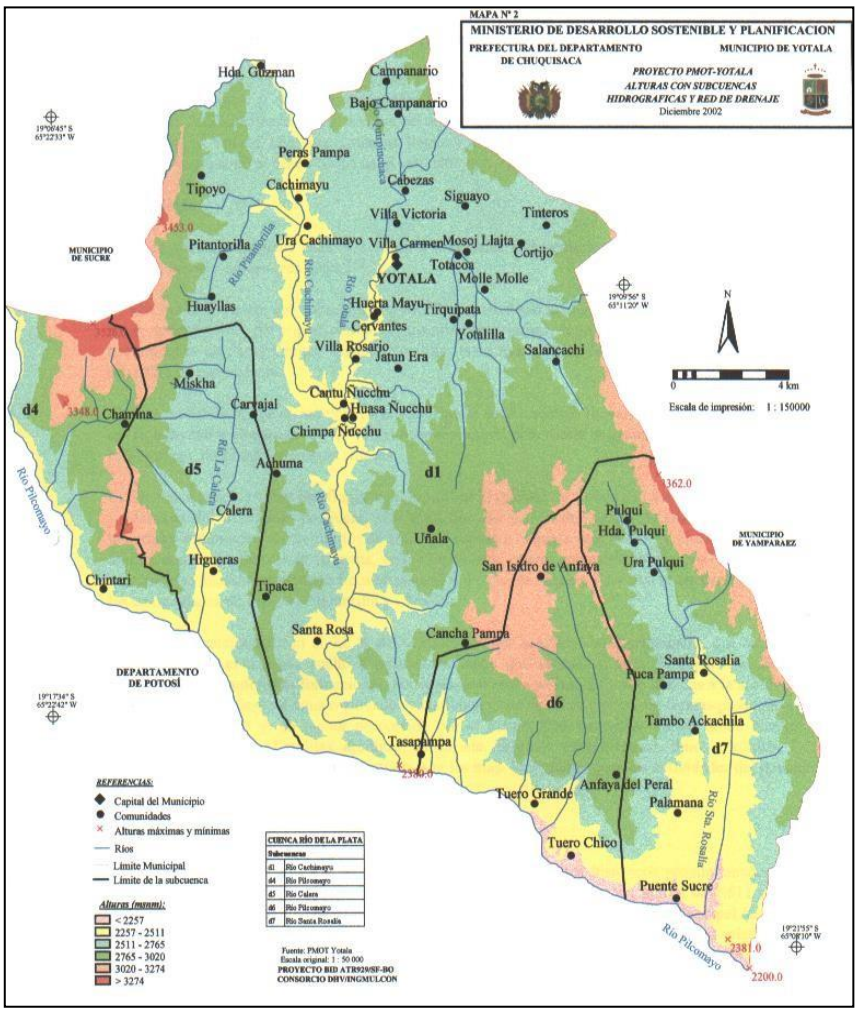


Fuente: Elaboración propia

La mayor parte de la ciudad de Sucre se encuentra en la microcuenca del río Quirpinchaca, que tiene un caudal mínimo en época seca, en época de lluvias se generan importantes riadas.

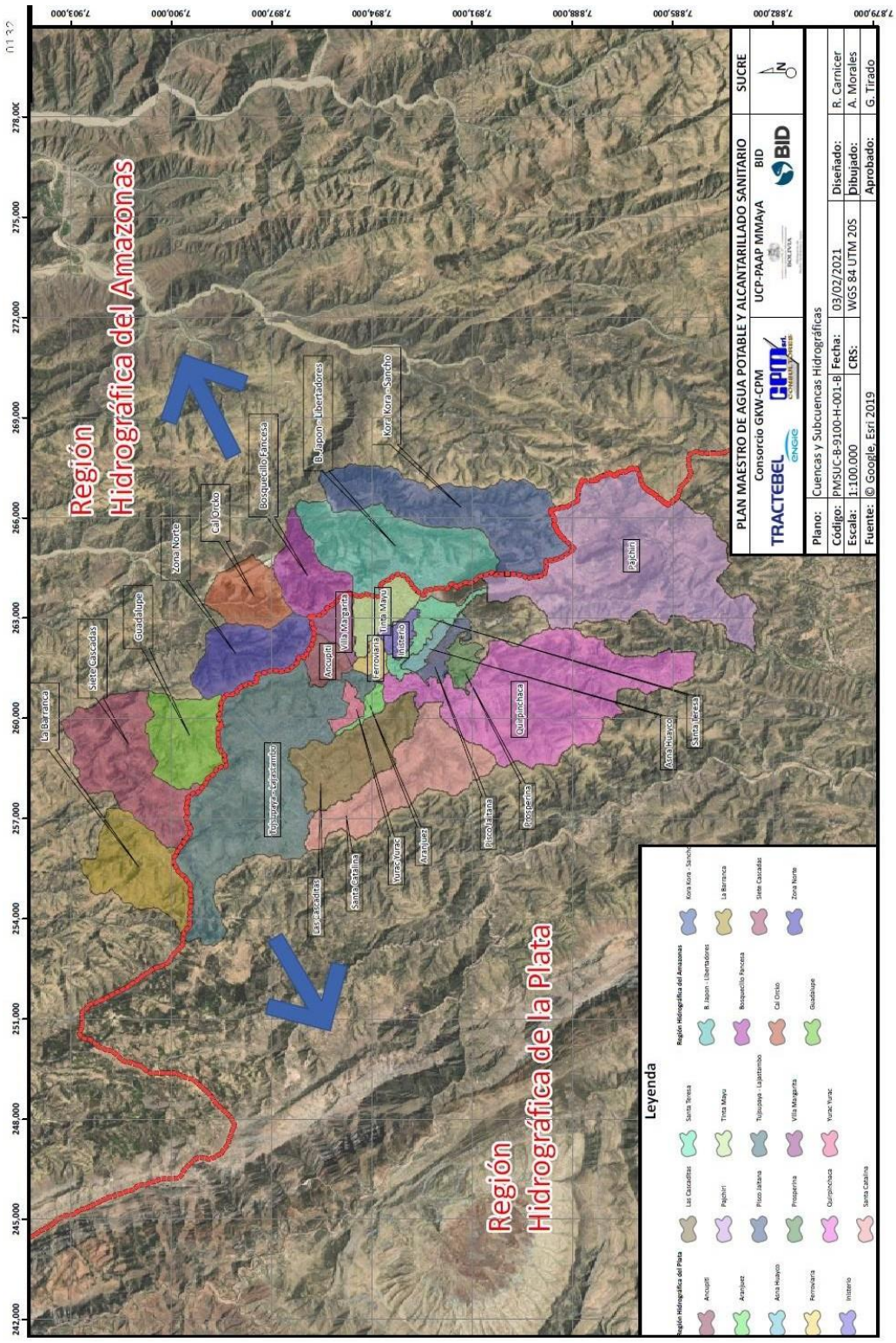
Todos los recursos hídricos del Municipio de Yotala, forman parte de la macro cuenca del Río de La Plata, a través de la cuenca mayor del río Pilcomayo y de las subcuencas de los ríos Ravelo – Cachimayo – Ñujchu. A esta cuenca también confluye la subcuenca del Río Yotala, formada por el río Quirpinchaca (que nace en la ciudad de Sucre) y la quebrada de Totacoa. Otros afluentes menores, que vierten sus aguas directamente al Río Pilcomayo, son las quebradas de La Calera, Tasa Pampa, Tuero y Santa Rosalía, todas ellas con cursos de agua solo en épocas de lluvia.

Figura 26: Cuenca Baja del Río Quirpinchaca en el Municipio de Yotala



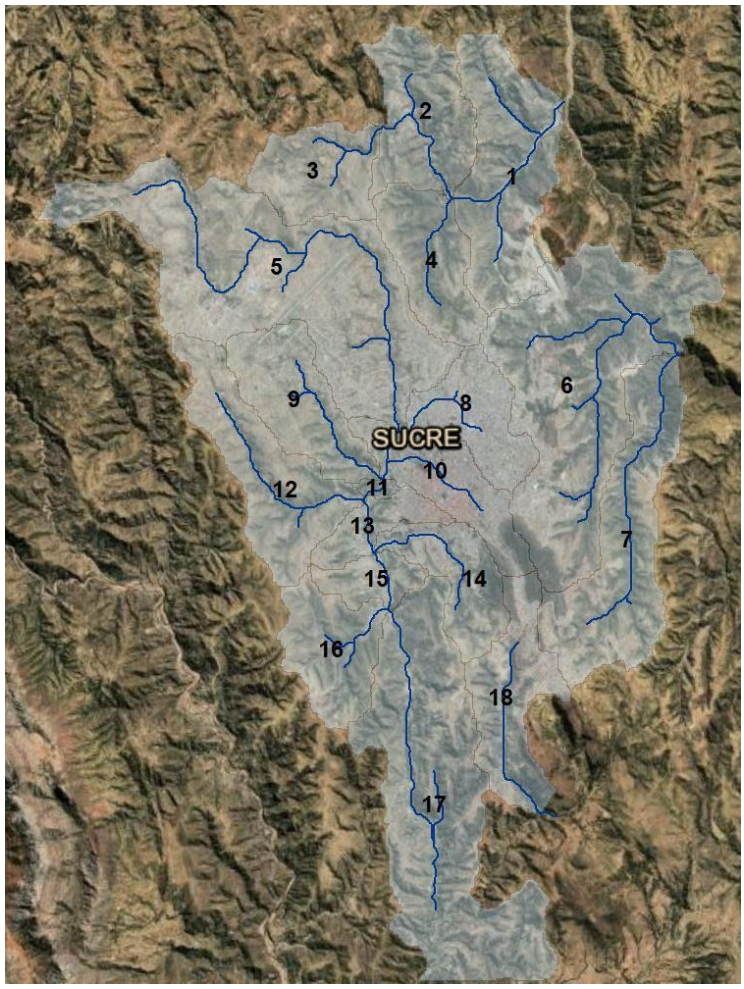
Fuente: PMOT Yotala

Figura 27: Microcuencas de la ciudad de Sucre



Fuente: Plan Maestro de AP&AS de Sucre

Figura 28: Río Quirpinchaca su afluente en la ciudad de Sucre



Fuente: Plan maestro metropolitano ELAPAS 2021

- **Estado del Río Quirpinchaca**

Los ríos son grandes centros de biodiversidad, pero también los más amenazados por distintas actividades antropogénicas. El caso particular del río Quirpinchaca que atraviesa por el centro de la ciudad de Sucre ha sufrido visiblemente serios daños y hasta ahora no existen estudios con base ecológica y técnica que permita evaluar y restaurarlo. La investigación de la carrera de Biología2 (Moya.2019, USFX) evalúa la calidad ecológica del río Quirpinchaca (siete sitios) y Cachimayu (tres sitios) usando a los macroinvertebrados acuáticos como potenciales bioindicadores de contaminación apoyados con datos fisicoquímicos. Los índices bióticos usados fueron el BMWP/Bol, abundancia relativa de grupos sensibles (Ephemeroptera Plecoptera y Trichoptera) y de grupos tolerantes (Diptera). Como resultados relevantes, los tres índices bióticos indican

que el río Quirpinchaca presenta calidad "muy crítica" desde las nacientes hasta la desembocadura al río Chaquimayu, mientras que este último río presenta calidades que varían desde calidad "buena" hasta calidad "muy crítica".

Los parámetros fisicoquímicos que mejor respondieron a la contaminación fueron el oxígeno di suelto y la demanda química de oxígeno, cuyos valores indican que el río Quirpinchaca presenta mayor grado de contaminación en el centro de la ciudad que en zonas menos pobladas como las nacientes del río y la confluencia con el río Cachimayu.

Por otro lado, el río Cachimayu presenta mejores condiciones fisicoquímicas que el río Quirpinchaca. Consideramos que estos resultados podrían servir como una herramienta útil, sencilla y económica para monitorear espacial y temporalmente a cada uno de estos sitios estudiados y en futuros planes de gestión y restauración principalmente del río Quirpinchaca, cuya meta debería incluir la recuperación en riqueza y abundancia de taxones sensibles como los tiene el río Cachimayu.

Figura 29: Ubicación geográfica puntos de muestreo río Quirpinchaca y Cachimayu

Referencias:

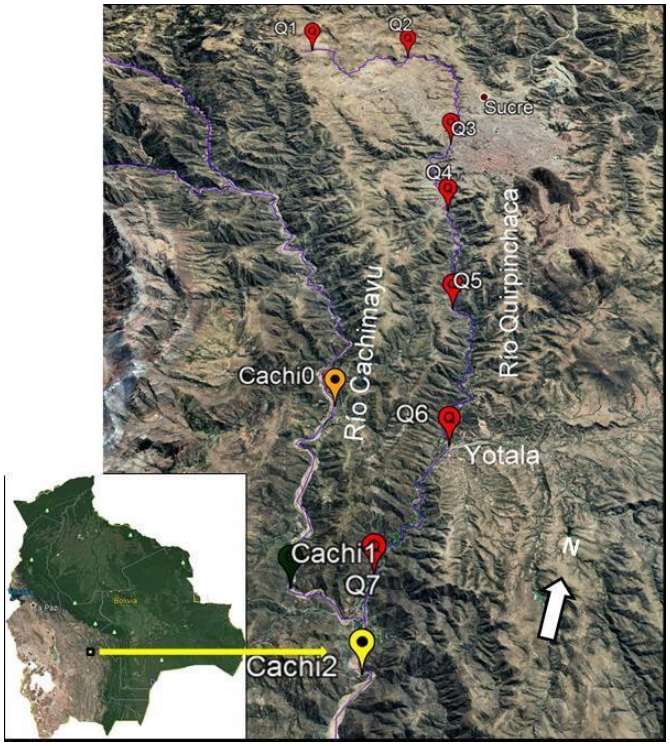
Los puntos rojos indican calidad “muy crítica”,

naranja “crítica”,

amarillo “dudosa”

y verde “buena”

según el índice biótico BMWP/Bol.



Fuente: MOYA, 2019, USFX

Las conclusiones de la investigación encontraron que el río Quirpinchaca a lo largo de su curso presenta una fauna bentónica bastante pobre, que no pasa de cinco taxones, siendo la mayoría de ellos tolerantes a la contaminación, mientras que el río Cachimayu si bien también presenta una fauna relativamente pobre (hasta 12 taxones), la mayoría de ellos corresponde a órdenes que son sensibles a la contaminación.

Los parámetros fisicoquímicos que mejor respondieron a la contaminación son el oxígeno disuelto y la demanda química de oxígeno, cuyos valores indican que en el río Quirpinchaca, los sitios más alterados (contaminados) se encuentran en el centro de la ciudad que en zonas menos pobladas como las nacientes del río y la confluencia con el río Cachimayu. Asimismo, el río Cachimayu presenta mejores condiciones fisicoquímicas que el río Quirpinchaca.

La cantidad de coliformes fecales si bien son mucho menores en el río Cachimayu que en Quirpinchaca, estos valores por ser superiores a 1000ufc/100mL indican que hay contaminación por coliformes.

Los índices bióticos parecen tener mejor y similar respuesta a la contaminación, pues los tres índices bióticos (BMWP/Bol, %EPT, %Diptera) indican que los 7 sitios del río Quirpinchaca presentan calidad “muy crítica”, si bien río abajo de la ciudad hay leve tendencia de mejoría (aumento del valor del índice BMWP/Bol), esto es insuficiente para salir de la calidad mencionada. Por otro lado, el río Cachimayu presenta índices que varían desde calidad “muy crítica” hasta calidad “buena”. Esta variación sugiere estudiar más sitios tanto río arriba y abajo de los colectados para tener mejor aproximación para este río.

Los planes de gestión municipal con objetivos de mejorar o restaurar estos ecosistemas son necesarios, y para ello, consideramos que estos resultados pueden servir como una herramienta sencilla y económica para monitorear espacial y temporalmente a cada uno de estos sitios estudiados.

Tabla 12: Principales ríos y arroyos cercanos

Principales ríos y quebradas	Permanente o intermitente	Caudal estimado		Actividad para la que se aprovechan	Observaciones
		Época de estiaje	Época de lluvias		
Río Ravelo	Permanente	300 - 490 l/s	1.250 m^3/s	Agua de consumo humano, comercial, institucional e industrial	Principal fuente de abastecimiento de agua para la ciudad de Sucre
Río Peras Pampa Mayu	Permanente	30 l/s	N/D	Agua de consumo humano, comercial, institucional e industrial	
Quebradas y manantiales de la microcuenca Cajamarca	Permanente	60 l/s	Diferentes caudales	Agua de consumo humano, comercial, institucional e industrial	Segunda fuente de abastecimiento de agua para la ciudad de Sucre
Río Cachimayu	Permanente	640 m^3/s	2.830 m^3/s	Agua para riego Procesos extracción de áridos. Consumo de animales	Abastecimiento de agua para la ciudad de Sucre en época de estiaje porbombeo.
Yuraj K'hasa, Murillo, Fisculco	Permanente	70 l/s	N/D	Agua de consumo humano, comercial, institucional e industrial	
Río Quirpinchaca	Permanente	300 l/s	2.500 l/s	Arrastre de aguas residuales de la ciudad de Sucre	Principal colector de las aguas residuales de la ciudad de Sucre
Río Pacchiri	Permanente	20 l/s	1.200 l/s	Arrastre de aguas residuales de la ciudad de Sucre. Cuenca	Drenaje natural que evacua aguas residuales del D5

- **Lagos, pantanos y embalses artificiales**

No existen.

- **Aguas subterráneas**

Tabla 13: Aguas subterráneas

Profundidad y dirección	Uso principal	Distancia a la actividad	Observaciones
No aplica	Consumo para la crianza de aves en el Municipio de Yotala	2 Km	Usan fosa séptica para sus residuos líquidos

- **Calidad de las aguas**

Debido a que grandes áreas de Chuquisaca presentan un clima árido o semiárido, es de esperar que parte de las aguas superficiales y subterráneas presenten periódicamente problemas de salinidad y sodicidad. Por otro lado, la actividad minera, sobre todo en el departamento aledaño de Potosí, causa un problema adicional de contaminación.

- **Aguas superficiales**

De las muestras tomadas por el Programa Nacional de Riego (PRONAR, 2000) de todos los sistemas de riego en Chuquisaca, que en un 95% usan los ríos como fuente de agua, se concluye que el pH de las aguas del 44% de los sistemas se encuentra dentro del rango normal, es decir entre pH 6.5 a 8.4. Por otro lado, 38% de los sistemas usan aguas alcalinas con pH > 8.4, mientras 18% usa aguas ácidas con pH < 6.5. De los valores obtenidos de la conductividad eléctrica (CE), se concluye que el 56% de los sistemas presentan una ligera restricción, mientras 2% presentan problemas severos y 43% no tiene ninguna restricción para riego. Resumiendo, de estos datos se concluye que aproximadamente la mitad de los sistemas presentan ciertos problemas de salinidad y sodicidad.

Con relación a otros parámetros de calidad de aguas, como carbonatos y bicarbonatos, sólidos disueltos, boro, cloro, sodio y carbonato de sodio residual, en general se puede decir que los valores obtenidos en el

análisis de las muestras se encuentran dentro de los rangos aceptables, aunque hay algunas muestras que exceden algunos de esos valores.

Además, existe contaminación de las aguas y sedimentos de varios ríos, debido a la presencia de empresas mineras en el departamento de Potosí que eliminan residuos ácidos de las minas e infiltraciones de los desmontes de minerales. El estudio de evaluación de impacto ambiental del sector minero en el departamento de Potosí de MDSP/JICA (1999) ha monitoreado durante 1998 aguas y sedimentos principalmente de los tributarios del río Pilcomayo, la mayoría de los cuales ingresan en el departamento de Chuquisaca.

El análisis de las aguas de los ríos reporta niveles altos de varios elementos pesados, que frecuentemente rebasan los normas para agua potable de la OMS, siendo éstos altamente tóxicos para la salud de los pobladores (vómitos, diarrea, cancerígenos, afecta las funciones psicomotoras y psicológicas). Además, sobrepasan frecuentemente las normas vigentes para agua de riego. Se debe igualmente señalar que en dos análisis realizados por ZONISIG en el río Pilcomayo, en los sectores de Sotomayor y Taigata, las concentraciones de plomo eran muy altas (1,4 y 1,3 ppm).

Por otro lado, hay que destacar que el estudio también indica que grandes cantidades de elementos pesados son arrastrados en forma de sedimentos y pueden ser depositados en las terrazas mediante riego (en forma de sólidos en suspensión en el agua de riego) o durante inundaciones. De esta manera se acumulan en terrenos agrícolas y pueden causar daños a la salud cuando son absorbidos por los cultivos y forrajes. Las consecuencias de la contaminación de aguas repercuten directamente en la salud e indirectamente en las alternativas de empleo, generación de ingresos, conllevando a la disminución de la actividad agrícola.

12. MAPAS DE RIESGO

El Mapa de Amenazas o Riesgos es el resultado de los cuatro mapas anteriores, delimitando y clasificando el tipo de Amenaza de acuerdo a los estudios realizados.

La finalidad de los mapas geotécnicos de riesgo y vulnerabilidad consiste en aportar una estimación preliminar sobre las características mecánicas de los materiales estudiados y establecer una clasificación cualitativa sobre sus problemas constructivos. Ello es de gran interés especialmente a la hora de adoptar decisiones sobre la asignación de usos a cada porción del territorio. Quede claro, no obstante, que se trata de una información que, dada la escala de trabajo y la ausencia de ensayos geotécnicos, no tiene el suficiente nivel de detalle como para suplir la necesaria investigación geológico-geotécnica que requiere cualquier proyecto constructivo individual.

Los mapas de riesgos en el ámbito municipal deben ser asumidos como un compromiso por parte de las autoridades locales para educar y sensibilizar a los habitantes con respecto a su entorno territorial e indicar que es una herramienta que les permite conocer las potencialidades con que cuentan dentro de su entorno y a la vez conocer cuáles son sus amenazas y vulnerabilidades para medir los posibles riesgos, esto sin duda alguna conlleva a los habitantes de los municipios conjuntamente con las autoridades locales analizar los riesgos en forma integral y en consecuencia mitigarlos

12.1. METODOLOGÍA.

Para la realización de este mapa se ha sintetizado la información recopilada en diversos mapas temáticos, de modo que quede integrada en un documento único según los criterios aportados por reconocimientos de campo y las experiencias constructivas en el Municipio.

La metodología aplicada es la misma que la utilizada en el Estudio Geomorfológico y de Riesgos Naturales e Inducidos por el Uso del Territorio a escala 1:25.000 realizados en distintos municipios de Sudamérica.

Se definen diferentes problemas tipo como principales condicionantes de carácter constructivo que afectan a los distintos sectores (**Ver Tabla de problemas tipo a continuación.**)

Cuadro N° 14. TABLA DE PROBLEMAS TIPO

PROBLEMA	T IPO	Cód.
HIDROGEOLOGICO	Inundación	**1**
	Encharcamiento	**2**
GEOMORFOLOGICO	Pendientes > 45%	**3**
	Rugosidad alta	**4**
GEOTECNICOS "S.S."	Asientos diferenciales	**5**
	Laderas inestables	**6**
ESTRUCTURALES	Discontinuidades	**7**
	Fracturación	**8**
ESPECIALES	Vertederos y escombreras	**9**
	Colapso de cavidades	**10**

Principales problemas-tipo encontrados en el Área.

A continuación, se describen las principales características de cada problema:

12.2. PROBLEMAS HIDROGEOLÓGICOS.

Inundación: Es uno de los problemas más graves de los que se presentan en el Municipio cuando la concentración de precipitación es alta. Afecta a las llanuras de inundación (depósitos aluviales y terrazas bajas de los cursos actuales de agua). La elevada pluviometría y las modificaciones artificiales llevadas a cabo en los cauces provocan periódicos desbordamientos de los afluentes de las dos cuencas y otros cursos de agua.

Encharcamientos: Este problema se produce cuando existe una acusada dificultad de drenaje de las aguas superficiales motivada por la existencia de materiales impermeables con una topografía subhorizontal.

12.3. PROBLEMAS GEOMORFOLÓGICOS.

Pendientes altas (>45%): Se ha asumido considerando la topografía de la ciudad, constituye una limitación constructiva de diferente evaluación según sea la **naturaleza de la obra y el grado de pendiente en cada caso de acuerdo con el** criterio. El valor límite seguido en distintas normas de uso común fijado es de 30%.

Rugosidad alta: Se refiere casi exclusivamente a la morfología kárstica, caracterizada por una notable irregularidad del terreno. En ocasiones el karst se encuentra cubierto o semicubierto por suelos arcillosos que ocultan tales irregularidades y producen frecuentemente problemas en el diseño de cimentaciones debido a que puedan existir desiguales condiciones de apoyo en zapatas adyacentes.

12.4. PROBLEMAS GEOTÉCNICOS "SENSU STRICTO".

Asientos diferenciales: Estos problemas se originan cuando existe una escasa capacidad portante del suelo, con la aparición de asientos en el terreno al ceder bajo la carga, dada la irregular distribución de materiales cohesivos y granulares en un mismo horizonte (sobre todo en depósitos aluviales).

Inestabilidad de laderas: Está originada por los fenómenos y procesos que ponen en movimiento masas del terreno o modifican sus condiciones de equilibrio. Suelen afectar a depósitos de suelo y roca meteorizada en pendientes elevadas. La acción del agua puede ser un factor desencadenante al producir la saturación del terreno, pudiendo provocar "coladas de barro".

12.5. PROBLEMAS ESTRUCTURALES.

Discontinuidades a favor de la pendiente: Este problema se produce cuando la superficie de exposición de una ladera coincide con superficies de debilidad del sustrato rocoso (superficies de estratificación, planos de fracturación, etc.). Favorecen el inicio de deslizamientos, suponiendo un factor adicional de debilidad de la pendiente. En el Municipio estos problemas revisten gran importancia debido a

que las litologías susceptibles de presentarlos tienen por lo general valores de buzamiento altos y las rocas del Paleozoico están completamente fracturadas.

Fracturación intensa: Se presenta cuando la roca ha sido sometida a importantes esfuerzos tectónicos y se encuentra afectada por un alto grado de fracturación. De este modo disminuyen sensiblemente sus parámetros resistivos, favoreciendo los procesos de meteorización y por lo tanto disminuyendo su capacidad portante. Los sedimentos Paleozoicos se presentan muy fracturados en su generalidad.

12.6. PROBLEMAS ESPECIALES.

Vertederos y Escombreras: Se trata de zonas ocupadas por materiales muy heterogéneos, vertidos sin una preparación previa del terreno y realizados generalmente de forma incontrolada. Su aprovechamiento para fines constructivos plantea importantes problemas y cada caso requiere estudios específicos muy detallados.

Colapso de cavidades: Este problema se pueden producir cuando el hundimiento de cavidades kársticas y sifonamientos puede tener importantes repercusiones en la superficie. Más frecuentes son los hundimientos de conductos desarrollados en suelos arcillosos que recubren los macizos kársticos, debidos a procesos de erosión y arrastre de material por las aguas subterráneas.

12.7. ZONIFICACION DE RIESGOS

En función de la importancia que presenten los diferentes problemas o su grado de incidencia, el territorio se puede dividir en zonas con distintas condiciones constructivas (desde favorables a muy desfavorables). Esta zonificación entraña un cierto carácter subjetivo, ya que se basa en realidad en una interpretación de datos.

Por otra parte, la valoración de estas condiciones constructivas no depende sólo de las características del

terreno, sino también, y de una manera no menos importante, de la naturaleza de la construcción.

A pesar de las limitaciones comentadas, se ha realizado una zonación del territorio según sus condiciones constructivas, estableciendo cuatro categorías:

1) ZONAS CON CONDICIONES MUY DESFAVORABLES:

Son las zonas que se encuentran afectadas por dos o más problemas tipo, siempre que por lo menos uno de ellos corresponda a Inundación (1) o a Inestabilidad de laderas (6).

2) ZONAS CON CONDICIONES DESFAVORABLES:

Son zonas afectadas por un problema tipo importante, Inundación (1) o Inestabilidad de laderas (6), o por varios, siempre que por lo menos uno de ellos corresponda a Asientos diferenciales (5), Fracturación intensa (8), Pendientes altas (3) o Colapso de cavidades (10) y/o Vertederos y escombreras (9).

3) ZONAS CON CONDICIONES ACEPTABLES:

Zonas afectadas por un problema tipo, siempre que corresponda a Asientos diferenciales (5), Fracturación intensa (8), Pendientes altas (3) o Colapso de cavidades (10) o por varios de carácter menos importante, como Rugosidad acusada (4) o Discontinuidades a favor de la pendiente (7) y/o Encharcamientos (2).

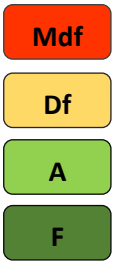
4) ZONAS CON CONDICIONES FAVORABLES:

Zonas sin ningún problema-tipo.

Ver en Anexo Nº 1 Mapa de Riesgos

Para el mapa de riesgos la zonificación del territorio según sus condiciones constructivas, establece las cuatro categorías mencionadas que se visualizan en la siguiente leyenda:

Donde:



Mdf: Zonas con condiciones **MUY DESFAVORABLES**.

Df: Zonas con condiciones **DESFAVORABLES**.

A: Zonas con condiciones **ACEPTABLES.**

F: Zonas con condiciones **FAVORABLES**.

De acuerdo a las características del cuadrante se identificaron las diferentes zonas (Ver Mapa de riesgos).

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos en el **ANÁLISIS DEL ÁREA** se llegaron a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Referente a la procedencia del Agua y el acceso a este servicio básico según los datos del INE se concluye que la vulnerabilidad es BAJA de la población asentada en el área intensiva en sectores consolidados comprendida en la totalidad del Distritos 1 y 2, el mayor porcentaje del Distrito 3 y más del 50% de los Distritos 4 y 5; mientras que en los sectores con asentamientos dispersos comprendidos en los Distrito 3, 4 y 5 la vulnerabilidad está entre MEDIA y ALTA, mientras que los sectores que están fuera del Área de Concesión de ELAPAS donde existen asentamientos humanos dispersos, en proceso de consolidación y con características rurales en algunos casos la vulnerabilidad es MUY ALTA. Existen cuadrantes del área urbana que no tienen registros del INE debido a que en la gestión 2012 todavía no existían asentamientos humanos en esos sectores.
- En cuanto a la disponibilidad de energía eléctrica la vulnerabilidad de la población en toda el área intensiva del Radio Urbano es BAJA, en los sectores con asentamientos dispersos y que en

su mayoría están ubicados en el límite del Área Urbana del Municipio la vulnerabilidad es MEDIA y MUY ALTA.

- Con referencia a la eliminación de la basura y el acceso de la población a este servicio básico en el área intensiva consolidada del área urbana es BAJA y está comprendida en su totalidad del Distrito 1, el mayor porcentaje del Distrito 2 y en parte de los Distritos 3, 4 y 5; mientras que en los sectores con asentamientos humanos dispersos y en proceso de consolidación de los Distritos 2, 3 y 4 es MEDIA y MUY ALTA.
- El acceso de la población a los servicios básicos los hace menos vulnerables frente a la ocurrencia de eventos adversos, los sectores vulnerables a deslizamientos en muchos casos no tienen acceso a alcantarillado, por lo que depositan sus aguas en el talud de sus viviendas haciendo que las mismas sean inestables.
- La falta del acceso de la población a los servicios básicos afecta el medio ambiente, limita su desarrollo y sus oportunidades, estos asentamientos humanos están ubicados generalmente en áreas vulnerables a deslizamientos, pendientes pronunciadas o rellenos y sus construcciones en muchos casos son precarias y no consideran obras de mitigación que las estabilicen.

Según los resultados obtenidos en el **ANÁLISIS AMBIENTAL** se llegaron a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- El Río Quirpinchaca atraviesa 20 cuadrantes la ciudad de Sucre: A2, B2, C2, C3, C4, C5, D2, D3, D4, D5, E3, E4, E5, D3, F4, F5, G4, G5, G6 Y G7. Realizar proyectos de limpieza general y de saneamiento integral son necesarios y es urgentes la construcción del interceptor Tucsupaya en el Distrito 2 y Distrito 3 va permitir que la cobertura de alcantarillado sanitario llegue a beneficiar a 57.546 Habitantes (2018) y 99 240 Habitantes Beneficiados (proyección 2048). Incrementando el caudal de agua residual en la PTAR el Campanario.

- El relevamiento de basurales de la Sub alcaldía del Distrito 4, ha encontrado más de 60 basurales clandestinos sobre el lecho del río Quirpinchaca desde el puente de Aranjuez hasta la PTAR El Campanario, si bien estos lugares que son limpiados regularmente por EMAS, se necesitan una actualización y ampliación de este relevamiento para toda la ciudad y un plan de concienciación y educación ambiental en la segregación de basura en origen.
- Sobre la contaminación atmosférica se debe realizar el control riguroso en el Centro de Inspección Vehicular Municipal a todo el parque automotor de la ciudad, en especial a los vehículos antiguos que no cuentan con catalizador.

Según los resultados obtenidos en el **ANÁLISIS HIDROLOGICO** se llegaron a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. En el caso de existir asentamientos nuevos en las áreas más bajas de los cuadrantes de análisis es en estas áreas donde existirán riesgos de inundaciones y en el peor de los casos producirse tanto pérdidas materiales como personales. Es en este entendido que se recomienda evitar la generación de nuevos asentamientos en estos terrenos bajos (remitirse a los mapas de riesgo para un mayor detalle) o en el caso de existir ya asentamientos consolidados lo recomendable es generar medidas de mitigación y control de las inundaciones como ser control de los asentamientos, obras de encauce, tratamiento de los taludes de manera natural, entre otros métodos.
2. Respecto al sistema de agua potable y alcantarillado de la zona se puede observar que los asentamientos cuentan con el servicio de agua potable y alcantarillado, en su mayoría en la zona central de la ciudad, estando en os cuadrantes más alejados ausentes los sistemas.
3. Como recomendación referente a la distribución de agua potable se debe garantizar el servicio tanto en cantidad adecuada como en la calidad requerida para que los habitantes de la ciudad no

tengan problemas de desabastecimiento durante el periodo de sequía e incrementar la demanda del líquido elemento con proyectos que lleguen a las zonas más alejadas de la ciudad.

4. Para el caso del alcantarillado se debe priorizar las instalaciones del servicio siempre que se pueda separando las aguas servidas de las que provienen de lluvias y así maximizar la cantidad de usuarios que puedan contar con alcantarillado que no deban eliminar sus residuos a las quebradas para evitar que estén expuestos a sus deshechos generando focos de infección de enfermedades y emergencias de salud; y por otro lado hacer el mantenimiento de las redes ya existentes periódicamente para extender el tiempo de vida útil de los sistemas.

Según los resultados obtenidos en el **ANÁLISIS GEOLOGICO Y DE RIESGOS** se llegaron a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

El estudio realizado corresponde a los 37 CUADRANTES de la ciudad de Sucre con el fin de determinar las áreas de riesgo para la aprobación de los proyectos de regularización municipal, de acuerdo a la ley 247 D.S. 1314.

Como ejemplo describimos a continuación lo realizado en un barrio de la ciudad de Sucre:

En el barrio 12 de octubre de la zona de Kora Kora se han realizado dos sondeos eléctricos verticales profundos (SEV)con la finalidad de tener un mejor conocimiento de los suelos en profundidad, este barrio en el primer semestre de este año comenzó a producirse asentamientos y rajaduras en sus inmuebles, por lo que a solicitud del G.A.M.S mediante DIMGER, se realizó una inspección a la zona acompañados de funcionarios de la alcaldía de Sucre y conjuntamente dirigente y vecinos se constató los asentamientos y rajaduras en varias viviendas.

- En la excavación de una construcción de sus zapatas en roca (lutitas) se observó mucha humedad, en otra vivienda se vio en las lutitas fracturas de más de 5 cm que tienen una dirección S-N, y la lutita muy fracturada, por lo que se programó los SEV.

- Según el dirigente del barrio en periodos de lluvia llega brotar el agua como una vertiente en un tramo.
- La zona presenta una inclinación del 13 % al 50.7 % hacia el W, los vecinos de la zona baja para construir sus viviendas realizan excavaciones en roca de más de 4m cortando la base de sustentación del talud rocoso y estos vecinos no tiene problemas de rajaduras.
- El 23 de marzo del presente año se registró un sismo de 5.3° en la escala Richter en la localidad de Zudáñez distante a 55 km del F 6, y a una profundidad de 609 km. según el observatorio de San Calixto, lo cual se tuvo que sentir en esta.
- Otra queja de los vecinos son las continuas descargas de presión que realiza en las madrugadas la Estación de Gas de Kora Kora, que hace vibrar el terreno.
- El problema principal es el agua o la humedad, saturación de las lutitas, estas al estar húmedas aumentan de volumen, pierden su cohesión y baja su Angulo de fricción interna, las lutitas meteorizadas son arcillas y las arcillas húmedas son suelos pésimos, lo cual redunda en asentamientos del terreno, rajaduras del piso, esto acompañado de la gradiente del terreno mayor a 45 %.
- Una solución que podría dar frutos a largo plazo es instalar un dren a 3 a 4 m de profundidad paralelo a la malla Oeste de la Estación de gas de unos 250 m de largo, porque digo a largo plazo, es por la velocidad de circulación del agua en las lutitas es lento (un metro por año) tardara mucho tiempo en hacer efecto el dren.
- Las futuras construcciones del área deberán estar diseñadas con zapatas arriostradas para evitar rajaduras y otros detalles que podrán encontrar los profesionales del área.
- Al barrio se la clasifica como zona con condiciones aceptables en el mapa de riesgos y vulnerabilidad.
- Asentamientos de gran magnitud son muy poco probable que se den, el área es reducido a más de rajaduras y pequeños asentamientos no existe otro problema en el área).

- ✓ El documento consta de un texto de los mapas: geológico, geomorfológico, geotécnico, hidrológico y de riesgos. Además, del documento digital y los planos en formato *.shp.
- ✓ Es un estudio técnico especializado de información: Geológica, geomorfológica, geotécnica, hidrológica y de riesgos, es un conjunto de estudios especializados que están definidos para la viabilidad o rechazo de las construcciones dentro los Cuadrantes del municipio de Sucre.
- ✓ El presente estudio es un documento que se basa en una valoración Geológica, geomorfológica, geotécnica, hidrológica y de riesgos a una escala 1:5.000 y no es un estudio específico para cada lote, casa, etc.
- ✓ Del trabajo realizado, los problemas surgirán después cuando se construyan las viviendas en las faldas de los cerros, es lo que no se debe permitir.
- ✓ Los suelos con espesores de algunos centímetros hasta más de 0.50 metros de altura en las peneplanicies onduladas, en las pendientes casi verticales no existen suelos.
- ✓ Según la clasificación geo mecánica de Bieniawski las rocas del área según su RMR se llegan a determinar como de la clase rocosa es de: CLASE III MEDIA y CLASE II BUENA.
- ✓ En el Anexo Nº 1 se puede ver el mapa de riesgos y vulnerabilidad. Se observa cómo la mayor parte del territorio posee unas condiciones constructivas Aceptables, condiciones Favorables son pocas o no debería existir, Condiciones Desfavorables se dan en las quebradas, con riesgo alto de inundación, mientras que en las zonas montañosas los problemas se deben fundamentalmente a las fuertes pendientes y alto riesgo de deslizamientos, condiciones Muy Desfavorables solo se detectó en muy pocas áreas, áreas de remoción en masa (sector Calancha) y áreas donde la pendiente es mayor a 70º.
- ✓ Las áreas con más problemas geomorfológicos de pendiente se presentan por sus taludes elevados a la orilla de los ríos y quebradas llegan a tener hasta un talud mayor a 60º, estos terrenos deben en lo posible ser utilizados para reforestar y convertirse en áreas verdes o pulmones de la ciudad.
- ✓ Las construcciones actuales están en las peneplanicies onduladas, no presentan mayor riesgo.

- ✓ Existen construcciones que están borde de los barrancos, estos en algún instante del tiempo presentaran problemas por asentamientos o deslizamientos y de este problema están conscientes sus propietarios.
- ✓ Otras construcciones están al borde de los ríos o quebradas, con el actual cambio climático ningún cálculo matemático de escorrentías servirá, los mismos quedaran pequeñísimos y serán rebasados, mientras no se lleguen a canalizar los causes de las quebradas.

Figura 30: Lugares donde no se debe construir

- ✓ En el área existen un sin número de urbanizaciones que ellos mismos no saben dónde comienzan y terminan, más son grupos de vecinos de buena voluntad que luchan por mejores condiciones de vida.
- ✓ Para evitar problemas de asentamientos o deslizamientos se deberá evitar realizar plataformas cortando la base del talud de los cerros o serranías.
- ✓ En la mayoría de las áreas ya existe caminos de acceso a los terrenos con fines de urbanización.
- ✓ Las urbanizaciones se están ejecutando aparentemente sin planificación, se ven viviendas por todas partes y caminos de acceso a toda área donde se pueda acceder a tratar de construir o edificar viviendas,

sin importar si son terrenos planos o inclinados.

- ✓ El drenaje en general es bueno en toda el área, no existirán problemas de inundaciones o encharcamientos.
- ✓ Para las nuevas construcciones que se ejecuten se les deberá asesor para que los mismos cuenten con un diseño antisísmico, considerando el alto grado de sismicidad de la ciudad.
- ✓ La meteorización y erosión hídrica que se tiene en la zona son muy relevantes para problemas de inestabilidad de los suelos, los mismos se deben tomar en cuenta en cualquier obra que se ejecute ya sea municipal o privado.
- ✓ Es de prioridad realizar un manejo de cuencas, para evitar futuros problemas de estabilidad de taludes, hídricos como ambientales, la contaminación de las quebradas desechando residuos líquidos y sólidos.
- ✓ En muchas quebradas en sus inicios ya existen embovedados para recibir aguas servidas, que van a contaminar los ríos, se debería pensar en pequeñas plantas de tratamiento de aguas residuales o servidas.
- ✓ No recomendamos la ejecución de poteos, lo que se debería realizar es canalizar las quebradas o ríos (por ejemplo, el Quirpinchaca) y las aguas servidas llevarlas a pequeñas plantas de tratamiento por tuberías, por lo disperso del área y varias quebradas a varias cuencas deferentes.

Figura 31: Propuesta de canales abiertos para drenaje pluvial

- ✓ Porque no poteos los mismos serán en algún ínstate rebasados, (como lo ocurrido en la zona de San Juanillo años atrás), se ven otras áreas donde si llega a ser rebasado el poteo ocasionarán grandes daños (la zona el tejar, la quebrada que nace en el flanco occidental del cerro Churuquella, con una cuenca amplia, y pasa por los talleres del SENAC, el rio o quebrada ya fue poteado hasta el Tejar), soportara precipitación concentradas en pocos minutos.
- ✓ Los terrenos de más de 22.5° se la debe utilizar exclusivamente en reforestación para áreas verdes (Son zonas con condiciones desfavorables)
- ✓ En función a la importancia que presentan los diferentes problemas o su grado de incidencia el área se dividió en zonas con distintas condiciones de uso constructivo, como las descritas líneas arriba, en el mapa de riesgos:
    - Desfavorables
    - Muy desfavorables
    - Favorables
    - Aceptables

  Esta zonificación tiene un carácter subjetivo, se basa en realidad en una interpretación de datos.

- ✓ Dentro de estas zonas tienen la obligación de ser acompañadas de una seria de obras de mitigación (controlar la erosión, humedad de los suelos y desestabilizar taludes).
- ✓ En el presente documento existen varias recomendaciones que deben ser tomadas en cuenta en la implementación de obras.

- ✓ En lo sísmico se recomienda implementar normativa con características sísmicas, por ejemplo se debería implementar la Junta sísmica entre construcciones para evitar en un movimiento sísmico de un edificio sea independiente del otro (vecino) y no se produzca el desastre en cascada, (X cm) según el número de

pisos y la zona se determina la distancia de separación entre viviendas el valor Xcm. Hoy en día vemos que edificios de varias plantas más de 5 pisos están juntas, ¿no consideran juntas de dilatación las vacían las losas pegadas al vecino ahorrándose encofrado?

- ✓ La finalidad de los mapas geológicos, geomorfológicos, geotécnicos y de riesgo y vulnerabilidad consiste en aportar una estimación preliminar sobre las características mecánicas de los suelos estudiados y establecer una clasificación cualitativa sobre sus condiciones constructivas.
- ✓ Dada la escala de trabajo y la ausencia de levantamientos topográficos a detalle, este estudio no tiene el suficiente nivel de detalles como para realizar la investigación geológica geotécnica que requiere un proyecto constructivo individual de una vivienda, etc.
- ✓ Se trabajó o elaboro el presente informe con todos los datos obtenidos de la bibliografía existente, trabajo de campo realizado más el apoyo de laboratorio de suelos.

14. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Lazcano S. (2007). "Caracterización de suelos arenosos mediante análisis de ondas de superficie".
- PMOT Gobierno Autónomo Municipal de Sucre.
- Grimaux Gobierno Autónomo Municipal de Sucre.
- González Vallejo.L "Ingeniería geológica".
- Estudio Especializado para definir las áreas de riesgo en los proyectos de Regularización Municipal diciembre 2014.
- Guía Boliviana de Diseño sísmico, 2020
- Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS)
- SERGEOMIN, Superintendencia de Minas
- Cartas IGM Chuquisaca escala 1:50.000
- Mapa geológico de Bolivia (YPFB-GEOBOL)
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA. Seminario taller de mecánica de suelos y exploraciones geotécnicas. Perú: Centro japonés de investigaciones Sísmicas y Mitigaciones de Desastres, 1992. 189p.
- X JORNADAS GEOTECNICAS DE LA INGENIERIA COLOMBIANA – SCI – SCG – 1999
- PROPIEDADES GEOTECNICAS Y MECANICAS DE LOS SUELOS: CORRELACIONES Y MODELOS MATEMATICOS (con énfasis en los suelos bolivianos) Alberto Benítez Reynoso Ing. Civil Dr. Sc., Ph.D., M.E., M.Sc., 2021
- Actualización del Manifiesto Ambiental del Sistema ELAPAS Modulo Planta de Tratamiento de Agua Residual El Campanario, ELAPAS, agosto de 2021.
- Elaboración del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (PM de AP&AS) para la ciudad de Sucre Volumen I Aspectos generales y diagnóstico de la situación actual de los servicios de

agua potable y alcantarillado sanitario Tomo 3 Diagnóstico actual de los servicios de alcantarillado sanitario Documento: PMSUC_1_REP_Vol1_T3_R2_210223 Revisión 2 febrero de 2021

- Resolución Administrativa VMABCCGDF N°0028/2018 “Metodología de Identificación de Impactos Ambientales", MMAYA, 2018.
- HELVETAS. PROYECTO CORE URBAN: “ELABORACIÓN DE DIAGNÓSTICO INTEGRAL Y FORMULACIÓN DE LINEAMIENTOS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARA UN MUNICIPIO RESILIENTE PARA EL GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE SUCRE”. 2020.