

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS GEOLÓGICAS
CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA



MEMORIA LABORAL

**APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA EN LÍNEA BASE AMBIENTAL DEL
PROYECTO: “LÍNEA CARRASCO - BRECHAS”**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN
INGENIERÍA GEOGRÁFICA**

POSTULANTE: JOSÉ FERNÁNDEZ CALLISAYA

TUTOR: ING. Msc. DANNY RODNEY REYNOSO SILES

LA PAZ - BOLIVIA

DEDICATORIA:

Dedico esta memoria laboral primero a Dios por darme vida, salud, fuerza, trabajo y valentía; con mucho cariño principalmente a mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papá Antonio y mamá Natividad por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque pasamos momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de todo corazón el que estén conmigo a mi lado compartiendo este objetivo en mi vida.

A mis Hermanas Mary Isabel, Guadalupe, gracias por estar conmigo y apoyarme siempre. Y a mis cuñados por ser parte de esta familia unida donde siempre hay un apoyo incondicional.

Y finalmente a todos mis compañeros de curso y docentes que fueron nuestra familia en los 5 años de la carrera y hasta ahora son amigos y colegas con los cuales ahora tenemos anécdotas y recuerdos que perduraran por siempre como algo hermoso de nuestra vida Universitaria.

AGRADECIMIENTOS Y RECONOCIMIENTO:

Agradezco a Jesús, el único amigo que nunca me abandona, que guía mi camino, me da la luz y abrió las puertas para poder alcanzar este sueño.

Gracias papás Antonio y Natividad, por darme la vida y todo su amor, sé que con este logro estarán orgullosos que no es solo mío, sino de todas las personas que amo.

Gracias, Ing. José Flores, por brindarnos su tiempo y dedicación para orientarnos y lograr vencer esta meta tan anhelada.

Gracias, Ing. Danny Rodney Reynoso Siles, por aceptar ser mi tutor y conducirme hasta el objetivo final de este emprendimiento.

Y un especial agradecimiento y reconocimiento a la Facultad de Ciencias Geológicas, Carrera de Ingeniería Geográfica, al Honorable Consejo Facultativo, a todos los que la conducen, gracias por darnos esta posibilidad de culminar la carrera.

RESUMEN

El crecimiento de la demanda y la instalación de nuevos nodos de generación de electricidad, de fuentes hídricas, térmicas, solar, eólica y otras, requiere la implementación de un vínculo de mayor capacidad y confiabilidad para interconectar el potencial energético de la parte central y oriental del país.

De acuerdo a Plan Eléctrico del Estado Plurinacional de Bolivia 2025¹, la subestación de Brechas, ubicada en el municipio de La Guardia, en el Departamento de Santa Cruz, requiere una infraestructura de transmisión con mayor capacidad, con una de las zonas de mayor generación del sistema eléctrico como se constituye hoy en día la subestación Carrasco, ubicado en el municipio de Entre Ríos, Departamento de Cochabamba, donde se encuentran emplazadas las principales fuentes de generación termoeléctrica debido a la disponibilidad de hidrocarburos como el gas.

Para establecer las variables ambientales requiere de una Línea Base Ambiental que contemple el levantamiento de información primaria y secundaria de los factores, bióticos, abiótico y socioeconómicos del área de influencia del proyecto. Para esta tarea es indispensable la utilización de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) que permitan modelar toda la información recopilada, a partir de un Análisis Jerárquico Multicriterio que permita para definir la alternativa del trazo más adecuado minimizando su afectación a los factores ambientales.

¹ A través de procesos de nacionalización, se recuperó el rol protagónico del Estado Plurinacional de Bolivia en la planificación del sector eléctrico, con criterios de equidad e inclusión social, haciéndolo estratégico y fundamental para el desarrollo del país, garantizando que todas las bolivianas y bolivianos podamos gozar del servicio básico de electricidad, así como fomentar el desarrollo económico y social, para mejorar las condiciones de vida y el crecimiento del sector productivo.

Contenido

Contenido.....	V
1. Introducción	1
2. Antecedentes	1
3. Planteamiento del problema.....	2
4. Objetivos	3
4.1. Objetivo General	3
4.2. Objetivo Especifico.....	3
5. Justificación	3
6. Alcance del trabajo.....	4
7. Marco teórico	5
7.1. El Sector Eléctrico en Bolivia.....	5
7.1.1. Demanda energética del país.....	7
7.1.2. Estructura de Líneas de Transmisión Nacional.....	10
7.2. Sistemas de Información Geográfica	14
7.2.1. Objetivos de un Sistema de Información Geográfica	14
7.2.2. Componentes de un SIG	14
7.2.3. Análisis de las Necesidades de Información.....	16
7.2.4. Conversión de Datos.	16
7.2.5. Carga de Datos	17
7.2.6. Base de datos.....	17
7.2.7. Diseño Conceptual y Lógico de la Base de Datos.	17
7.2.8. Implementación del SIG.	18
7.2.9. Aplicaciones.....	18
7.3. Análisis Jerárquico Multicriterio (Analytic Hierarchy Process, AHP) -SSATY ..	19
7.3.1. Introducción	19
7.3.2. Explicación del AHP.....	19
7.3.3. Escala de asignación de valores	20
7.3.4. Matriz de decisión.....	21
8. Desarrollo del tema	23

8.1.	Definiciones	23
8.2.	Características Técnicas del Proyecto.....	24
8.3.	Descripción de la Línea Base Ambiental.....	26
8.3.1.	Ubicación geográfica	26
8.3.2.	Levantamiento de Información de Medio Físico	28
8.3.2.1.	Objetivos del levantamiento de información del medio físico	28
8.3.3.	Metodología	28
8.3.4.	Trabajo de campo.....	30
8.3.5.	Determinación de la línea Base Ambiental.....	31
8.3.6.	Tabla Resumen Línea Base Componente Abiótico	32
8.3.6.1.	Cartografía Componente Abiótico	36
8.3.7.	Tabla Resumen Línea Base Componente Biótico.....	47
8.3.7.1.	Cartografía Componente Biótico	50
8.3.7.2.	Cartografía Componente Socioeconómico	60
8.4.	Análisis de Variables	65
8.4.1.	Criterios Técnicos y Ambientales.....	65
8.4.2.	Análisis Jerárquico Multicriterio	66
8.4.3.	Análisis de Alternativas	72
8.4.3.1.	Alternativa 1.....	72
8.4.3.2.	Alternativa 2.....	73
9.	Conclusiones y recomendaciones	75
9.1.	Conclusiones.....	75
9.2.	Recomendaciones.....	76

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Demanda de Energía Nacional los últimos 5 años	8
Tabla 2	Principales fuentes de generación de energía eléctrica.....	9
Tabla 3	Estructura del sector Transmisión.....	10
Tabla 4	principales herramientas empleadas	18
Tabla 5	Escala de comparación por pares.....	21

Tabla 6 Índice aleatorio RI	22
Tabla 7 Porcentajes máximos del ratio de consistencia CR	22
Tabla 8 Ubicación geográfica	26
Tabla 9 Metodología de información del medio físico	29
Tabla 10 Metodología de para el relevamiento de campo	30
Tabla 11 Componente Abiótico	32
Tabla 12 Componente Biótico	47
Tabla 13 Componente Socioeconómico	55
Tabla 14 Datos de Población por municipio.....	60
Tabla 15 Datos de Población por municipio.....	65
Tabla 16 Escala de valores para pares	66
Tabla 17 Matriz de decisión.....	68
Tabla 18 valores de AHP	69
Tabla 19 Porcentaje y esos asignados para la superposición ponderada	70
Tabla 20 Datos Alternativa 1	72
Tabla 21 Análisis de la Alternativa 1.....	73
Tabla 22 Datos Alternativa 2	73
Tabla 23 Análisis de la Alternativa 2.....	74
Tabla 24 Síntesis de análisis de alternativa concluyente	75

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes del Sistema Eléctrico Nacional.....	5
Figura 2 Estructura del Sistema Interconectado Nacional, CNDC 2016-2020	7
Figura 3 Comportamiento de la demanda de energía Nacional, CNDC 2016-2020	9
Figura 4 Mapa del Sistema Interconectado Nacional (SIN),CNDC 2016-2020.....	13
Figura 5 Componentes de un SIG, http://corponarino.gov.co/pmapper-4.1.1/sig/interfase/interfase.html	16
Figura 6 Ejemplo de estructura jerárquica AHP, Saaty 2014.	20
Figura 7 Esquema de las estructuras de línea, Resolución AETN 409/2019.....	25

Figura 8 Esquema isométrica de las estructuras y línea de transmisión con su faja de seguridad	25
Figura 9 Mapa de Unidades Territoriales, elaboración en base a datos de límites municipales del ministerio de Autonomías 2015, e imágenes satelitales USDA USGS-GEO-EYE.....	27
Figura 10 Mapa de Ecoregiones, elaboración propia, con datos de FAN, e imagen satelital USDA USGS GEO EYE.	37
Figura 11 Mapa Topográfico, elaboración propia, con datos ASTER GDEM-30 m.	38
Figura 12 Mapa Fisiográfico, elaboración propia, con datos GEOBOL.	39
Figura 13 Mapa Geomorfológico, elaboración propia, con datos GEOBOL.	40
Figura 15 Mapa Geológico, elaboración propia, con datos GEOBOL.....	41
Figura 15 Mapa de Suelos, elaboración propia, con datos FAO-UNESCO.....	42
Figura 16 Mapa Hidrográfico, elaboración propia, con datos del Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego	43
Figura 17 Mapa Climático, elaboración propia con datos FAO UNESCO	44
Figura 18 Mapa de Isotermas, elaboración propia, con datos SENAMHI	45
Figura 19 Mapa de Isoyetas, elaboración propia, con datos SENAMHI.....	46
Figura 20 Mapa de Estado de Conservación, elaboración propia con datos de FAN.....	51
Figura 21 Mapa de Vegetación, elaboración Propia, con datos de Wanderley Ferreira y Gonzalo Navarro	52
Figura 22 Mapa de Endemismo de especies, elaboración propia, con datos de SERNAP.....	53
Figura 23 Mapa de Áreas Protegidas, elaboración propia, con datos de SERNAP y Secretaría Departamental de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de Santa Cruz Tabla Resumen Línea Base Componente Socioeconómico.....	54
Figura 24 Distribución poblacional según municipio, elaboración propia, con datos de INE, Censo de población y vivienda	60
Figura 25 Mapa demográfico según intervención municipal, elaboración propia, con datos de INE, Censo de población y vivienda 2012, e imagen satelital USDA USGS GEO EYE	61
Figura 26 Mapa de establecimientos educativos, elaboración propia, con datos Sistema de Información Educativa SIE, e imagen satelital USDA USGS GEO EYE.....	62
Figura 27 Mapa de establecimientos de salud, elaboración propia, con datos del Ministerio de Salud, e imagen satelital USDA USGS GEO EYE	63

Figura 28 Mapa de Uso de Suelos, elaboración propia, con datos del Plan de Ordenamiento Territorial en el Departamento de Santa Cruz en el año 2011, YPFB, ENDE, ABC.....	64
Figura 29 Mapa de Análisis Jerárquico Multicriterio, elaboración propia, en base a datos del Análisis de Jerarquización Multicriterio AHP.....	71
Figura 30 Estadísticas Alternativa 1, elaboración propia en base a datos de superposición ponderada.....	72
Figura 31 Estadísticas Alternativa 2, elaboración propia en base a datos de superposición ponderada.....	74

INDICE DE ABREVIATURAS

Término	Abreviatura
AETN	Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear
CNDC	Comité Nacional de despacho de Carga
CRI	Criterios Relevantes Integrados
ENDE	Empresa Nacional de Electricidad
IGM	Instituto Geográfico Militar
INE	Instituto Nacional de Estadística
kV	Kilo voltios
MEM	Mercado Eléctrico Mayorista
MW	Mega vatios
PN-ANMI	Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado
PNC	Parque Nacional Carrasco
RPCA	Reglamento de Prevención y Control Ambiental
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SERNAP	Servicio Nacional de Áreas Protegidas
SERGEOMIN	Servicio Geológico Minero
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SIN	Sistema Interconectado Nacional
UCPN	Unidad de Conservación del Patrimonio Natural
AHP	Proceso de Análisis Jerárquico

1. Introducción

Actualmente el potencial hidroeléctrico en el territorio boliviano está concentrado en las áreas central, norte y sur, principalmente en el departamento de Cochabamba, mientras que la disponibilidad de gas natural en el área oriental y sur, donde participan los departamentos de Santa Cruz, Tarija, y Chuquisaca.

Bajo este panorama surge la necesidad de implementar líneas de Extra Alta tensión que puedan transportar un mayor volumen de energía, en este caso la línea Carrasco Brechas, en 500 kilo voltios permitirá transportar esta energía desde los nodos de generación hasta los nodos de transmisión del Sistema Interconectado Nacional.

Para la implementación de una línea de transmisión se requiere plantear alternativas para el trazo que puedan reducir los impactos ambientales negativos y asimismo reducir costos de construcción y operación.

Para esto se requiere elaborar la Línea Base Ambiental, contemplado sus factores Abióticos, Bióticos y Socioeconómicos, que permitan realizar un análisis jerárquico multicriterio para establecer el trazo más óptimo que reduzca, minimice su impacto ambiental por zonas sensible.

La aplicación de Sistemas de Información Geográfica es indispensable para este análisis de las condiciones del área de influencia del proyecto, así mismo la metodología de Análisis Jerárquico Multicriterio para evaluar de forma cuantitativa las variables más importantes, que permitan la toma de decisión final.

De toda la información que se obtenga, será representando gráficamente mediante la generación cartográfica de las variables que intervienen.

2. Antecedentes

El crecimiento de la demanda y la instalación de nuevos nodos de generación de electricidad, de fuentes hídricas, térmicas, solar, eólica y otras, requiere la implementación de un vínculo de mayor capacidad y confiabilidad para interconectar el potencial energético de la parte central y oriental del país.

Para el diseño de las líneas de transmisión se requiere un input o entrada de datos que permitan definir el trazo ideal de una línea.

La recopilación de información de fuentes secundarias y primarias para la línea base ambiental, de acuerdo a la magnitud del proyecto, se hace complejo visualizar toda información de manera gráfica, y más aún si se requiere realizar un análisis de múltiples variables que interactúen y definan la viabilidad de una alternativa. Bajo esta premisa es fundamental utilizar un método de análisis jerárquico y herramientas de Sistemas de Información Geográfica permiten procesar la información de manera adecuada, fundamental para un análisis de alternativas que oriente la toma de decisiones para definir el trazo a diseño final.

3. Planteamiento del problema

La problemática principal es la complejidad que representa procesar la información de Línea Base Ambiental y jerarquizar la información más relevante, que posteriormente permita definir el trazo de la línea más óptimo, que evite o reduzca los impactos negativos que puedan generarse en zonas ambientalmente sensibles.

Como respuesta a esta problemática se plantea la aplicación de Sistema de Información Geográfica como una herramienta que nos permita realizar el análisis espacial de las variables identificadas y de esta manera realizar un análisis de alternativas y la toma de decisión.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Realizar el Levantamiento de Línea Base Ambiental y Análisis Jerárquico Multicriterio, para definir el trazo más óptimo de la línea de transmisión evitando y minimizando la intervención por zonas ambientalmente sensibles, mediante la aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográfico, que permitan realizar el análisis y procesamiento de información espacial, para la toma de decisiones.

4.2. Objetivo Especifico

- Establecer las características de los factores ambientales iniciales, mediante la recopilación de información secundaria y levantamiento de datos durante el trabajo de campo, para su respectiva corroboración y procesamiento mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica.
- Realizar el Análisis Jerárquico Multicriterio que permita asignar valores a las variables pertinentes del trazo de la línea de transmisión considerando aspectos ambientales y técnicos.
- Elaborar con los datos del Análisis Jerárquico Multicriterio, la superposición ponderada de las variables más importantes y obtener los datos necesarios para la evaluación de las alternativas planteadas y su toma de decisión concluyente.

5. Justificación

Por las características lineales del proyecto que atraviesa territorialmente departamentos, municipios, áreas protegidas, cuencas, ecorregiones, y otras zonas homogéneas, se requiere de un Sistema de Información Geográfica, que permita construir una base de datos para la Línea Base Ambiental.

Con la aplicación de herramientas de análisis espacial, se podrá sintetizar la información de manera gráfica, que permita el análisis y procesamiento de la información. De otro modo sería muy complicado poder visualizar, analizar y tener un panorama geográfico de las características ambientales que rodean al proyecto.

Por otra parte, sería complejo establecer las variables más importantes sin una adecuada metodología de Análisis Jerárquicos Multicriterio.

El presente trabajo representa un escenario ideal para el análisis de múltiples variables, ya que este proyecto, atraviesa 2 áreas protegidas nacionales: El Parque Nacional Carrasco y Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Amboró, 1 Área Protegida Departamental: “Unidad de Conservación del Patrimonio Natural Espejillos”, además que se encuentra entre 2 departamentos Cochabamba y Santa Cruz y 7 municipios, Entre Ríos, Yapacaní, San Carlos, Buena Vista, Porongo, El Torno y La Guardia. Todas estas características permiten desarrollar y explicar la aplicación y potencial de los Sistemas de Información Geográfica, con el potencial de poder representarla gráficamente facilitando el análisis de alternativas y toma de decisiones.

Bajo estos argumentos se justifica la aplicación de herramientas SIG, para el análisis y definición de las variables identificadas.

6. Alcance del trabajo

El alcance del trabajo se basa en la aplicación de Sistemas de Información Geografía para una Línea Base Ambiental, y el respectivo Análisis Jerárquico Multicriterio, para el trazo más óptimo de la “Línea Carrasco – Brechas”.

El alcance de la Línea Base Ambiental, estará conformada por sus componentes Abióticos, Bióticos y Socioeconómicos.

Para el Análisis Jerárquico el Alcance se realizará en los factores más relevantes para el planteamiento de alternativas, los criterios o variables a tomarse en cuenta serán: Suelos, geomorfología, geología, hidrografía, estado de conservación, endemismo, áreas protegida, uso de suelos, vegetación y topografía.

El alcance geográfico lo constituyen los departamentos de Cochabamba y Santa Cruz con los municipios de: Entre Ríos, Yapacaní, San Carlos, Buena Vista, Porongo, El Torno y La Guardia.

El alcance socioeconómico está dado por los municipios que se interviene, en este caso las variables a considerarse son: demografía, educación, salud, servicios básicos, economía local, y uso de suelos.

7. Marco teórico

7.1. El Sector Eléctrico en Bolivia

El sistema eléctrico boliviano está conformado por el Sistema Interconectado Nacional (SIN), que provee de energía eléctrica a las principales ciudades del país y los Sistemas Aislados que abastecen a las ciudades menores y distantes del eje troncal (CNDC, Datos Sector Transmisión, 2021). El SIN fue constituido por la Empresa Nacional de Electricidad (ENDE) a finales de la década de los 70 y se compone de instalaciones de generación, transmisión y distribución que operan en forma coordinada para abastecer el consumo eléctrico de los departamentos de La Paz, Oruro, Cochabamba, Santa Cruz, Beni, Potosí y Chuquisaca, lo que representa aproximadamente el 90% de la demanda nacional.

Es parte fundamental del Sistema Interconectado Nacional (SIN), se compone de tres áreas fundamentales: Generación Transmisión y Distribución, que garantiza el suministro de energía eléctrica a los 9 departamentos del país, aunque actualmente existen aún sistemas aislados en algunas regiones rurales de los Departamentos de Pando, Beni y Tarija principalmente.

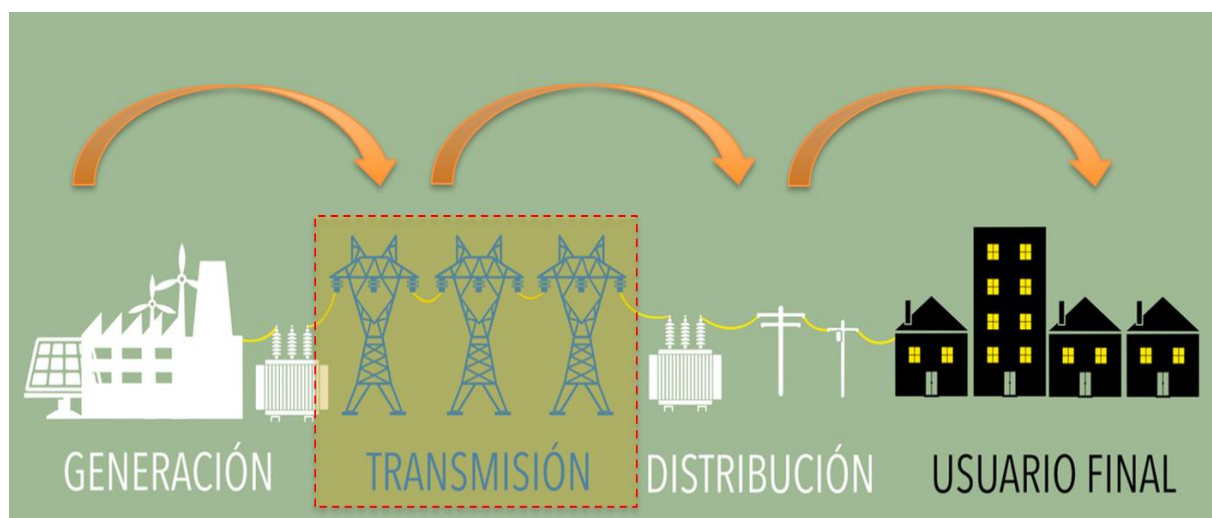


Figura 1 Componentes del Sistema Eléctrico Nacional

El CNDC es responsable de realizar la operación del Sistema Interconectado Nacional (SIN), coordinando de forma integrada la operación de las instalaciones de generación y transmisión con el despacho de carga en tiempo real, atendiendo la demanda horaria en forma segura, confiable y a costo mínimo. Administra el SIN, de forma confiable y transparente con todos los agentes del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), “que realizan transacciones de compra – venta y transporte de energía eléctrica en el SIN” (CNDC, Datos del sector Generación, 2021), a través de la elaboración del balance valorado del movimiento de electricidad, garantizando los derechos y obligaciones que les faculta la Ley de Electricidad 1604², sus reglamentos y demás disposiciones vigentes.

El Ministerio de Hidrocarburos y Energías, tiene la función principal del “desarrollo eficiente y sostenible de la industria eléctrica, aprovechando las fuentes energéticas de forma racional y promoviendo las condiciones de acceso universal al servicio de energía eléctrica, a fin de garantizar el abastecimiento de la demanda futura, manteniendo los niveles de calidad requeridos por las condiciones de desempeño mínimo a menor costo” (AETN, 2021).

Por otra parte, se tiene a la Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Energía Nuclear (AETN), quienes tienen la función “central de proponer, reglamentos legales, disposiciones reglamentarias, normativas y guías técnicas sobre operación y seguridad, en el sector eléctrico y nuclear, radiológica, física, salvaguardias y desempeño del personal asociado a instalaciones del país”. (AETN, 2021).

² La ley de electricidad boliviana (Ley N° 1604), fue emitida el 21 de diciembre de 1994, y la misma norma las actividades de la Industria Eléctrica y establece los principios para la fijación de precios y tarifas de electricidad en todo el territorio nacional.

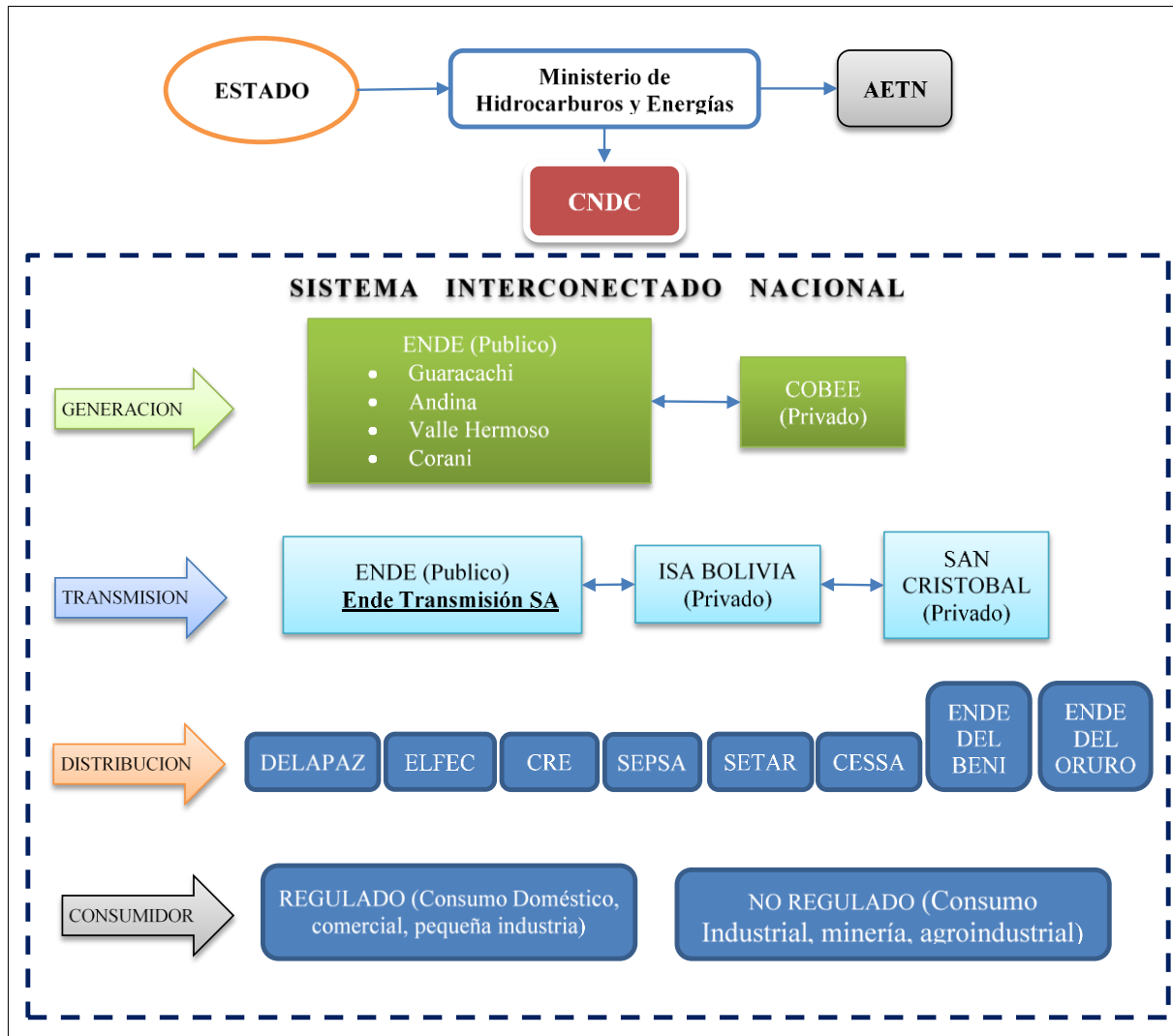


Figura 2 Estructura del Sistema Interconectado Nacional, CNDC 2016-2020

7.1.1. Demanda energética del país

Durante la última década la tendencia de crecimiento de la demanda de energía eléctrica en Bolivia pasó por tres periodos, el primero del 2000 al 2005, donde se tuvo un crecimiento promedio del orden del 3,98% anual, impulsado principalmente por el crecimiento vegetativo de la población, un segundo periodo del 2006 al 2012, donde el crecimiento promedio fue de 9,04%, al 2016 se el crecimiento para el 2016 y 2017 fueron de 4,3% y 4,2%. Este acentuado incremento en la tasa de crecimiento anual se debe en gran medida a una política agresiva por parte del Estado, destinada a la expansión de la frontera y desarrollo de la infraestructura eléctrica para sostener el creciente aparato productivo del país e incrementar el acceso al servicio básico de electricidad.

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

Según datos del CNDC, “la capacidad efectiva de generación el año 2019 llegó a 3150 MW, producidas por las centrales termoeléctricas, hidroeléctricas, parques eólicos, y solares, actualmente en operación; siendo la demanda interna actual en promedio máximo de 1410 MW” (CNDC, Datos del sector Generación, 2021), eso significa que generamos más del doble de la potencia requerida, por tanto, estaría garantizada la demanda interna de energía del país, con una proyección incluso hasta el 2030.

Por otra parte, dentro del Plan Eléctrico de Bolivia 2025, se tiene la “Exportación de Energía al Paraguay y Brasil” (Hidrocarburo y Energía, 2014) en el corto y mediano plazo, donde se pretende exportar la energía excedente que se genera, asegurando primeramente el consumo interno.

A continuación, se presenta los datos de la potencia máxima consumida en Mega-vatios de los últimos cinco años, según datos de la CNDC:

Tabla 1 Demanda de Energía Nacional los últimos 5 años

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
2020	1427,9	1488,6	1565,8	1223,8	1243,7	1269,7	1285,2	1305,0	1452,2	1518,9	1538,6	1475,2	1399,6
2019	1457,2	1471,2	1411,0	1471,4	1458,0	1439,1	1409,2	1444,1	1512,3	1478,0	1447,1	1455,7	1454,5
2018	1381,7	1409,9	1401,8	1451,5	1396,9	1346,0	1390,0	1433,6	1511,2	1477,0	1476,3	1456,4	1427,7
2017	1395,4	1376,8	1396,0	1360,0	1368,6	1343,7	1379,1	1431,2	1416,3	1456,6	1443,8	1458,5	1402,2
2016	1347,8	1342,5	1383,5	1386,3	1315,1	1290,8	1338,6	1385,5	1433,6	1431,4	1384,0	1369,7	1367,4
												Prom. Tot.	1410,3

Fuente: CNDC 2016-2020

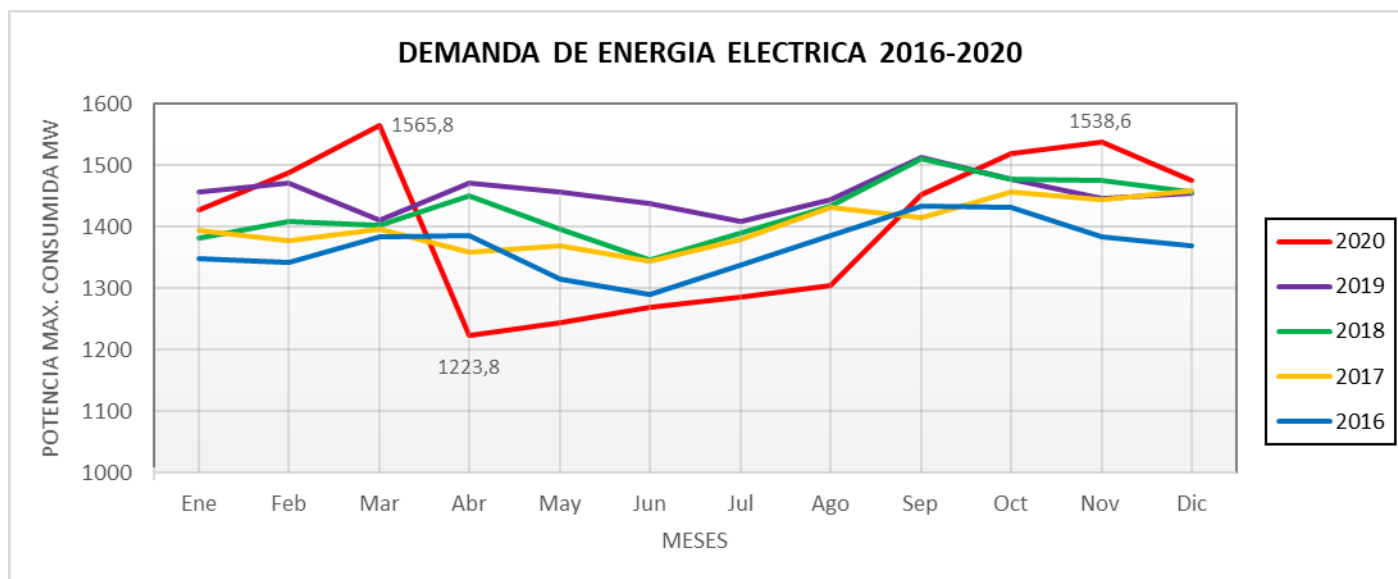


Figura 3 Comportamiento de la demanda de energía Nacional, CNDC 2016-2020

Como se puede apreciar la demanda de energía eléctrica va de acuerdo al crecimiento y desarrollo económico del país, se prevé que para el 2030, el país requerirá una demanda energética de 3131 MW, y para ese entonces se espera que Bolivia este generando alrededor de 1 GW.

El Plan Eléctrico de Bolivia 2020-2025, pretende “cambiar la matriz energética del país, pasando de energías no renovables como el gas pasado a fuentes alternativas como fuentes: hídrica, solar, eólica, geotérmica, y biomasa” (Hidrocarburo y Energía, 2014).

Tabla 2 Principales fuentes de generación de energía eléctrica

Fuente de Generación	Proyecto	Potencia MW	
No Renovables	Termoeléctricas	Unidad Térmica EL Alto Alto	232
		Unidad Térmica Bulu Bulu - Bulu	348
		Termoeléctrica del Sur	168
		Termoeléctrica de Warnes	200
		Termoeléctricas en el Área Oriental	488
		Termoeléctricas en el Área Central	89
		Termoeléctrica en el Área Sur	83
		Sub Total	1108
Renovables	Hidroeléctricas	Misicuni Fases I y II	120
		San José	120
		Umapalca (Miguillas)	83
		Palillada (Miguillas)	113
		Ivirizú	164
Rositas	400		

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

Fuente de Generación	Proyecto	Potencia MW
	Carrizal Fases I, II y III	347
	Icla	102
	Margarita	150
	Complejo hidroeléctrico Río Grande	2882
	Cachuela Esperanza	990
	El Bala	1680
	Sub Total	7151
	Qollpana	12
	Dorado	54
	Warnes	21
Parque Eólicos	San Julián	36
	La Ventolera	94
	Sub Total	217
	Oruro	100
Parque Fotovoltaico	Uyuni	60
	Cobija	5
	Sub Total	165
Biomasa	San Buena Aventura	10
Geotérmica	Laguna Colorada	100
	Total	8751

Fuente: CNDC 2016-2020

7.1.2. Estructura de Líneas de Transmisión Nacional

Las líneas de transmisión a Nivel Nacional están estructuradas por agentes del Mercado Eléctrico Mayorista, ósea los operadores de la red de transporte y los constructores de expansiones de la red de transmisión. Según datos de la (CNDC, Datos Sector Transmisión, 2021), Bolivia actualmente tiene 5861 km de líneas instaladas a lo largo de los 9 departamentos, a continuación, se detallan como se componen las líneas:

Tabla 3 Estructura del sector Transmisión

Empresa	Componente	Longitud (km)	%
	Líneas en 230 kV	2999,8	
ENDE TRANSMISIÓN	Líneas en 115 kV	1892,2	87%
	Líneas en 69 kV	214,2	
	Sub Total	5106,2	
ISA BOLIVIA	Líneas en 230 kV	587,0	10%
SAN CRISTOBAL TESA	Líneas en 230 kV	167,3	3%

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

Empresa	Componente	Longitud (km)	%
Total, SIN	-	5861	100%

Fuente: CNDC 2019

Como se puede apreciar en el Tabla anterior Ende Transmisión, prácticamente abarca la operación de un 87% de todo el Sistema Interconectado Nacional, haciendo un total de 5106,2 km de líneas, en voltajes de 230 kV, 115 kV, y 69 kV.

Para el transporte de los volúmenes de energía, en función a la proyección de la demanda interna y futura exportación de energía, se requiere infraestructura de mayor capacidad, por tanto, es indispensable la implementación de líneas de transmisión en 500 KV, principalmente donde se encuentran ubicadas las principales fuentes de generación.

La actual demanda y oferta de energía requiere mayores exigencias tecnológicas para el transporte efectivo de energía, es así que una línea en extra alta tensión permite simplificar en una sola línea el transporte de energía, que en su defecto se tendría que implementar 2 o 3 líneas de una tensión menor para el mismo fin.

Actualmente en Bolivia, se tiene un Sistema Interconectado compuestas de líneas en alta tensión en 69 kV, 115 kV, 230 kV, de poca capacidad que no permite el transporte de mayor cantidad de energía, si bien se tiene el potencial de generación, hace falta líneas de extra alta tensión, más robustas que permitan llevar mayor cantidad de energía a través de una sola línea. La construcción de varias líneas en 69 kV 115 kV y 230 kV, producen un mayor impacto económico, ambiental y social por el área de intervención; que como ejemplo se puede citar la construcción de carreteras en una sola vía (mayores recursos e impactos) en lugar de una carretera en doble vía. Con la ejecución del proyecto se pretende ofrecer al país un sistema eléctrico robusto, optimizando recursos y minimizando impactos, con mejores servicios eléctricos de transmisión, comercialización y distribución, garantizando la continuidad del suministro y acceso universal a la electricidad, en forma sostenible.

El proyecto denominado “Línea Carrasco - Brechas”, consiste en la expansión del sistema eléctrico de transmisión en un voltaje de 500 kilo voltios, que se lo implementara por primera vez, dando un salto moderno que países vecinos ya manejan y que Bolivia actualmente no tiene este tipo de infraestructura eléctrica. Mediante la implementación de una línea de transmisión en extra

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

alta tensión, se conectará la parte central de generación del país con la parte oriental donde se encuentra la mayor demanda y los puntos de exportación con países vecinos de Brasil, Argentina y Paraguay.

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”



Figura 4 Mapa del Sistema Interconectado Nacional (SIN), CNDC 2016-2020

7.2. Sistemas de Información Geográfica

El manejo integral de información acerca de cualquier actividad es vital para el desarrollo de toda sociedad moderna, cuanto más completa y actualizada sea esta información, más útil será para el desarrollo de dicha sociedad. (Martinez, 2004). Dicho manejo integral se obtiene por medio de la implementación de sistemas organizados, por tanto, los *SIG* constituyen una herramienta innovadora para manipular la información espacial en las organizaciones, el cual permita generar un correcto análisis y facilite a su vez la oportuna toma de decisiones mediante la obtención de información de alta calidad con la finalidad de reducir la incertidumbre.

7.2.1. Objetivos de un Sistema de Información Geográfica

Para cumplir con los objetivos planteados es necesario tener claridad en los conceptos que se tratan en la realización del proyecto. Principalmente el de Sistemas de Información Geográficos (*SIG*), estos son considerados Sistemas de Información (*SI*) que contemplan sus propios métodos, técnicas y herramientas, así como también diversos autores los consideran herramientas tecnológicas muy útiles para el análisis y manipulación de los datos espaciales o georreferenciados. (Sendra, 1994).

De igual forma, los *SIG* al ser implementados en una organización generan un impacto potencial que condiciona las actividades humanas, al cambiar los procedimientos tradicionales de procesar información geográfica, a nuevos procedimientos automatizados que persiguen optimizar el flujo organizacional mediante la eficacia en la toma de decisiones y el análisis espacial (Montilva C, 1999)

7.2.2. Componentes de un SIG

- Equipos (Hardware)

Es donde opera el *SIG*. Los programas de *SIG* se pueden ejecutar en un amplio rango de equipos, desde servidores hasta computadores personales

- Programas (Software)

Los programas de SIG proveen las funciones y las herramientas necesarias para almacenar, analizar y desplegar la información geográfica. Los principales componentes de los programas son:

- Herramientas para la entrada y manipulación de la información geográfica.
- Un sistema manejador de base de datos
- Herramientas que permitan búsquedas geográficas, análisis y visualización.
- Interfaz gráfica para el usuario para acceder fácilmente a las herramientas.

- Datos

Probablemente la parte más importante de un sistema de información geográfico son sus datos. Los datos pueden ser adquiridos por quien implementa el sistema de información, así como por terceros que ya los tienen disponibles. El sistema de información geográfico integra los datos espaciales con otros recursos de datos y puede incluso utilizar los manejadores de base de datos más comunes para manejar la información geográfica. Los tipos de datos que se manejan son modelos vectoriales y matriciales o ráster (FAO, 2006).

- Recurso humano

La tecnología de los SIG está limitada si no se cuenta con el personal que opera, desarrolla y administra el sistema; y que establece planes para aplicarlo en problemas del mundo real.

- Procedimientos

Un SIG operará acorde con un plan bien diseñado y con unas reglas claras del negocio, que son los modelos y las prácticas operativas características de cada organización (Corponariño, 2012). Según los objetivos de la organización, cuáles son las actividades y procesos que se desean eliminar y/o mejorar considerando los beneficios potenciales, y definir las estrategias que debe seguir para el proceso de implantación.

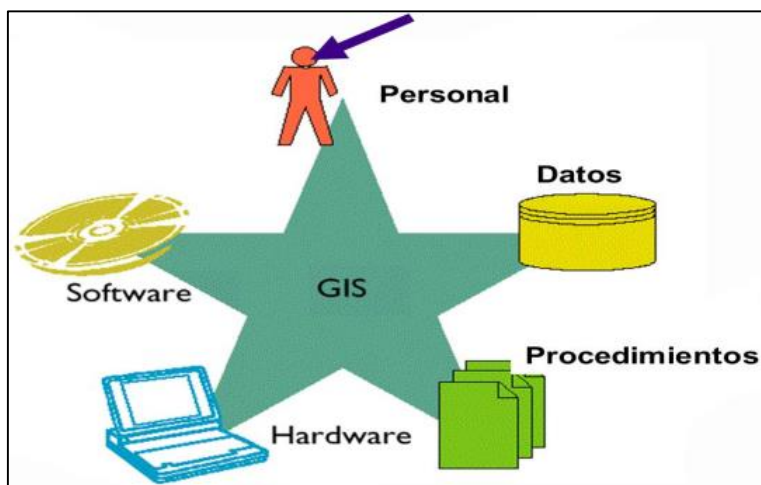


Figura 5 Componentes de un SIG, <http://corponarino.gov.co/pmapper-4.1.1/sig/interfase/interfase.html>

7.2.3. *Análisis de las Necesidades de Información.*

Generalmente en un SIG el análisis de las necesidades de información, constituye una de las fases más críticas del proceso de implementación, siempre debe tenerse en cuenta que "el usuario es el eje alrededor del cual se diseña el sistema". Tomando en consideración este aspecto, dichas necesidades se traducen en cuáles serían los procesos, aplicaciones, módulos bajo los cuales los usuarios manipularán la información. Adicionalmente, el estudio detallado de las necesidades contempla las fuentes de datos, los procesos de conversión y las tomas de decisiones, por lo que debe estar acompañado de un análisis costo/beneficio que considere la factibilidad de dichas necesidades. Asimismo, "esta fase debe contemplar el análisis de las necesidades de información como un proceso evolutivo, en el que la definición del alcance del SIG esté en continuo "feedback" con los nuevos requerimientos de información". (J. Armando Guevara, The Geonex Corporation, 1992).

7.2.4. *Conversión de Datos.*

Realizado el análisis de las necesidades de información y en paralelo con la definición del alcance, "se definen los procedimientos para transformar los datos e información disponibles en entidades georreferenciadas". (J. Armando Guevara, The Geonex Corporation, 1992).

7.2.5. Carga de Datos

Esta fase consiste en la incorporación de los datos gráficos y atributivos al sistema. “La carga inicial de datos al igual que la conversión de datos se realiza para un determinado proyecto cuyos datos provengan de fuentes primarias o secundarias”. (Gutierrez, 2015).

7.2.6. Base de datos

Una base de datos se define como un conjunto de datos que se encuentran organizados y relacionados entre sí, con el fin de satisfacer tratamientos de información implicados en las actividades de un proyecto.

- **Base de datos espaciales**

Una Base de Datos Geográfica es una colección de datos organizada de tal manera que sirvan efectivamente para una o varias aplicaciones SIG. Esta base de datos comprende la asociación entre sus dos principales componentes: datos espaciales y atributos o datos no espaciales.

La esencia de un SIG está constituida por una base de datos geográfica. Una base de datos geográfica requiere de un conjunto de procedimientos que permitan hacer un mantenimiento de ella tanto desde el punto de vista de su documentación como de su administración. “La eficacia está determinada por los diferentes tipos de datos almacenados en diferentes estructuras”. (Gutierrez, 2015).

7.2.7. Diseño Conceptual y Lógico de la Base de Datos.

La fase de diseño conceptual y lógico de la base de datos puede iniciarse inmediatamente después del análisis de necesidades de información o en paralelo con la fase de evaluación y selección tecnológica.

Consiste en modelar cual será la realidad operacional del SIG de acuerdo a la consideración e implementación de todos los requerimientos de los usuarios y la previa definición de objetivos. En ese sentido, se pueden emplear las técnicas de modelaje de base de datos para sistemas de información, específicamente las del enfoque relacional, las cuales se adaptan muy bien a las funcionalidades y necesidades del SIG.

Durante esta fase se diseña un modelo entidad/relación donde se reflejan las posibles entidades y relaciones que contendrá el SIG. Este modelo es validado continuamente con los usuarios para confirmar y ajustar dichas entidades de información según el modelo.

7.2.8. Implementación del SIG.

Después de diseñada la base de datos, los programas y posibles aplicaciones, el grupo SIG debe mostrar a la organización un modelo del SIG con datos reales, para ejemplificar las potencialidades y bondades del sistema, y comprobar si se ajusta a las necesidades de información establecidas. Así mismo, contempla la incorporación de nuevas necesidades de información, permitiendo desarrollar al SIG de manera incremental y evolutiva. Es importante clarificar que hasta este momento no se tiene el SIG completamente desarrollado, ya que la carga de datos es incremental, y las aplicaciones varían según las interacciones con los usuarios.

7.2.9. Aplicaciones

La información geográfica contiene una referencia territorial explícita como latitud y longitud o una referencia implícita como códigos. Las referencias implícitas pueden ser derivadas de referencias explícitas mediante geocodificación. La información geográfica es a su vez el elemento diferenciador de un sistema de información geográfica frente a otro tipo de sistemas de información; así, la particular naturaleza de este tipo de información contiene dos vertientes diferentes: por un lado, está la vertiente espacial y por otro la vertiente temática de los datos. Mientras otros Sistemas de Información contienen sólo datos alfanuméricos (nombres, direcciones, números de cuenta, etc.), “las bases de datos de un SIG integran además la delimitación espacial de cada uno de los objetos geográficos”. (Gutierrez, 2015).

A continuación, se citan las herramientas (ESRI) empleadas para el presente trabajo

Tabla 4 principales herramientas empleadas

Herramientas	Ingreso de datos	Salida de datos	Explicación
Superposición ponderada	Raster de variables	Raster ponderado y jerarquizado con una escala de evaluación para definir los valores de reasignación	La superposición ponderada permite el cálculo de un análisis de criterios múltiples entre varios raster

Conversión de Vector a Raster	Datos vectoriales con valores	Raster con valores asignados a cada pixel	Convierte las entidades de polígono vectorial a dataset raster
Recortar Raster CLIP	Raster mosaico	Raster recortado según rectángulo de referencia	Recorta un área específica de interés de un mosaico
Disolver	Vector generalizado	Vector con los campos que se disolvieron o fusionaron según codificación	Disuelve el campo o los campos numéricos que contienen los valores de atributo que se utilizaran para calcular la estadística especificada
Georeferenciación	Vector o raster con un sistema de coordenadas X	Vector o Raster con un sistema de coordenadas de X a Y	Permite georeferenciar de un sistema de coordenadas a otro a partir una base referencial.

Fuente: ESRI

7.3. Análisis Jerárquico Multicriterio (Analytic Hierarchy Process, AHP) -SSATY

7.3.1. Introducción

En numerosas ocasiones contamos con muy poca información o tenemos que tomar una decisión teniendo en cuenta aspectos cualitativos que son difíciles de valorar. Para solucionar este tipo de problemas, muy habituales en situaciones reales, el profesor Thomas L. Saaty propuso en la década de los 70 un método denominado Analytic Hierarchy Process (AHP), que se ha traducido al español como Proceso Analítico Jerárquico. Este método multiatributo, nacido como respuesta a problemas concretos de toma de decisiones en el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, hoy día se aplica habitualmente a casi todos los ámbitos de la empresa, la economía o la investigación de operaciones, entre otros muchos.

7.3.2. Explicación del AHP

En apretada síntesis, AHP es un método que selecciona alternativas en función de una serie de criterios o variables, normalmente jerarquizados, los cuales suelen entrar en conflicto. En esta estructura jerárquica, el objetivo final se encuentra en el nivel más elevado, y los criterios y subcriterios en los niveles inferiores. Para que el método sea eficaz, es fundamental elegir bien los criterios y subcriterios, los cuales deben estar muy bien definidos, ser relevantes y mutuamente excluyentes (independencia entre ellos). Es importante que el número de criterios y subcriterios en cada nivel no sea superior a 10, para evitar excesivas comparaciones a pares.

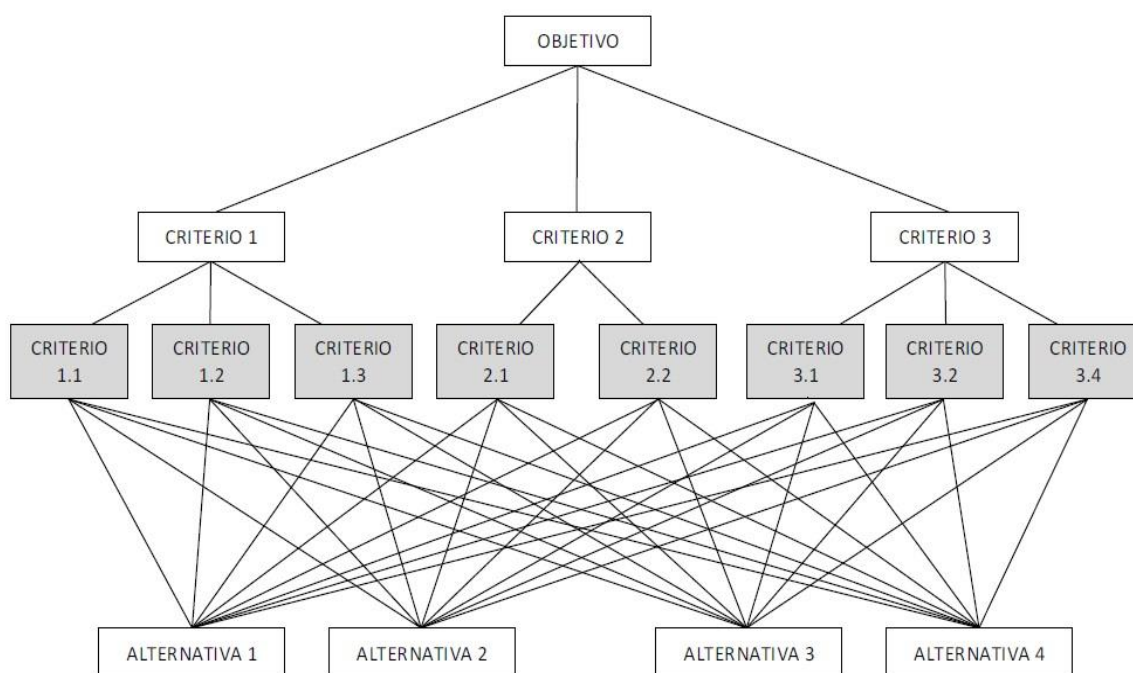


Figura 6 Ejemplo de estructura jerárquica AHP, Saaty 2014.

7.3.3. Escala de asignación de valores

Una vez definida la estructura jerárquica, se comparan los criterios de cada grupo del mismo nivel jerárquico y la comparación directa por pares de las alternativas respecto a los criterios del nivel inferior. Para ello se utilizan matrices de comparación pareadas usando una Escala Fundamental. “Esta es la clave del método, usar una escala de comparación por pares, puesto que el cerebro humano está especialmente bien diseñado para comparar dos criterios o alternativas entre sí, pero menos cuando tiene que hacer comparaciones conjuntas” (Saaty, 2014). En efecto, la Ley de Weber-Fechner establece que el menor cambio discernible en la magnitud de un estímulo es proporcional a la magnitud de dicho estímulo. Como la relación entre el estímulo y la percepción corresponde a una escala logarítmica, si un estímulo crece en progresión geométrica, la percepción evolucionará como una progresión aritmética. “Es por ello que AHP utiliza una escala fundamental del 1 al 9 que ha sido satisfactoria en comprobaciones empíricas realizadas en situaciones reales muy diversas” (Saaty, 2014).

Tabla 5 Escala de comparación por pares

Valor	Definición	Comentarios
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	LA mayor importancia del criterio A sobre B esta fuera de toda duda

Fuente: Saaty 2014

7.3.4. Matriz de decisión

La comparación de las diferentes alternativas respecto al criterio del nivel inferior de la estructura jerárquica, como la comparación de los diferentes criterios de un mismo nivel jerárquico dan lugar a una matriz cuadrada denominada matriz de decisión. Esta matriz cumple con las propiedades de reciprocidad (si $a_{ij}=x$, entonces $a_{ji}=1/x$), homogeneidad (si i y j son igualmente importantes, $a_{ij}=a_{ji}=1$, y además, $a_{ii}= 1$ para todo i), y consistencia (la matriz no debe contener contradicciones en la valoración realizada). La consistencia se obtiene mediante el índice de consistencia (Consistency Index, CI) donde λ_{max} es el máximo autovalor y n es la dimensión de la matriz de decisión. Un índice de consistencia igual a cero “significa que la consistencia es completa” (Saaty, 2014). Una vez obtenido CI, se obtiene la proporción de consistencia (Consistency Ratio, CR) siendo aceptado siempre que no supere los valores indicados. Si en una matriz se supera el CR máximo, hay que revisar las ponderaciones.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Donde RI es el índice aleatorio, que indica la consistencia de una matriz aleatoria:

Tabla 6 Índice aleatorio RI

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fuente: Saaty 2014

Tabla 7 Porcentajes máximos del ratio de consistencia CR

Tamaño d la matriz (n)	Ratio de consistencia
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

Fuente: Saaty 2014

Una vez verificada la consistencia, se obtienen los pesos, que representan la importancia relativa de cada criterio o las prioridades de las diferentes alternativas respecto a un determinado criterio. Para ello, “el AHP original utiliza el método de los autovalores, donde hay que resolver la siguiente ecuación” (Saaty, 2014):

$$A \cdot w = \lambda_{max} \cdot w$$

donde A representa la matriz de comparación, w el autovector o vector de preferencia, y λ_{max} el autovalor.

8. Desarrollo del tema

8.1. Definiciones

- Abiótico.- Son los factores carentes de vida, que forman parte de un ecosistema y que constituyen el soporte para permitir la existencias de organismos vivos. Como ejemplos se puede mencionar al aire, agua, luz, precipitación, temperatura.
- Biótico.- Son los organismos vivos compuestos por alguno de los 5 reinos de la naturaleza, que forman parte de un ecosistema e interactúan con su medio físico. Como ejemplos se pueden citar al reino de los hongos, plantas, animales.
- Termoeléctrica.- Generación de energía eléctrica a partir de la quema de combustibles fósiles como el carbón, gas, diésel.
- Hidroeléctrica.- Generación de energía eléctrica a través de fuentes hídricas, que pueden ser de pasada o mediante embalses, aprovechando la energía del agua en movimiento.
- Faja de Seguridad.- Espacio en el cual se operan la líneas eléctricas en alta tensión. Se realiza el control de vegetación alta forestal, edificaciones, para evitar descargas por contacto a tierra.
- Cable de guarda.- El cable de guarda es un conductor tendido en paralelo y sobre los conductores de fase de una línea de transmisión. Se encuentra ubicado en la parte superior de la estructura, de tal forma de cubrir o apantallar los conductores de fase. Tiene el propósito de proteger desviando a tierra las descargas eléctricas por procesos naturales atmosféricos.
- Grilla.- un tipo de fundación para estructuras de torre donde se excava en el suelo y se coloca un armazón tipo rejilla sobre suelo compactado, posteriormente se rellena con el mismo material y se mantiene estable por el mismo asentamiento del suelo. Esto se aplica en suelos con textura regular semiduro.
- Zapata.- un tipo de fundación donde se emplea hormigo armado, en las bases de las patas de las torres, esto se emplea en suelos rocosos.
- Pilote.- un tipo de fundación donde se realiza perforaciones profundas sobre el cual se realiza el vaciado de hormigón o bentonita para estabilizar por el principio de rozamiento. Esto se aplica en suelos blandos, arcillosos

8.2. Características Técnicas del Proyecto

Las líneas existentes actualmente transportan la energía en un nivel de voltaje de 69, 115 y 230 kV. Actualmente con la instalación de la industria eléctrica en la región Central y Oriental, principalmente Termoeléctrica e Hidroeléctricas, por la disponibilidad de recursos gasíferos e hídricos en la región, las líneas existente se encuentran limitadas a su máxima capacidad de transporte y surge la necesidad de implementar líneas de mayor capacidad que puedan transportar energía efectiva en un voltaje de mayor capacidad ósea en 500 kV, de esta manera se podrá lograr expandir y fortalecer el Sistema Interconectado Nacional, minimizando la intervención del entorno ambiental con una mayor densidad de líneas en menor nivel de voltaje.

El proyecto contempla la construcción de una línea de transmisión 500 kV, enlazando la Subestación Carrasco, ubicada en proximidades de la Planta Termoeléctrica de Entre Ríos del departamento de Cochabamba, y la Subestación Brechas ubicada en el departamento de Santa Cruz.

La faja de seguridad, según la Resolución AETN 409/2019, para un voltaje de 500kV, corresponde de 61 metros.

Las fundaciones de las torres serán de tipo grilla, zapata y pilotes, con su respectiva puesta a tierra, posteriormente se realiza el montaje de las estructuras reticuladas pieza a pieza, finalmente se realiza el tendido de los cables con su respectivo cable de guarda para prevenir descargas atmosféricas.

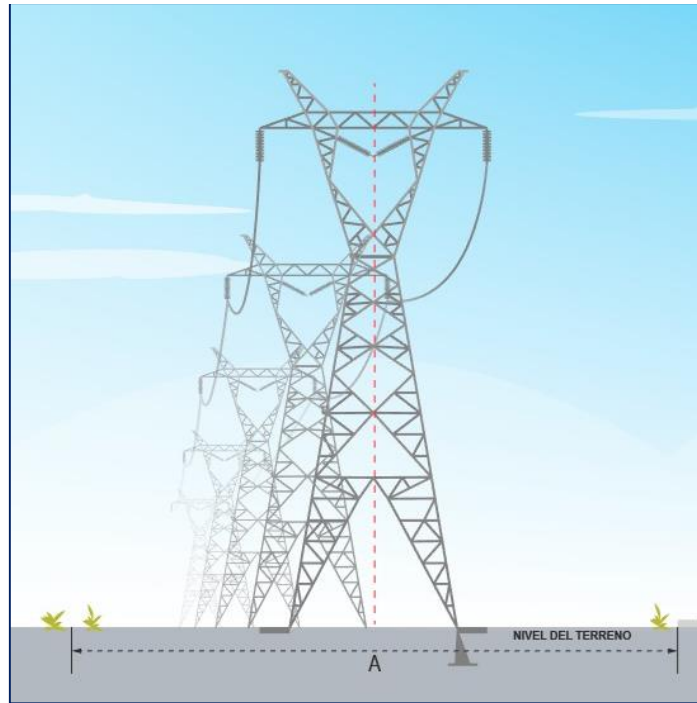


Figura 7 Esquema de las estructuras de línea, Resolución AETN 409/2019

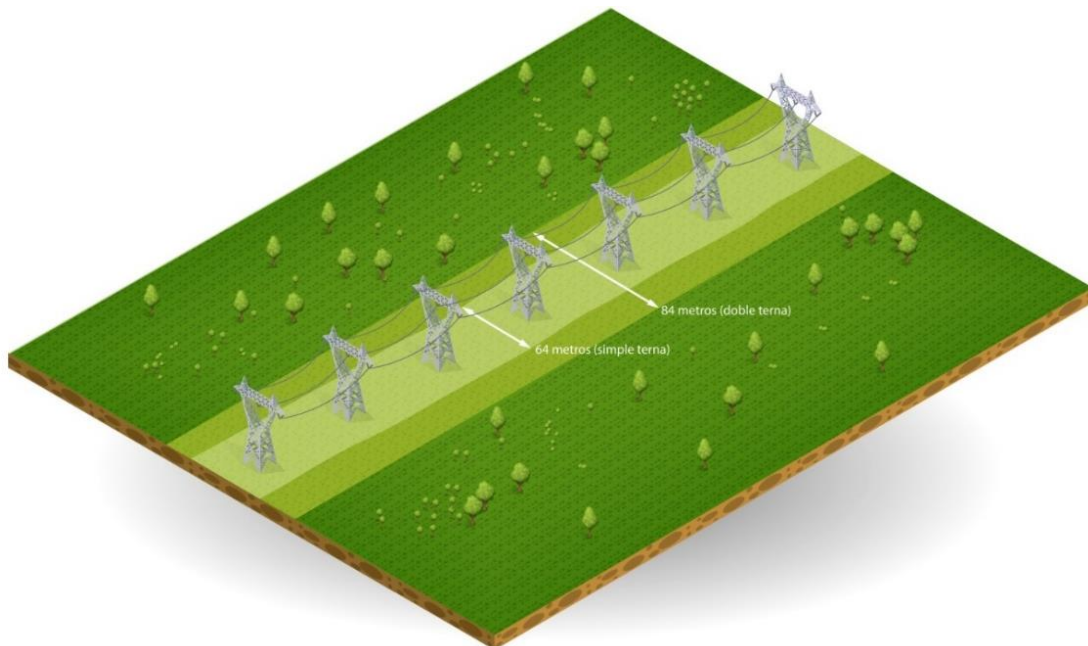


Figura 8 Esquema isométrico de las estructuras y línea de transmisión con su faja de seguridad

8.3. Descripción de la Línea Base Ambiental.

8.3.1. Ubicación geográfica

El Proyecto Línea Carrasco – Brechas se ubicará en el Estado Plurinacional de Bolivia, Departamento de Cochabamba y Santa Cruz, pasará por 7 municipios.

En la tabla 8 se puede apreciar la ubicación del proyecto, de acuerdo a la distribución político administrativo:

Tabla 8 Ubicación geográfica

Departamento	Provincias	Municipios
Cochabamba	Carrasco	Entre Ríos
		Yapacaní
	Ichilo	San Carlos
Santa Cruz	Andrés Ibáñez	Buena Vista
		Porongo
		El Torno
		La Guardia

Fuente: Elaboración propia, en base a datos Ministerio de Autonomías

Además, el proyecto interviene en Áreas Protegidas de:

- Parque Nacional Carrasco (Nacional)
- Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Amboró (Nacional)
- Unidad de Conservación del Patrimonio Natural Espejillos (Departamental)

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

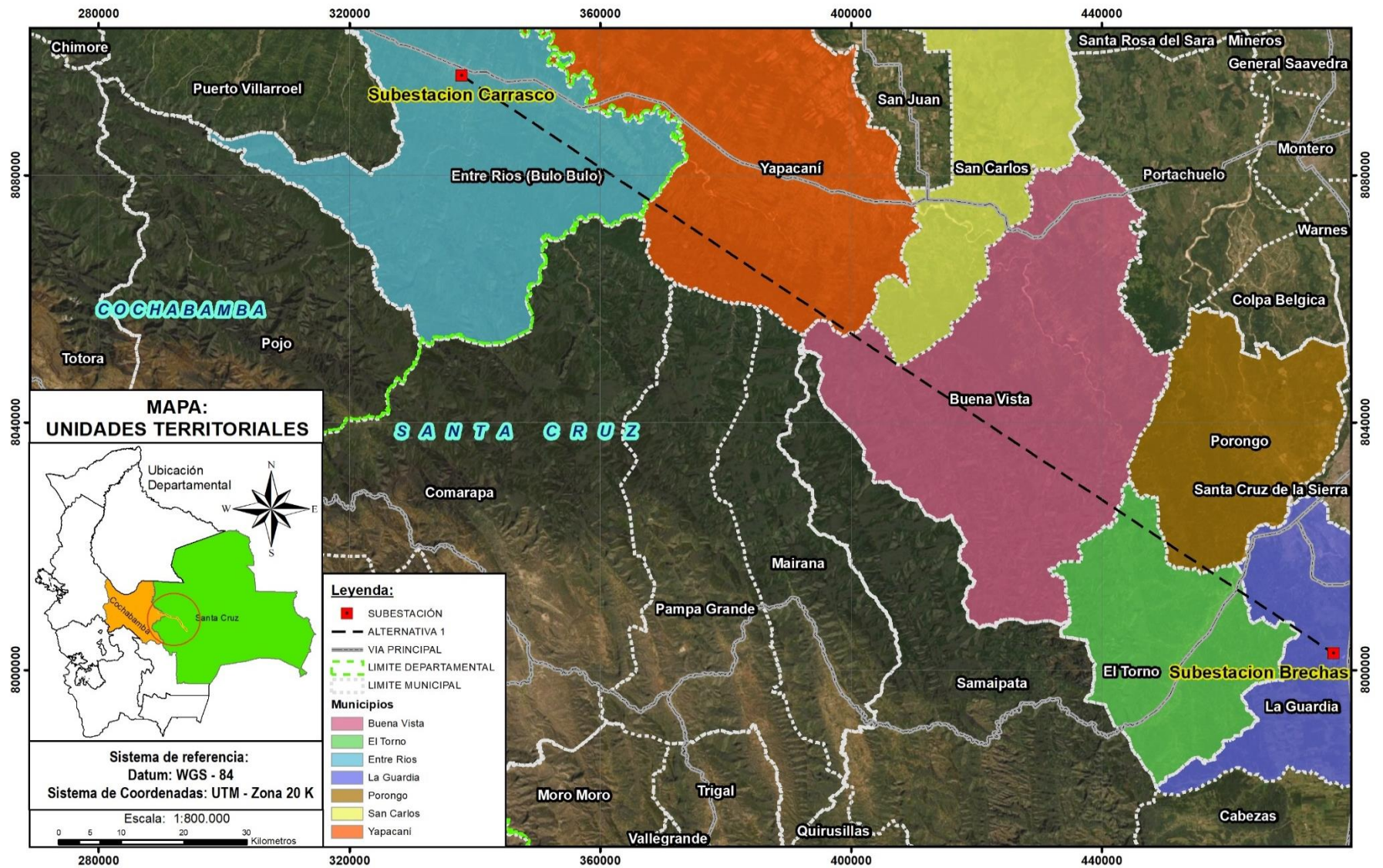


Figura 9 Mapa de Unidades Territoriales, elaboración en base a datos de límites municipales del ministerio de Autonomías 2015, e imágenes satelitales USDA USGS-GEO-EYE

8.3.2. Levantamiento de Información de Medio Físico

Este medio hace referencia a los componentes y/o factores ambientales carentes de vida orgánica, se constituye en la base fundamental para el desarrollo de la biomasa vegetal y animal.

El espacio en el que se desarrollan las actividades del Proyecto evidentemente es un espacio físico existente que agrupa varios componentes.

Para un mejor entendimiento del componente físico, se desarrolla la caracterización de los siguientes factores y/o componentes ambientales:

- Ecorregiones
- Topografía
- Suelos
- Fisiografía
- Geomorfología
- Geología
- Hidrología
- Climatología

8.3.2.1. Objetivos del levantamiento de información del medio físico

Dentro de los objetivos, se tiene el de establecer las características de los factores ambientales iniciales, mediante la recopilación de información secundaria y levantamiento de datos durante el trabajo de campo para su respectiva corroboración y procesamiento de información, relacionada al área de influencia del Proyecto.

8.3.3. Metodología

La metodología empleada para el levantamiento de información del medio físico, consiste en 3 etapas claramente diferenciadas, que se explican a continuación:

Tabla 9 Metodología de información del medio físico

Etapa	Tipo de información	Descripción	Resultados esperados
Gabinete I (Ex Ante)	Inf. Secundaria	<p>En esta etapa se recopila toda la información relacionada al Medio Físico, mediante revisión bibliográfica, base de datos Geo Bolivia, cartografía digital, fotografías aéreas, imágenes satelitales, Planes de Desarrollo Municipal, Planes de Desarrollo Regional, recopilación de datos estadísticos oficiales SENAMHI, INE, IGM, SERGEOMIN, y otros estudios validos relacionados al área de influencia.</p> <p>Planificación de muestreos en campo.</p>	<p>Se realizó la identificación de la información pertinente con los objetivos del trabajo, para el caso de Geo Bolivia, se accedió a datos vectoriales como caminos, ductos, centros poblados; del SENAMHI se accedió a datos de precipitación y temperatura; del INE se obtuvieron los datos de demografía, salud, economía y servicios básicos , Información base preliminar, e identificación de vacíos de información.</p>
Trabajo de Campo	Inf. Primaria	<p>Levantamiento de información in situ mediante descripción en campo, medición de atributos, toma de muestras y análisis de laboratorio, toma de fotografías, georreferenciación de puntos y líneas, y entrevista e indagación en instituciones locales</p>	<p>Reconocimiento del área de estudio, estimación de variables y análisis de problemáticas.</p>
Gabinete II (Ex Post)	Inf. Análisis y validación de información	<p>Con toda la información primaria y secundaria, se hace el procesamiento a través de un análisis de unidades homogéneas relacionadas al área de influencia del proyecto, de manera gráfica mediante la elaboración de cartografía temática y la descripción de sus principales variables.</p>	<p>Procesamiento de la información, definición y descripción de unidades homogéneas y construcción de una base de datos verídicos y actualizados.</p>

Fuente: Elaboración Propia

8.3.4. Trabajo de campo

El trabajo de campo es un componente importante para verificar, complementar, actualizar y corregir los datos de la revisión bibliográfica, además nos permite generar información nueva.

A continuación, se presenta un cuadro donde se detalla la información recolectada, para un determinado factor ambiental:

Tabla 10 Metodología de para el relevamiento de campo

Factor Ambiental	Puntos de muestreo	Variable muestreada	Metodología	Materiales	Laboratorio
Suelo	7 puntos de muestreo, según las ordenes identificadas	Propiedades, físicas, químicas	Muestreo por calicatas, y colorimetría mediante tabla Munsell	Tabla Munsell, bolsas plásticas, maskin, pala, cámara fotográfica.	Laboratorio de Suelos UMSS
Agua	3 muestreo por cuenca y ríos principales que atraviesa el proyecto	Propiedades físicas, químicas y biológicas	Toma de muestras, medición de temperatura y pH in situ	Vaso muestreado, balde, termómetro, reactivos, etiquetas, conservadora, hidrogel, frascos de vidrio, cámara fotográfica	Laboratorio de Centro de Aguas y Saneamiento Ambiental UMSS
Flora	Muestreos por ecorregiones	Identificación de especies importantes en Peligro de extinción y vulnerables	Identificación visual macroscópica	Cámara fotográfica, registro de campo	-
Fauna	Muestreos por ecorregiones	Identificación de especies importantes en Peligro de extinción y vulnerables	Identificación visual macroscópica	Cámara fotográfica, registro de campo	-

Fuente: Elaboración Propia.

8.3.5. Determinación de la línea Base Ambiental

Para establecer, de manera preliminar el área de influencia, el punto de partida será el trazo de la Alternativa 1 (trazo de línea segmentada en los mapas), que no es más que el trazo rectilíneo que va del punto A al punto B, en forma directa, como un trazo ideal, el más corto, que no contempla un análisis jerárquico multicriterio.

Para la descripción de la zonificación ambiental, se realizará de manera separada para cada uno de los factores ambientales considerados. Para ello se identificarán diferentes variables sobre las que se realizara una valoración cuali-cuantitativa, a través de herramientas de Sistemas de Información Geográfica, estableciendo una zonificación ambiental que forman espacios claramente delimitados donde interactúan variables abióticas, bióticas y socioeconómicas, que definen características particulares, las cuales se pueden mostrar en polígonos de diferentes colores y texturas.

Toda esta información generada será corroborada con la cartografía presentada, en mapas demostrativos (mapas que resaltan una variable específica, pertinente a la explicación) y mapas temáticos, los mismos que serán elaborados con la información según el diagnóstico de la línea base e información recopilada como bibliografía y datos institucionales como SENAMHI, INE, IGM, SERGEOMIN, INE, MIN. AUTONOMIAS todo el análisis cartográfico con su respectiva simbología y leyenda será parte del documento.

Aclarar que los límites territoriales departamentales y municipales (en su mayoría) son referenciales.

8.3.6. Tabla Resumen Línea Base Componente Abiótico

Tabla 11 Componente Abiótico

Variable	Unidades	Componente abiótico		
		Descripción	Cartografía	Herramienta SIG
Ecoregiones, fuente FAN	Bosque Amazónico Preandino	Área de transición hacia bosques amazónicos de llanura	Mapa de Ecoregiones	Se utilizó la información de la FAN Fundación Amigos de la Naturaleza, capa vectorial con datos de los pisos ecológicos de Bolivia, y se sobrepuso la línea de transmisión para definir las secciones que interesectan, <i>GEOPROCESSING→INTERSECT</i>
	Bosque Amazónico Subandino	Los bosques Amazónicos Subandinos se refieren solamente a las zonas subandinas al Norte del Codo de los Andes, en los alrededores de la ciudad de Santa Cruz.		
	Gran Chaco	El Gran Chaco representa el ecosistema más grande de bosque seco en América del Sur. ... El Gran Chaco se extiende por el hueco entre el Cerrado brasileño y los Andes		
Topografía	Ligeramente plana	Abarca los municipios de Porongo, La Guardia y El Torno	Mapa Topográfico	Se utilizó el DEM Aster-GDEM de 30 mts de resolución, para el modelado de curvas de nivel. <i>ARCTOOLBOX→ESPATIAL ANALYST→SURFACE→CONTOUR. Y para el perfil longitudinal ARCTOOLBOX→3D ANALYST TOOLS→FUNCTIONAL SURFACE→INTERPOLATE SHAPE,</i> luego de asignar Z al vector, se aplica <i>3D ANALYST→PROFILE GRAPH</i>
	Ligeramente inclinada (ondulada)	Abarca los municipios de Entre Ríos, Yapacaní, Buena Vista,		
Suelos, según soil taxonomy	Esodosoles	presentan un horizonte oscuro de acumulación de materia orgánica y aluminio, con o sin hierro, ubicado por debajo de un horizonte más claro que ha aportado aquellos materiales. Son suelos ácidos.	Mapa de Suelos	Se utilizó los datos vectoriales de la FAO-UNESCO 2000 y se sobrepuso la línea de transmisión para definir las secciones que interesectan, <i>GEOPROCESSING→INTERSECT</i>
	Entisoles	Son los suelos que presentan menor grado de evolución		
	Histosoles	Suelos con materia orgánica mayor al 20%, contiene depósitos orgánicos del mismo tipo de la turba		
	Litosoles	Los litosoles son un tipo de suelo que aparece en escarpas y afloramientos rocosos. Su espesor es menor a 10 cm y sostiene una vegetación baja		

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

		Componente abiótico		
Variable	Unidades	Descripción	Cartografía	Herramienta SIG
Fisiografía, fuente GEOBOL	Cambisoles	se desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de un amplio abanico de rocas, entre ellos destacan los depósitos de carácter eólico, aluvial o coluvial	Mapa de Fisiográfico	Se utilizó los datos vectoriales de GEOBOL 1987, para visualizar las capas de fisiografía y se sobrepuso la línea de transmisión para definir las secciones que interesectan, <i>GEOPROCESSING→INTERSECT</i>
	Fluvisoles	El material original lo constituyen depósitos, predominantemente recientes, de origen fluvial, lacustre o marino.		
	Ultisoles	Comúnmente conocidos como suelos rojos arcillosos, se producen en las regiones húmedas templadas o tropicales		
	Llanura Chaco-Beniana	se encuentra cubriendo rocas más antiguas, con espesores variables, conformados por sedimentos aluviales del Cuaternario compuestas entre gravas, arenas, limos y arcillas.		
	Subandino	Constituido por rocas pertenecientes al Devónico y Ordovícico, sin embargo, el pie de monte como parte del Sub Andino que conforman los antiguos abanicos, coluvios aluviales se presentan como un paisaje colinoso		
Geomorfología, fuente GEOBOL	Colinas	El relieve característico de la zona es de baja pendiente, no tiene grandes elevaciones, relieve suave del paisaje, presenta pequeños conos y abanicos en la base son zonas cubiertas de arbustos y bosques siempre verdes, dentro de las cuales encontramos a la zona de llanura aluvial arenosa y de Lomeríos. Tiene una topografía casi plana, con suelos aluviales	Mapa Geomorfológico	Se utilizó los datos vectoriales de GEOBOL 1987, para visualizar las capas de geomorfología y se sobrepuso la línea de transmisión para definir las secciones que interesectan, <i>GEOPROCESSING→INTERSECT</i>
	Llanuras	Formado por pequeños conos a las faldas de las colinas de la zona, compuestos de material detrítico		
	Piedemontes	sedimentario, consolidado y recubierto de vegetación, afectado en sus intersecciones por erosión fluvial.		
	Serranías	Cadena de montañas interconectadas con litología homogénea, presentan deslizamientos rotacionales y reptaciones en las zonas altas		

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

Componente abiótico				
Variable	Unidades	Descripción	Cartografía	Herramienta SIG
Geología, fuente GEOBOL	Cretácico	Este periodo se encuentra expuesto en la parte central con una mínima extensión, sobre los municipios Porongo y El Torno. Litológicamente está conformado por conglomerados, calizas, areniscas, limolitas, margas y basaltos intercalados.	Mapa Geológico	Se utilizó los datos vectoriales de GEOBOL 1987, para visualizar las capas de geología y fallas geológicas y se sobrepuso la línea de transmisión para definir las secciones que interesectan, <i>GEOPROCESSING</i> → <i>INTERSECT</i>
	Cuaternario	Litológicamente está conformado por gravas, arenas, limos y arcillas, en depósitos aluviales, fluvio-lacustres, fluvio-glaciares, coluviales, lacustres, morrenas y dunas. Los municipios que intervienen son San Carlos y Entre Ríos.		
	Paleógeno-Neógeno	Con una aparición considerable al este del mapa, en municipio de Yapacaní, Entre Ríos, San Carlos, Buena Vista, Porongo, El torno y la Guardia. Litológicamente está compuesto de conglomerados, areniscas, limolitas, calizas, margas, diapiros intercalados con tobas y lavas. El río Ichilo se caracteriza por ser un río de tipo meándrico, nace en las estribaciones de la serranía de Racete, con el nombre de río Alto Ichilo, en la provincia		
Hidrología, según cuencas 5to orden, fuente viceministerio de recursos hídricos y riego	Cuenca del Rio Ichilo	Caballero del departamento de Santa Cruz; éste al confluir con el río Moyle, pasa a denominarse río Ichilo; comprende una longitud de 400 km, desde su nacimiento hasta confluir con el río Chapare y formar el río Mamorecillo	Mapa Hidrográfico	Se utilizó la información vectorial de Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego, para visualizar las cuencas Nivel 5 y se sobrepuso la línea de transmisión para definir las secciones que interesectan, <i>GEOPROCESSING</i> → <i>INTERSECT</i> , así mismo se sobre puso la capa de ríos del IGM.
	Cuenca del Río Yapacaní	Sus nacientes son el río Grande o Guapay escurre 404 Km. Sin embargo, como tal comprende una longitud de 243 Km desde su confluencia de los ríos Alturas Yapacaní y Surutú hasta desembocar en el río grande o Guapay, tiene como afluentes en el margen derecho a los ríos Surutú y Piray, en el margen izquierdo al río Alturas Yapacaní.		
	Cuenca del Río Pirafí	El río Pirafí nace de la confluencia del río del río Piojeras. Tiene una longitud de 457 km y desemboca en el río Yapacaní. Su curso pasa por la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, y la de Porongo a su paso recorre los municipios del Torno, La Guardia, Santa Cruz de la Sierra, Warnes, Montero		

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

Variable	Unidades	Componente abiótico		
		Descripción	Cartografía	Herramienta SIG
Climatología, según FAO (UNESCO)	Cuenca del Rio Grande	Es la fuente de agua más importante del municipio, por su curso permanente y elevado caudal debido a su gran área de captación de más de 60.000 Km ² a la salida de la zona montañosa. Atraviesa los contrafuertes de la cordillera sale al llano a la altura de Abapó, dirigiéndose al norte y recibiendo las aguas de los ríos Pailas, Yapacaní, Ichilo y Chapare		
	Clima húmedo de verano e invierno cálido	Tiene un índice de aridez de 1 a 1,5, disponibilidad de agua 10/12 meses, rango de temperatura 20 a 28 °C		
	Clima Subhúmedo Húmedo de verano cálido e invierno templado	Tiene un índice de aridez de 0,65 a 1, disponibilidad de agua 7/12 meses, rango de temperatura 20 a 28 °C		
	Clima Subhúmedo Húmedo de verano e invierno cálido	Tiene un índice de aridez de 0,65 a 1, disponibilidad de agua 6/12 meses, rango de temperatura 20 a 28 °C	Mapa Climático, Mapa de Isoyetas, Mapa Isotermas	Se utilizó la información vectorial de FAO-UNESCO, para visualizar las capas de unidades climáticas y se sobrepuso la línea de transmisión para definir las secciones que interesectan, GEOPROCESSING→INTERSECT , así mismo se elaboró las líneas de igual valor de precipitación y Temperatura según datos de estaciones meteorológicas de SENAMHI, ARCTOOLBOX→SPATIAL ANALYST→INTERPOLATION→KRIGING , luego con la herramienta SURFACE→CONTOUR, se genera las isolíneas o de igual valor.
	Forestal maderable disperso	Presenta una marcada deforestación por infraestructura vial, frontera agrícola y crecimiento de la mancha urbana, por lo que existen rodales forestales que contienen especies forestales relictos, que aún se siguen explotando con fines comerciales		
	Agropecuaria extensiva, con cultivos perennes	Sistema de producción agrícola que no maximiza la productividad a corto plazo del suelo con la utilización de productos químicos, el riego o los drenajes, sino más bien, haciendo uso de los recursos naturales presentes en el lugar y que no existe rotación de cultivos por esta razón perennes		

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

Variable	Unidades	Componente abiótico		
		Descripción	Cartografía	Herramienta SIG
	Silvopastoril, con extracción de productos del bosque, tala selectiva y vacunos	no es muy apto para el desarrollo de la ganadería, ello debido principalmente a que no hay una planificación adecuada de los pastos y forrajes. Además del mal manejo de las pasturas, debido a la excesiva carga animal, existe la debilitación del suelo, provocando una mala alimentación del ganado		
	Caza, pesca y productos del bosque	productos forestales no madereros suelen recolectarse para el consumo doméstico o para el comercio local, aunque algunos se destinan al mercado de exportación, (como bayas, setas, plantas comestibles, y animales de caza), además por la existencia de Ríos como Yapacaní, Ichilo, existen actividades de pesca para consumo propio y el restante para comercialización a Santa Cruz y Cochabamba.		
	Ganadería extensiva dispersa con vacunos	Sistemas de producción ganadera que aprovechan eficientemente los recursos del territorio con las especies y razas adecuadas, compatibilizando la producción con la sostenibilidad y generando servicios ambientales y sociales		
	Agropecuaria extensiva con cultivos anuales y perennes, vacunos	Este refleja las condiciones necesarias para manejar una combinación de las anteriores categorías descritas agricultura y ganadería extensiva, actividades que en combinación ofrecen mejores rendimientos, como es el caso del ganado bovino		

Fuente: Elaboración Propia, en base a la recopilación de información

8.3.6.1. Cartografía Componente Abiótico

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

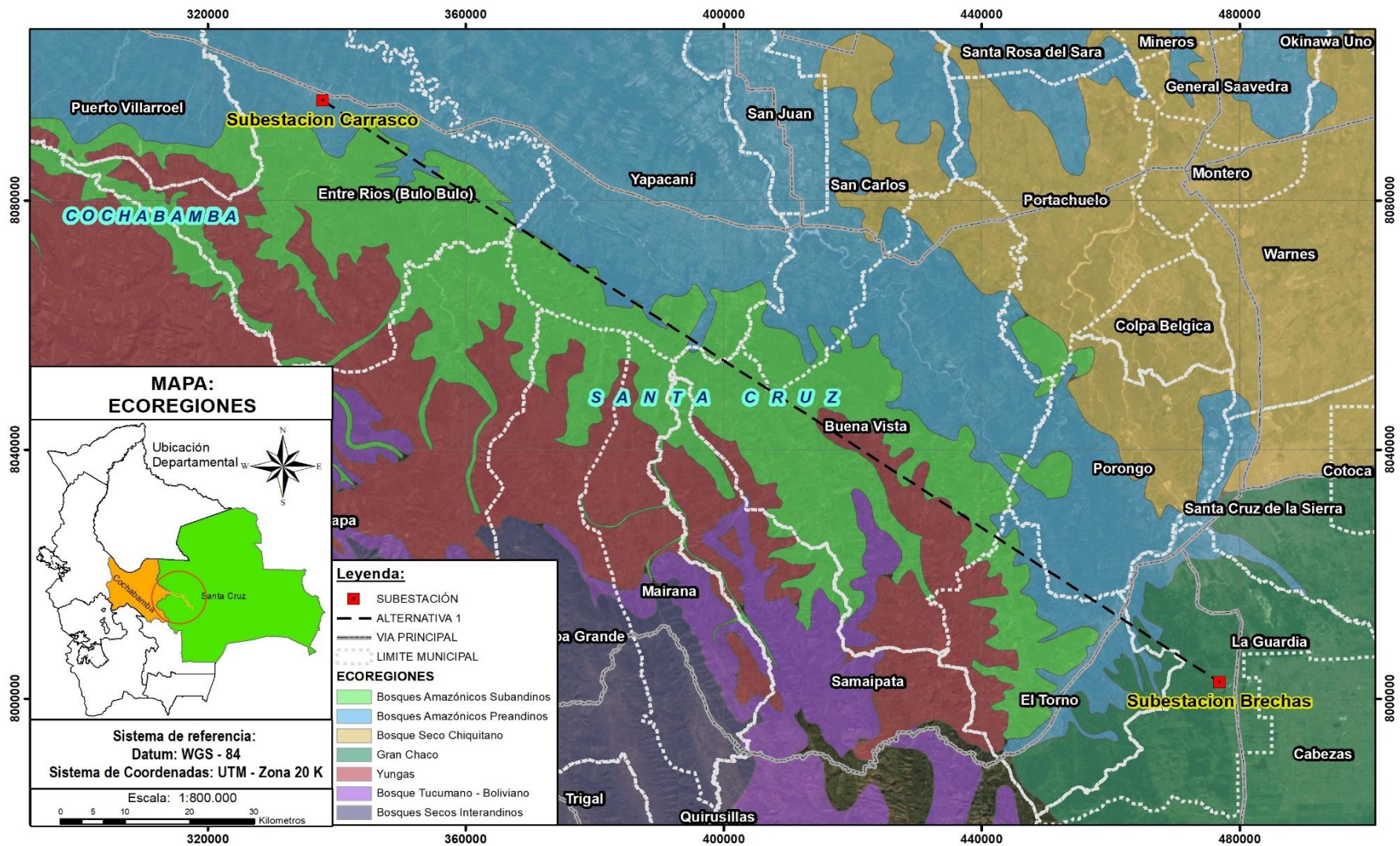


Figura 10 Mapa de Ecoregiones, elaboración propia, con datos de FAN, e imagen satelital USDA USGS GEO EYE.

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

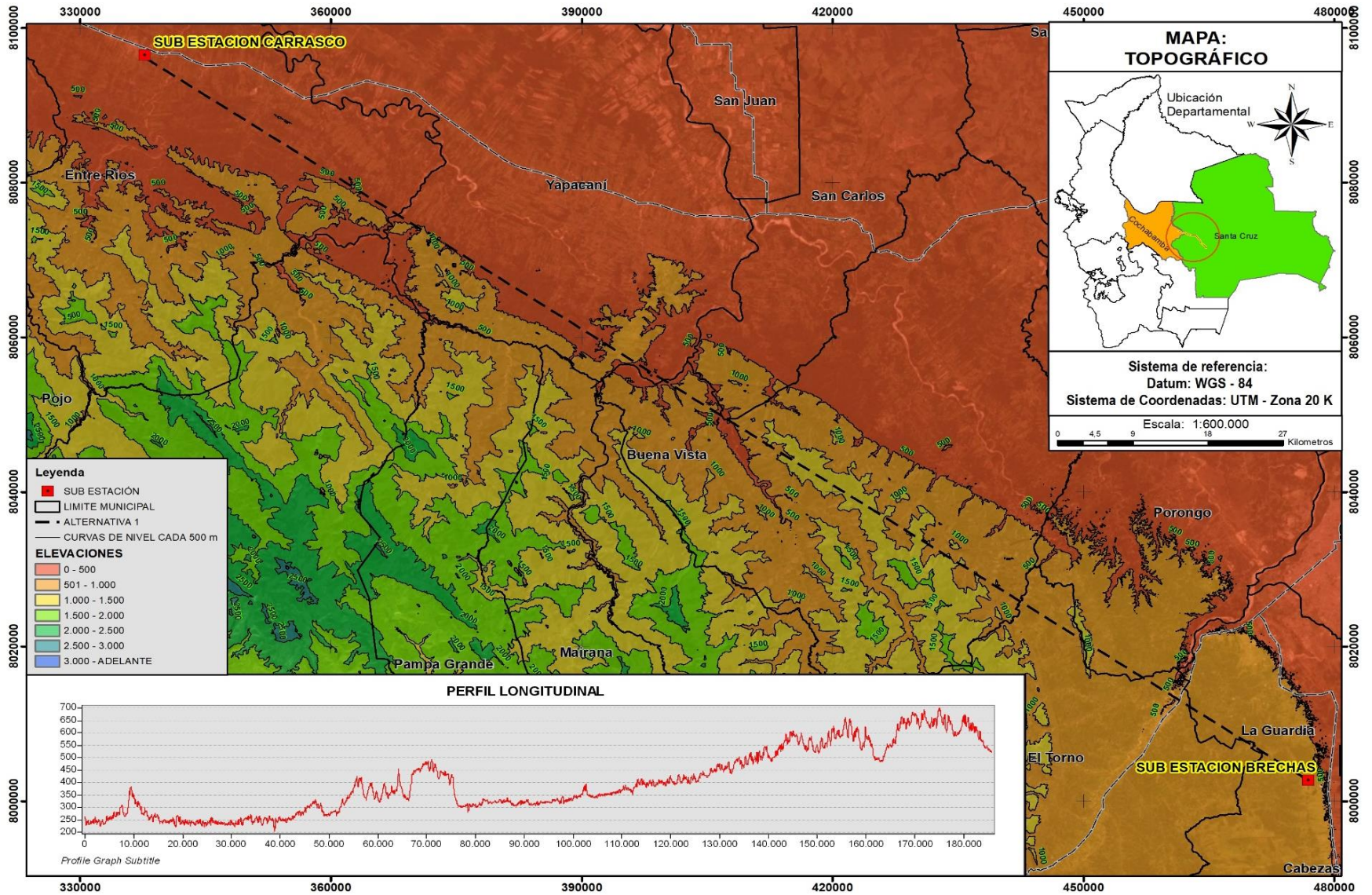


Figura 11 Mapa Topográfico, elaboración propia, con datos ASTER GDEM-30 m.

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

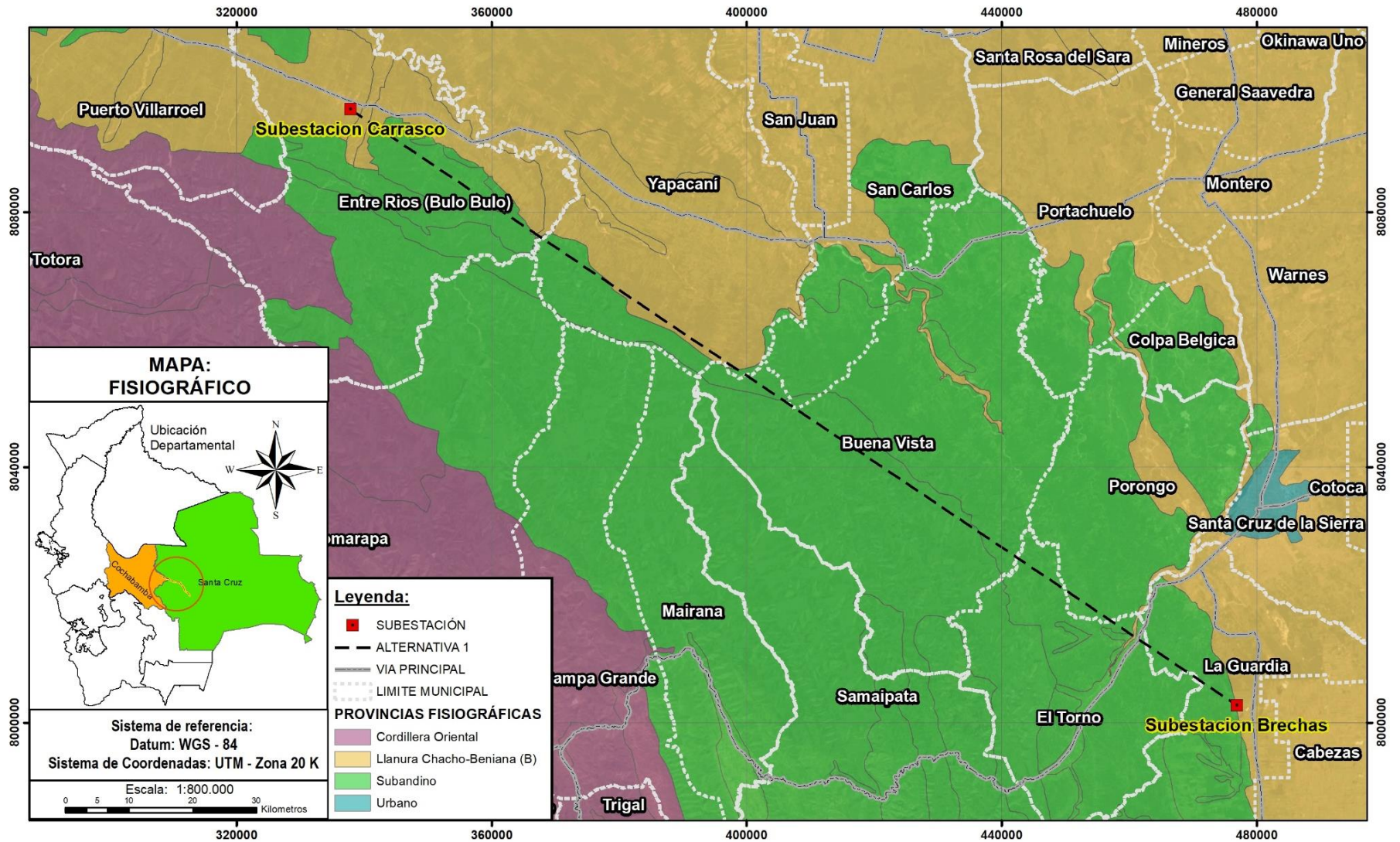


Figura 12 Mapa Fisiográfico, elaboración propia, con datos GEOBOL.

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. "LINEA CARRASCO - BRECHAS"

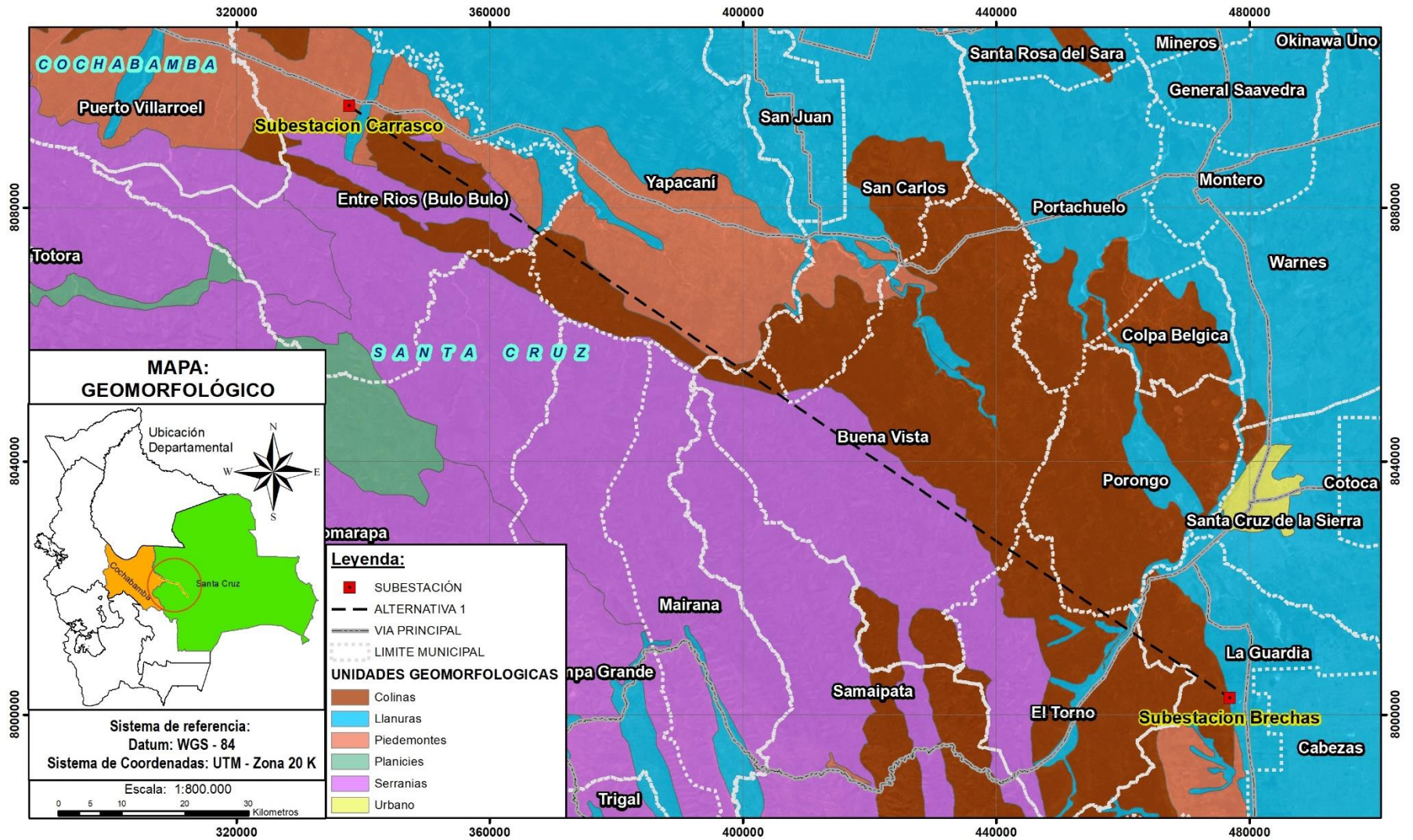


Figura 13 Mapa Geomorfológico, elaboración propia, con datos GEOBOL.

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

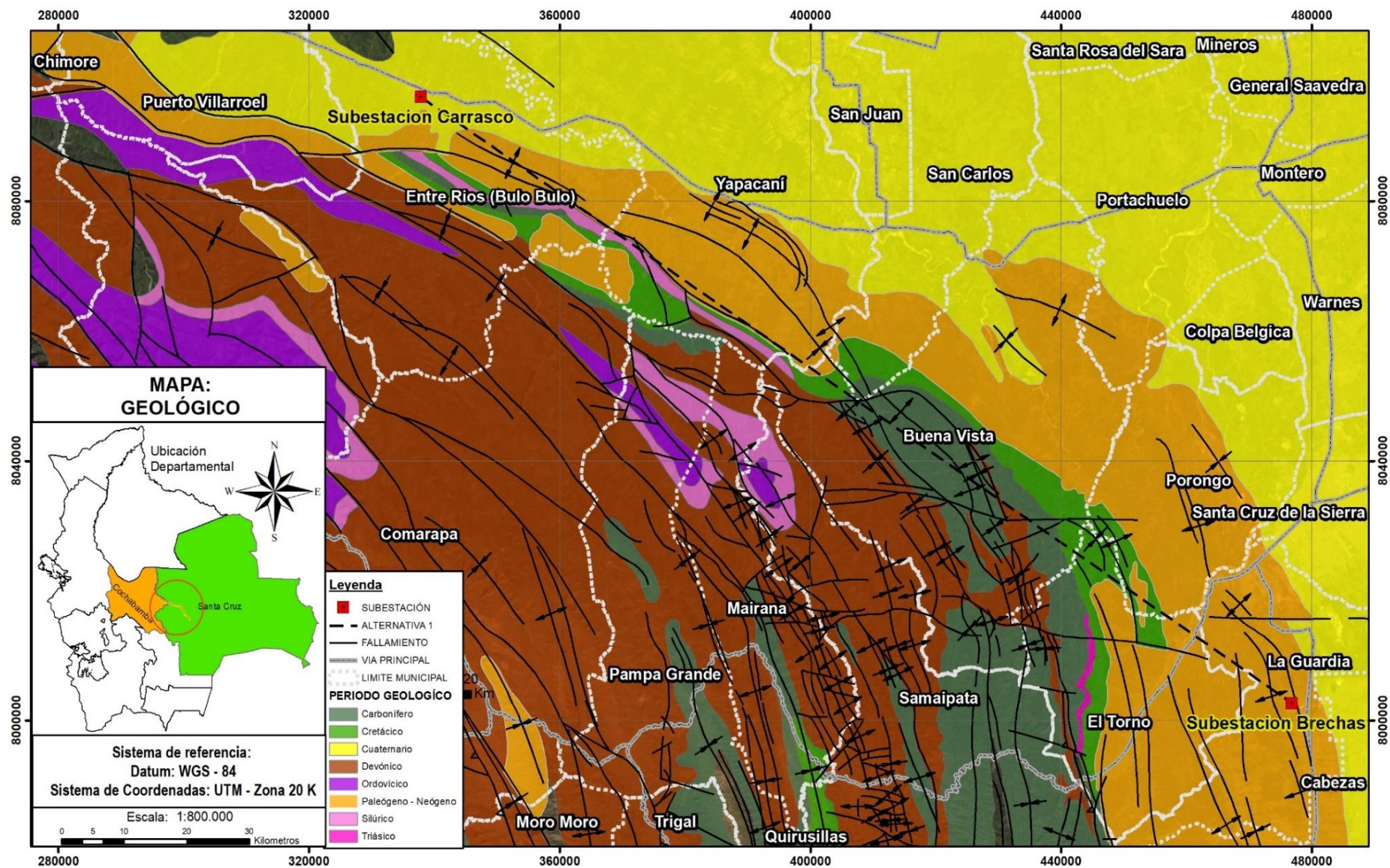


Figura 14 Mapa Geológico, elaboración propia, con datos GEOBOL

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

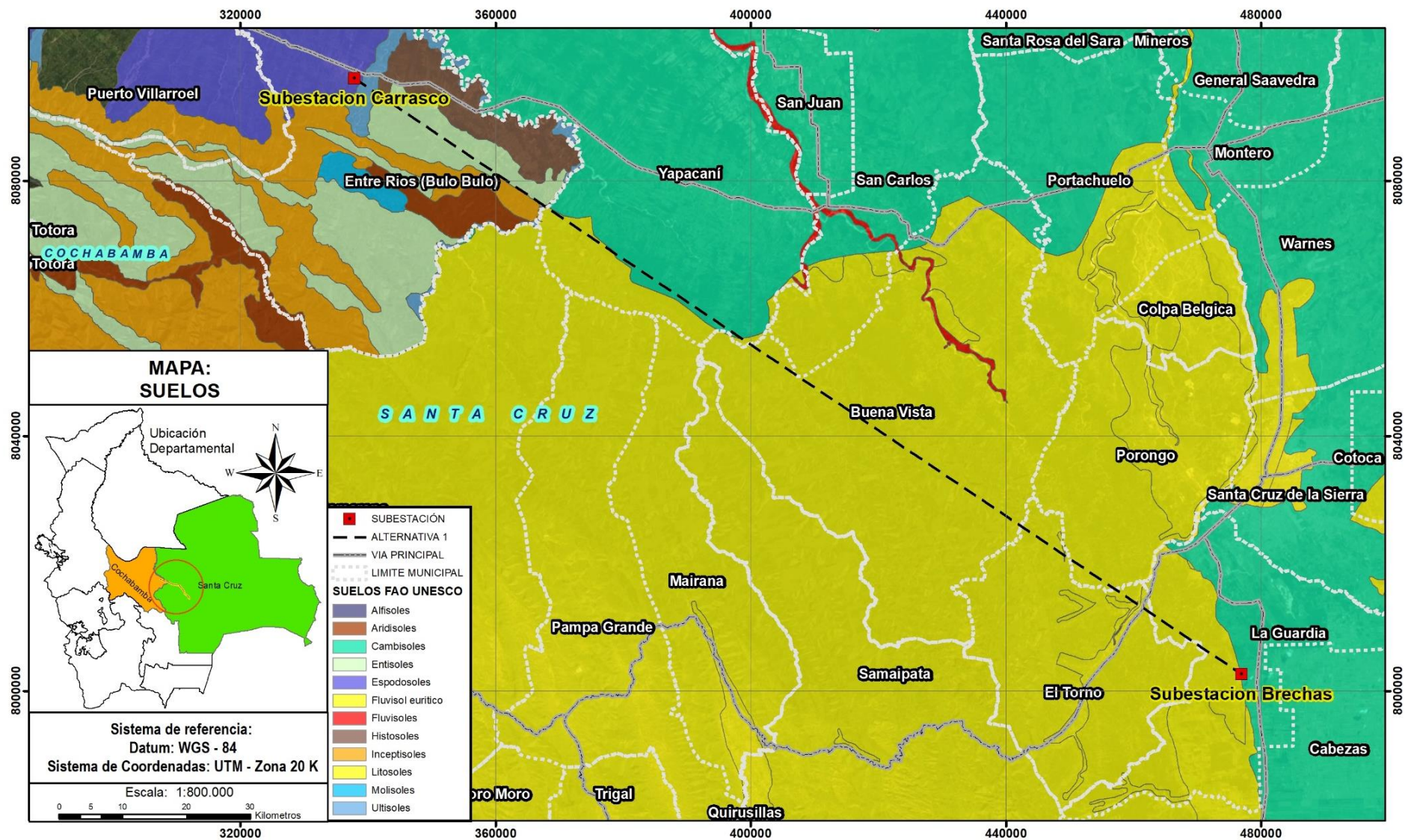


Figura 15 Mapa de Suelos, elaboración propia, con datos FAO-UNESCO..

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

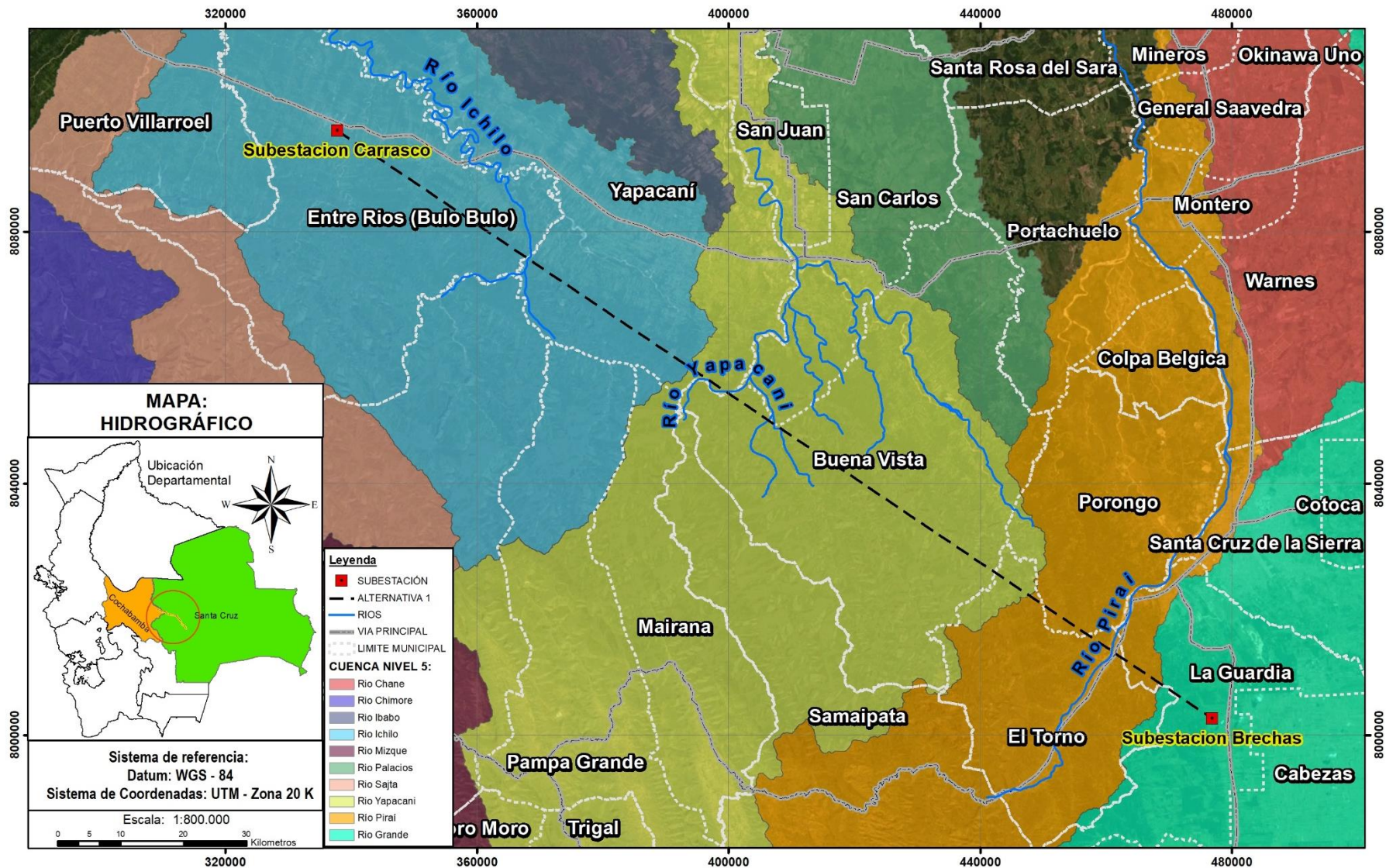


Figura 16 Mapa Hidrográfico, elaboración propia, con datos del Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

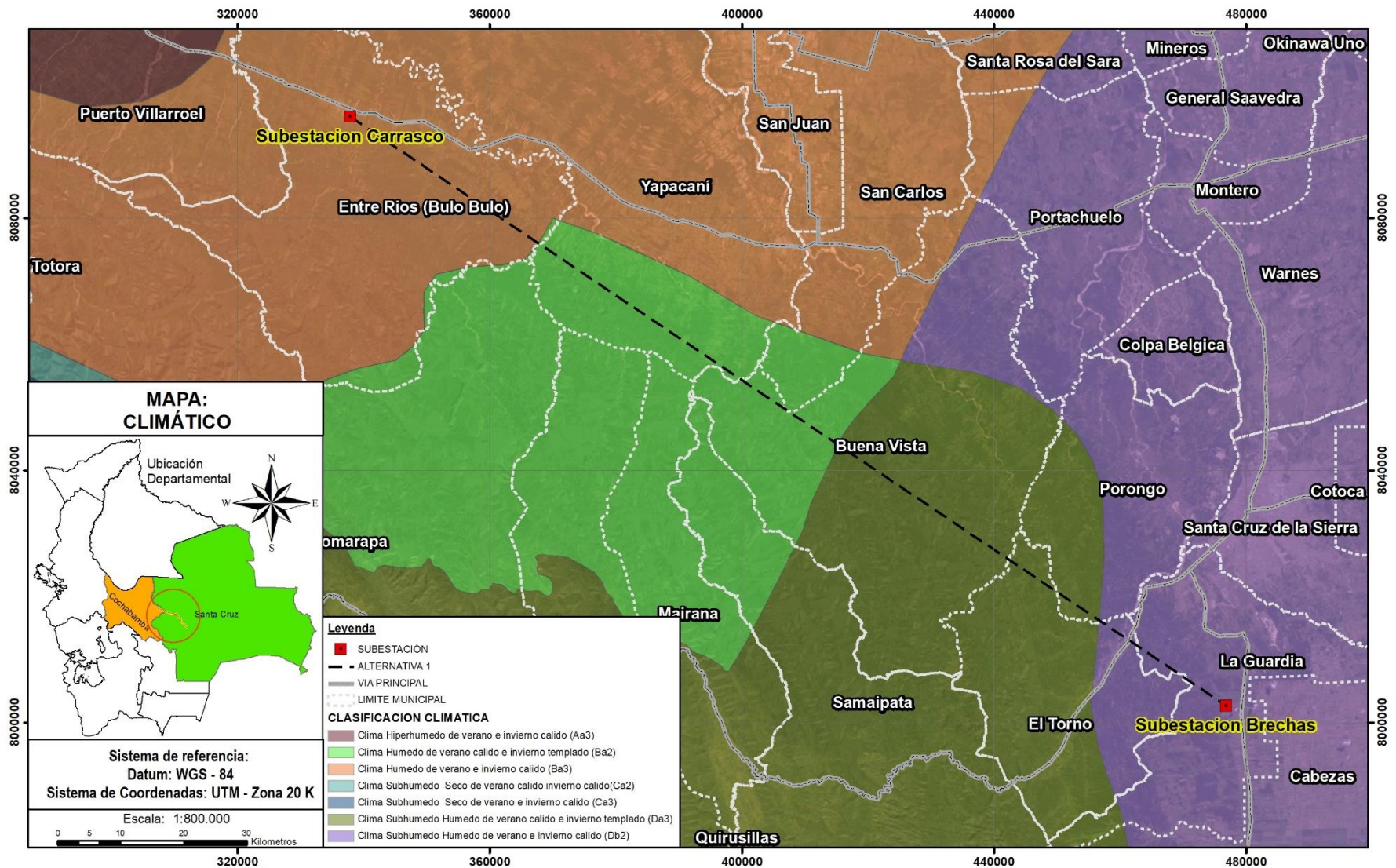


Figura 17 Mapa Climático, elaboración propia con datos FAO UNESCO

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

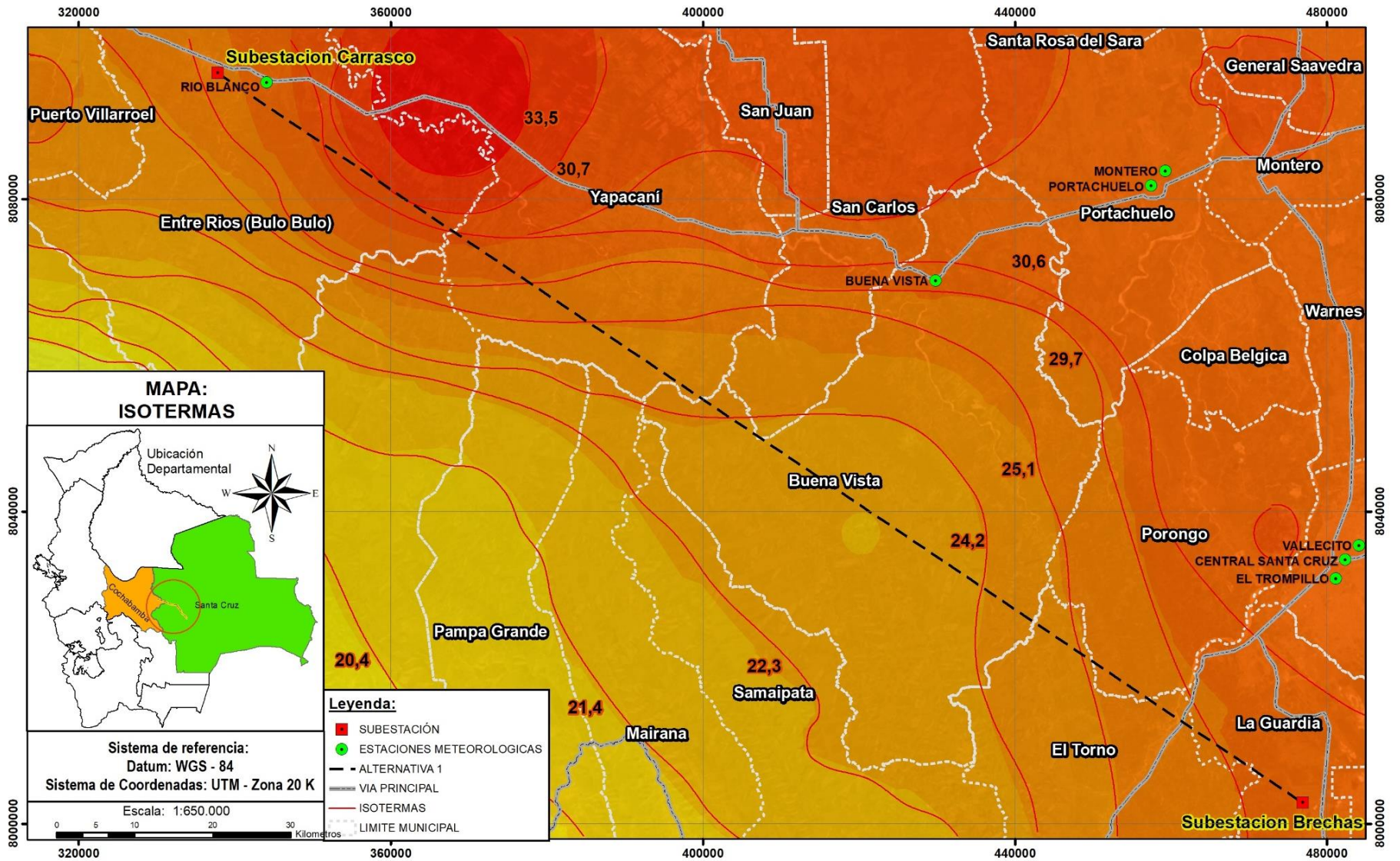


Figura 18 Mapa de Isotermas, elaboración propia, con datos SENAMHI

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

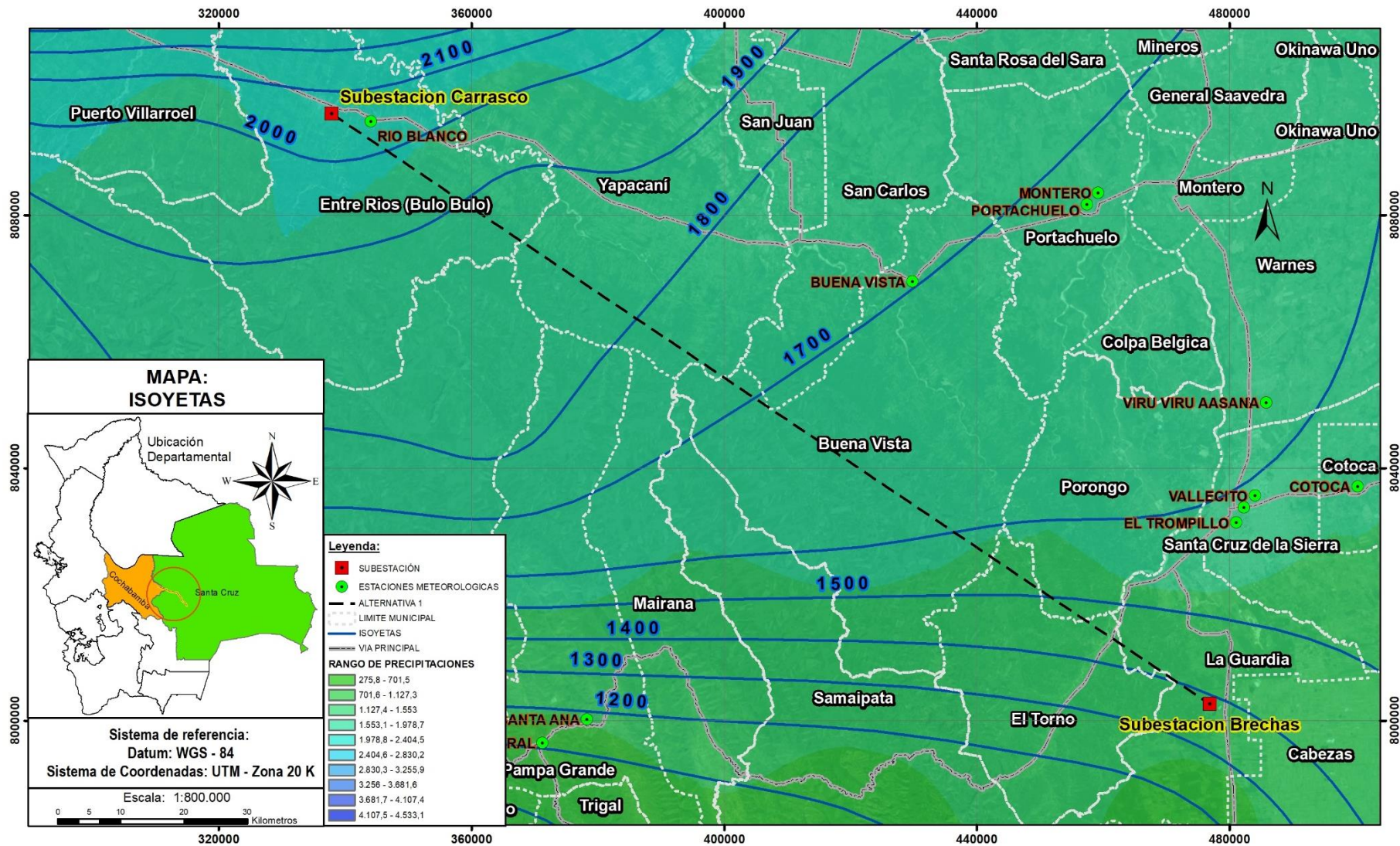


Figura 19 Mapa de Isoyetas, elaboración propia, con datos SENAMHI

8.3.7. Tabla Resumen Línea Base Componente Biótico

Tabla 12 Componente Biótico

Variable	Unidades	Componente biótico		
		Descripción	Cartografía	Herramienta SIG
Vegetación, Fuente Navarro y Ferreira	Antrópico, barbechos, cultivos, asentamientos urbanos, vías y explotaciones	Bosques remanentes más o menos degradados + bosques secundarios + barbechos + cultivos + pastizales + asentamientos urbanos y suburbanos + vías de transporte + explotaciones mineras y/o canteras.	Mapa de Vegetación	Se utilizó la información vectorial Wanderley Ferreira y Gonzalo Navarro, con contraparte del Ministerio de Planificación del Desarrollo en el año 2007 , para visualizar las unidades de vegetación y se sobrepuso la línea de transmisión para definir las secciones que interesectan, GEOPROCESSING→INTERSECT
	Selvas maduras de varzea <i>Xylopia ligustriifolia</i> – <i>Hura crepitans</i>	Bosques maduros a sucesionalmente inmaduros, que se desarrollan en las llanuras aluviales recientes a sub-recientes de los ríos de aguas blancas. Estas llanuras se inundan estacionalmente por aguas fluyentes que originan topografías características, con un microrelieve flúvico notorio en los suelos.		
	Bosque piedemonte Suroeste de la Amazonía, <i>Escheweilera coriacea</i> – <i>Dipterix odorata</i>	Su composición florística, estos bosques presentan tanto especies de la tierra firme como especies propias de suelos anegables. Del glacia preandino amazónico central: Serie de <i>Escheweilera coriacea-Dypterix odorata</i>		
	Bosque de varzea y vegetación riparia de aguas blancas del Mamore – Ibare-Bajo Apere	Conjunto de bosques con flora amazónica, inundados estacionalmente por aguas blancas de desbordamiento fluvial vinculadas a los grandes ríos del Beni. Su compición son principalmente, verdolagos, Guatabochi, bibosi, ficus, ochoo.		
	Bosque amazónico pluviestacional subandino de Santa Cruz <i>Swietenia macrophylla</i> – <i>Terminalia oblonga</i>	Bosque siempreverde estacional subandino del Suroeste de Amazonía). Bosques climáticos, transicionales a los Yungas, propios de las serranías bajas del subandino central en Santa Cruz, bosques remanentes más o menos degradados + bosques secundarios + barbechos + cultivos + pastizales + asentamientos urbanos y sub-urbanos + vías de transporte		

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

Variable	Unidades	Componente biótico		
		Descripción	Cartografía	Herramienta SIG
Fauna, fuente MMAyA, Wallace & Gómez, Libro Rojo de fauna silvestre y vertebrados: CR Peligro	Bosque Chiquitano Acanthosyris asipepote – Astronium urundeuva	Bosques subhúmedos semidecíduos de la Chiquitanía sobre suelos bien drenados. Las familias arbóreas más importantes son Moraceae, Leguminosae, Arecaceae, Euphorbiaceae, Meliaceae, Annonaceae, Bombacaceae, Elaeocarpaceae, Rubiaceae, Burseraceae, Guttiferae, Chrysobalanaceae, Myristicaceae, Burseraceae, Combretaceae, Lauraceae y Lecythidaceae.		
	Complejo de vegetación antrópica Erythrina dominguenzii - Astronium urundeuva	Complejo de vegetación antrópica Vegetación de las zonas muy perturbadas o transformadas por la acción humana, Serie Albizia niopoides-Gallesia integrifolia. Bosque potencial climácico del centro y sur de las llanuras de la región de Santa Cruz		
	Bosque chiquitano Schinopsis haenkeana – Aspidosperma cylindrocarpon	Bosques subhúmedos semidecíduos de la Chiquitanía sobre suelos bien drenados. las familias dominantes en esta zona son: Annonaceae, Arecaceae, Euphorbiaceae, Moraceae, Meliaceae, Lauraceae, Lecythidaceae, Leguminosae, Sapotaceae. En cuanto a especies se puede encontrar: Astrocaryum murumuru, Attalea phalerata, Brosimum lactescens, Cabralea canjerana, Cedrelinga catenaeformis, Eschweilera andina, Ficus spp., Geonoma deversa, Guatteria spp., Hura crepitans, Iriartea deltoidea, Nectandra spp., Ocotea spp., Poulsenia armata, Socratea exorrhiza y Trichilia spp.		
	Aves	Pava de copete-CR (Pauxi unicornis), Aguila poma-VU (Spizaetus isidori), Condor-VU (Vultur gryphus), Guacamaya bandera-NT (Ara macao), Paraba militar-NT (Ara militaris).		
	Reptiles	Lagarto-EN (Liolaemus cranwelli), Culebra de collar-En (Atractus torquatus), Atractus boettgeri - VU, tortuga morrocoy-NT (Chelonoidis carbonaria), boa arco iris- NT (Epicrates cenchria), Apostolepis tenuis NT, vibora cabeza de sapo- NT (Bothrocophias microphthalmus), Bothrops sanctaerucis NT	-	-

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

Variable	Unidades	Componente biótico Descripción	Cartografía	Herramienta SIG
crítico, EN En Peligro, VU Vulnerable, NT Casi amenazada	Mamíferos	Nutria gigante-EN (<i>Pteronura brasiliensis</i>), Yapok-VU (<i>Chironectes minimus</i>), tatu-VU (<i>Priodontes maximus</i>), corechi-VU (<i>Tolypeutes matacus</i>), mono araña- VU (<i>Ateles chamek</i>), pero de agua -Vu (<i>Speothos venaticus</i>), jaguar-VU (<i>Panthera onca</i>), Jucumari-VU (<i>Tremarctos ornatus</i>), delfin de agua dulce-VU (<i>Inia boliviensis</i>), tapir-VU (<i>Tapirus terrestres</i>), ciervo de pantanos-VU (<i>Blastocerus dichotomus</i>), piche lloron -NT (<i>Chaetophractus vellerosus</i>), murcielago-NT (<i>Myotis dinellii</i>), mono aullador-NT (<i>Alouatta caraya</i>), mono rojo - NT (<i>Alouatta sara</i>), perro de monte-NT (<i>Atelocynus microtis</i>), margay - NT (<i>Leopardus wiedii</i>), pecari - NT (<i>Pecari tajacu</i>), chchacho tropero-NT (<i>Tayassu pecari</i>), tutco tuco- NT (<i>Ctenomys steinbachi</i>).		
	Peces	Chchama negra-VU (<i>Colossoma macropomum</i>), dorado-VU (<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>), Cichla pleiozona NT		
Área Protegida	Parque Nacional Carrasco	La base legal de creación del PN Carrasco, está constituido por el Decreto Supremo 22940 del 11 de octubre de 1991. El objetivo de creación del PN Carrasco, es precautelar regiones con alta sensibilidad ecológica, o Conservar la biodiversidad de los ecosistemas del altoandino y de los yungas. El PN Carrasco se encuentra ubicado en la región cordillerana y subandina al Este del departamento de Cochabamba (Provincias Carrasco, Tiraque y Chapare). Los municipios involucrados son Puerto Villarroel, Totora, Pocona, Pojo, Tiraque, Villa Tunari, Colomi y Chimore.	Mapa de Áreas Protegidas	Se utilizó la información vectorial de Servicio Nacional de Áreas Protegidas 2017, la que permite visualizar las Áreas Protegidas Nacionales de Bolivia.
	Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Amboró	El Decreto Supremo 20423 del 16 de agosto de 1984 cambia de nombre de Reserva Natural Teniente Coronel German Busch a Parque Nacional Amboro. El 3 de octubre de 1995 redefine el Área de Parque Nacional a 442.500 ha y establece un Área de Manejo Integrado con 195100 ha (Servicio Nacional de Áreas protegidas, 2000). Proteger las áreas de gran biodiversidad representativas de la Provincia Biogeográfica de Yungas, sus ecosistemas, recursos genéticos y especies de flora y fauna amenazadas, endémicas y típicas. Proteger las formaciones geomorfológicas y paisajes singulares de las serranías subandinas.		La Información relacionada al Área Protegida Departamental Espejillos, se obtuvo a través del Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz, y su Secretaría de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, la cual proporciono los límites establecidos de la UCPN Espejillos en formato vectorial kmz. y se sobrepuso la línea de transmisión para definir las secciones que interesectan, GEOPROCESSING→INTERS

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

Variable	Unidades	Componente biótico Descripción	Cartografía	Herramienta SIG
	Unidad de Conservación del Patrimonio Natural Espejillos	Proteger las cuencas hidrográficas, en especial sus cabeceras, considerando la elevada Pluviosidad que recibe el área y la topografía caracterizada por abruptas pendientes. Contribuir al desarrollo local y regional a través de actividades de ecoturismo, recreación en la naturaleza, interpretación y educación ambiental. El Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz, mediante Resolución Prefectural N° 138/2000 de fecha 22 de marzo del año 2000 declara como Área Protegida Departamental Monumento Natural Espejillos con una extensión de 262.54 hectáreas, ubicada en el cantón Terebinto del Municipio de Porongo		ECT

Fuente: Elaboración Propia, en base a la recopilación de información

8.3.7.1. Cartografía Componente Biótico

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

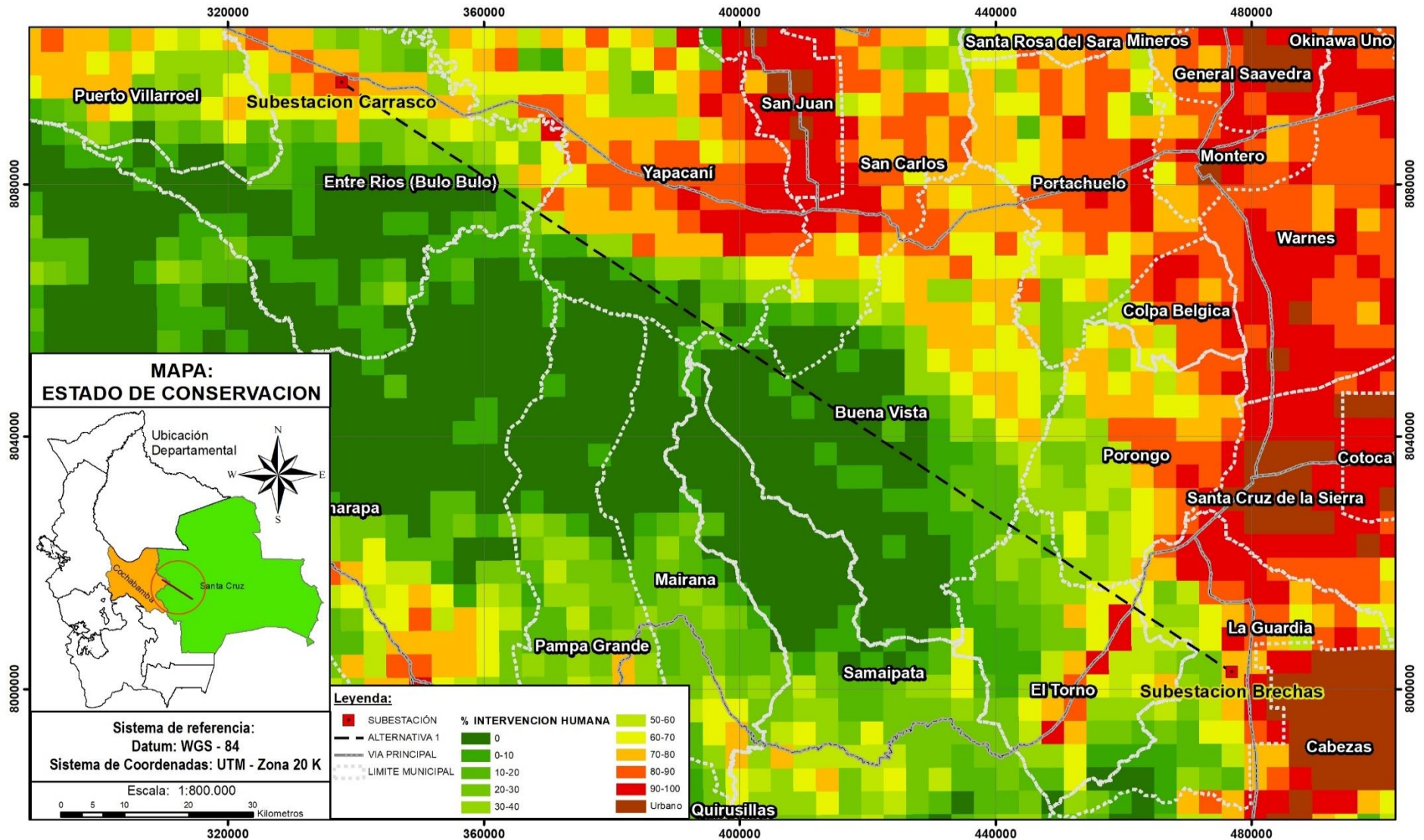


Figura 20 Mapa de Estado de Conservación, elaboración propia con datos de FAN

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

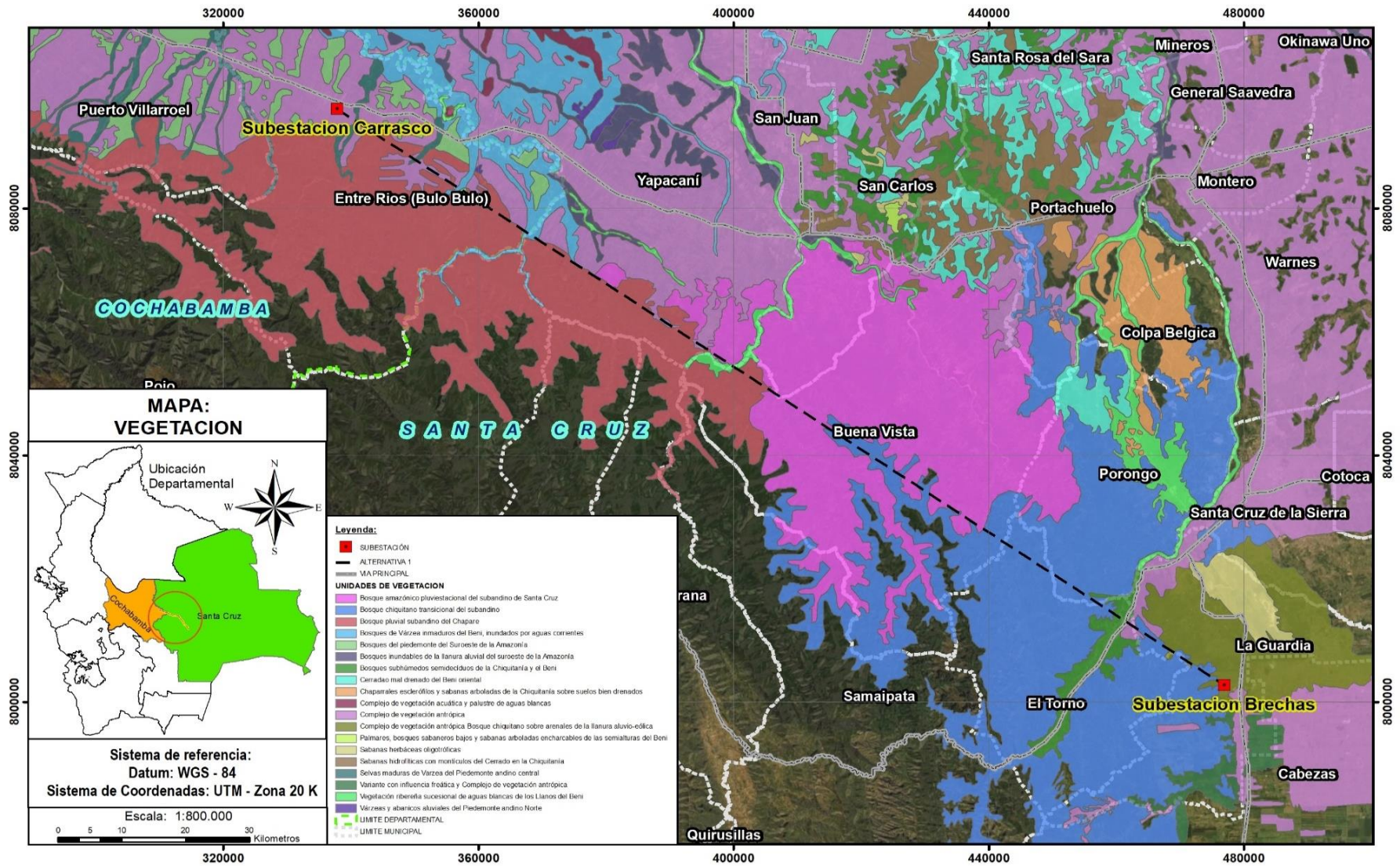


Figura 21 Mapa de Vegetación, elaboración Propia, con datos de Wanderley Ferreira y Gonzalo Navarro

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

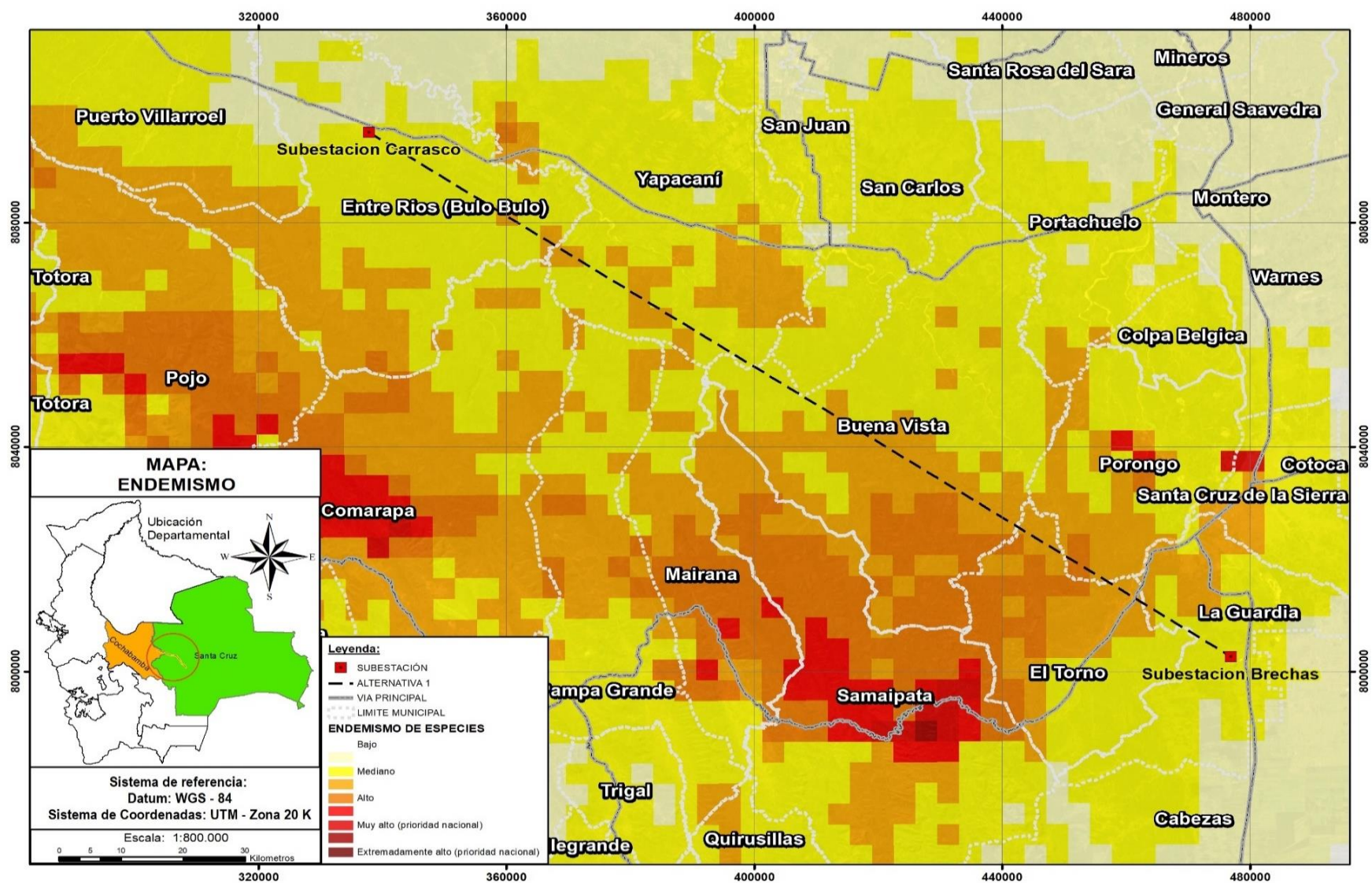


Figura 22 Mapa de Endemismo de especies, elaboración propia, con datos de SERNAP

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

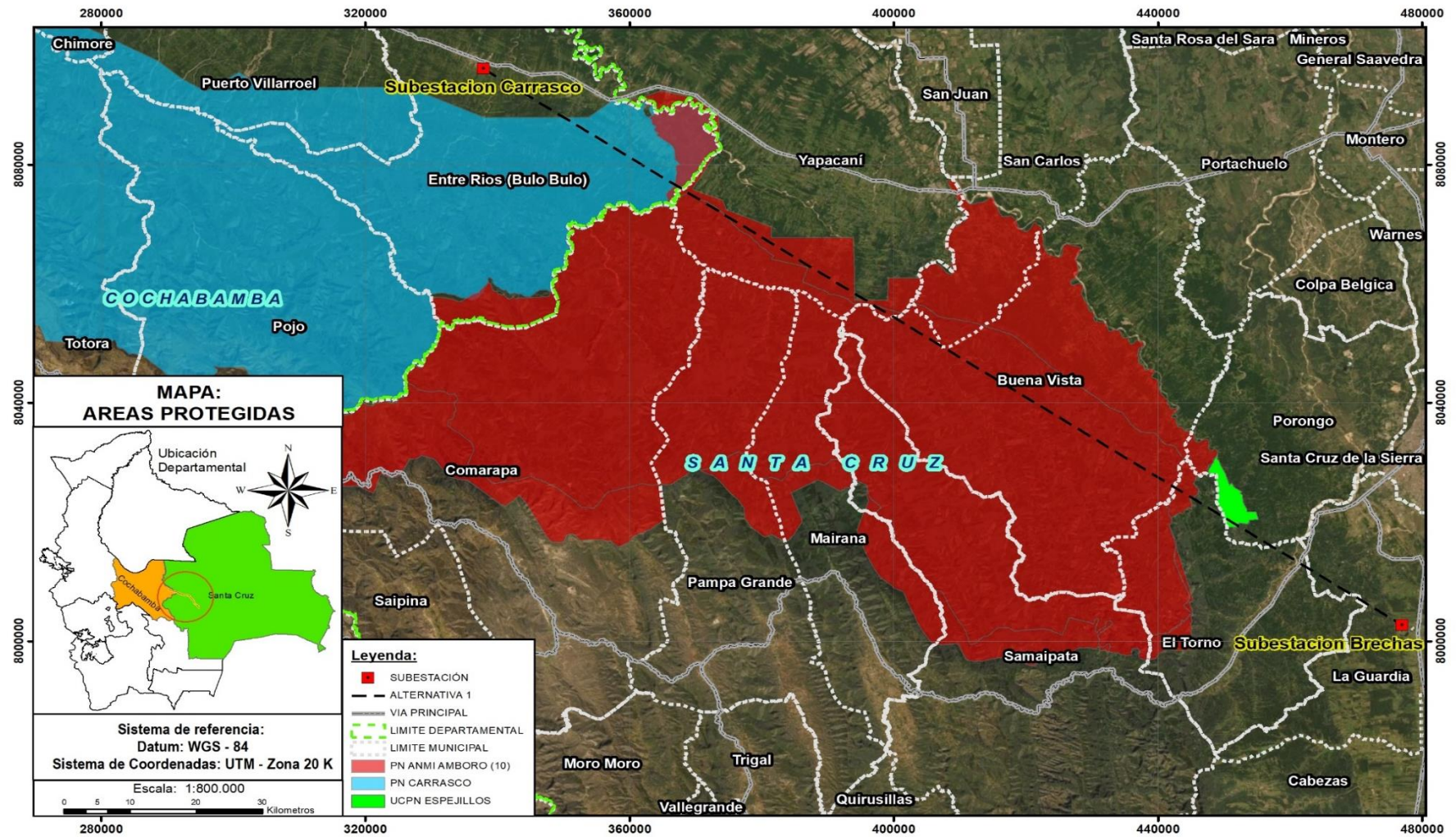


Figura 23 Mapa de Áreas Protegidas, elaboración propia, con datos de SERNAP y Secretaría Departamental de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de Santa Cruz Tabla Resumen Línea Base Componente Socioeconómico

Tabla 13 Componente Socioeconómico

Variable	Municipio	Componente socioeconómico			Herramienta SIG
		Descripción	N° habitantes	Cartografía	
Demografía, fuente INE- 2012	Entre Ríos	La población total del Municipio de Entre Ríos, tiene una población total de 31550 habitantes, con una población masculina de 16705 y la población femenina de 14845.	31550	Mapa Demográfico	Se utilizó datos estadísticos del INE del Censo de Población y Vivienda 2012, para lo cual se tomó datos de población por municipio, posteriormente se utilizó la herramienta de, SIMBOLOGY→QUANTITIES→GRADUATED SYMBOLS, para construir los puntos de concentración poblacional
	Yapacaní	La población total del Municipio de Yapacaní, tiene una población total de 50558 habitantes, con una población masculina de 27363 y la población femenina de 23195.	50558		
	San Carlos	La población total del Municipio de San Carlos, tiene una población total de 20093 habitantes, con una población masculina de 10449 y la población femenina de 9644.	20093		
	Buena Vista	La población total del Municipio de Buena Vista, tiene una población total de 12879 habitantes, con una población masculina de 6929 y la población femenina de 5950.	12879		
	Porongo	La población total del Municipio de Porongo, tiene una población total de 15317 habitantes, con una población masculina de 8157 y la población femenina de 7160.	15317		
	El Torno	La población total del Municipio de El Torno, tiene una población total de 49652 habitantes, con una población masculina de 25280 y la población femenina de 24372.	49652		
	La Guardia	La población total del Municipio de Entre Ríos, tiene una población total de 89284 habitantes, con una población masculina de 44924 y la población femenina de 44360.	89284		

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

Variable	Unidades	Descripción	%	Cartografía	Herramienta SIG
Economía, fuente INE- 2012	Agricultura, ganadería, caza, pesca y silvicultura	Actividades agrícolas como siembra de cítricos, maíz plátano, yuca, arroz, coca, caña de azúcar, papaya, y ganadería principalmente de bovinos, porcinos y aves de granja.	55	-	-
	Comercio, transporte y almacenes	Se refiere a las actividades de comercio de diferentes artículos que son comercializados en los mercados y ferias, a su vez genera ingresos al sector transporte libre y sindical.	21		
	Construcción	Área que va creciendo cada año principalmente en los centros urbanos poblados donde la mancha urbana se expande y para ello requiere mano de obra para las edificaciones. Así también se requiere para proyectos públicos como carreteras, puentes, coliseos, etc.	12		
	Industria manufacturera	Importante actividad principalmente en municipios de Santa Cruz como Porongo y La Guardia, donde absorbe mano de obra en la manufactura de productos alimenticios, como aceite, harina, azúcar, bebidas, y otros.	6		
	Minería e Hidrocarburos	Esta actividad se ve más acentuada en el municipio de Entre Ríos donde existe recursos hidrocarbúricos	3		
	Electricidad, gas, agua y desechos	El sector eléctrico se encuentra implantado en toda la zona con áreas de generación termoeléctrica como Entre Ríos, y Bulo Bulo con la plata de Urea, y líneas de transmisión que recorren desde Cochabamba a Santa Cruz	3		
Servicios básicos	Agua Potable	La provisión de agua potable por red de cañería apenas llega al 60%. Existen varias poblaciones rurales que subsisten a partir de fuentes naturales como ríos, ya que existe cuencas que poseen ríos perenes que alimentan de aguas de calidad buena y que pueden ser de consumo.	-		
	Alcantarillado	Para la eliminación de excretas, en la parte rural cuentan con cámaras sépticas abiertas y cerradas, por la falta de alcance de este servicio una gran parte del municipio emplea pozos ciegos. El servicio de alcantarillado solo llega al 3%	-		

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

Electricidad	El servicio de energía eléctrica en el área del Proyecto, tiene una cobertura del 82% del total de las comunidades, sin embargo, el 18% no cuenta con el servicio de energía eléctrica. La empresa distribuidora es la Cooperativa Rural de Electricidad CRE.	-
Recolección de basura	Según el censo 2012, indican que la eliminación de la basura se lo realiza principalmente mediante la quema tanto de residuos orgánicos e inorgánicos. El 57% tienden a quemar la basura, el 17% de la población cuenta con el carro basurero, el 7% lo depositan al basurero público	-

Variable	Unidades	Descripción	Nº Establec.	Cartografía	Herramienta SIG
Educación	Yapacaní	El sistema actual de la educación contempla entre sus objetivos mejorar la calidad y eficiencia de la educación, eliminar el analfabetismo y asegurar la escolaridad a todos los niños en edad escolar. La estructura educativa se basa en dos sistemas: regular y no regular. El sistema regular se basa en programas y actividades para la población en edad escolar y el sistema no regular en programas y actividades para la población adulta y otras personas que no están contempladas en el sistema de educación regular.	90	Mapa de Educación	Se utilizó datos estadísticos del INE del Censo de Población y Vivienda 2012, para lo cual se tomó datos los centros educativos existentes para cada municipio, posteriormente se utilizó la herramienta de, SIMBOLOGY→CATEGORIES→VALU E FIELD, para ubicar los puntos donde se encuentran los centros educativos de cada municipio
	La Guardia		70		
	El Torno		60		
	Buena Vista		45		
	Entre Ríos		36		
	San Carlos		33		
	Porongo		31		

Variable	Unidades	Descripción	Nº Establec.	Cartografía	Herramienta SIG
Salud	El Torno	Los servicios de salud que se brindan son primarios y de carácter curativo, beneficiándose de ellos solo la población que tiene acceso al hospital y en ocasiones a visitas que realizan la brigada móvil del Hospital a los Puestos de Salud. La aplicación de la medicina tradicional se basa principalmente en la utilización de plantas como medicina alternativa, siendo de carácter significativo en la sección municipal, el curandero que	12	Mapa de Salud	Se utilizó datos estadísticos del INE del Censo de Población y Vivienda 2012, para lo cual se tomó datos los centros de salud existentes para cada municipio, posteriormente se utilizó la herramienta de, SIMBOLOGY→CATEGORIES→VALU E FIELD, para ubicar los puntos donde se encuentran los centros de salud de cada
	Yapacaní		11		
	Buena Vista		10		

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

Variable	Unidades	Descripción	%	Cartografía	Herramienta SIG
	Entre Ríos	tiene mucha importancia en la sociedad rural,	9		municipio
	La Guardia		9		
	Porongo		9		
	San Carlos		6		
USO DE SUELOS, Fuente Plan de Ordenamiento del Depto. de Santa Cruz	Forestal maderable	Representa cobertura vegetal Arbórea con especies maderables como algarrobo, tajibo, motacú, cedro, ochoo, quebracho y mapajo.	74,8		
	Forestal maderable disperso	Presenta una marcada deforestación por infraestructura vial, frontera agrícola y crecimiento de la mancha urbana, por lo que existen rodales forestales que contienen especies forestales relictos, que aún se siguen explotando con fines comerciales	37,5		
	Agropecuaria extensiva, con cultivos perennes	Sistema de producción agrícola que no maximiza la productividad a corto plazo del suelo con la utilización de productos químicos, el riego o los drenajes, sino más bien, haciendo uso de los recursos naturales presentes en el lugar y que no existe rotación de cultivos por esta razón perennes	36,3		
	Silvopastoril, con extracción de productos del bosque, tala selectiva y vacunos	no es muy apto para el desarrollo de la ganadería, ello debido principalmente a que no hay una planificación adecuada de los pastos y forrajes. Además del mal manejo de las pasturas, debido a la excesiva carga animal, existe la debilitación del suelo, provocando una mala alimentación del ganado	29,9	Mapa de Uso de Suelos	Se utilizó la información vectorial del Plan de Ordenamiento Territorial en el Departamento de Santa Cruz en el año 2011, para visualizar las unidades de uso de suelo y se sobrepuso la línea de transmisión para definir las secciones que interesectan, <i>GEOPROCESSING→INTERSECT</i>
	Caza, pesca y productos del bosque	productos forestales no madereros suelen recolectarse para el consumo doméstico o para el comercio local, aunque algunos se destinan al mercado de exportación, (como bayas, setas, plantas comestibles, y animales de caza), además por la existencia de Ríos como Yapacaní, Ichilo, existen actividades de pesca para consumo propio y el restante para	5,2		

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

	comercialización a Santa Cruz y Cochabamba.		
Ganadería extensiva dispersa con vacunos	Sistemas de producción ganadera que aprovechan eficientemente los recursos del territorio con las especies y razas adecuadas, compatibilizando la producción con la sostenibilidad y generando servicios ambientales y sociales	1,7	
Ductos Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos YPFB	Red de Ductos de YPFB (Oleoductos y gasoductos), que van paralelos a la carretera principal Cochabamba – Santa Cruz	-	Se utilizó la base de datos de la red de ductos de YPFB en formato vectorial (shape), capa que se sobrepuso en el mapa de Uso de Suelos.
Líneas de Transmisión Empresa Nacional de Electricidad	Líneas de transmisión existentes y en operación a cargo de ENDE, que forman parte del Sistema Interconectado Nacional	-	Se utilizó la base de datos del Sistema Interconectado Nacional, de ENDE en formato vectorial (shape), capa que se sobrepuso en el mapa de Uso de Suelos.
Caminos Secundarios Administrados Boliviana de Carreteras (ABC)	Caminos secundarios existentes y que comunican comunidades, a partir de la red fundamental nacional Cochabamba – Santa Cruz (actualmente doble vía en construcción)	-	Se utilizó la base de datos de la red de vías secundarias de ABC, en formato vectorial (shape), capa que se sobrepuso en el mapa de Uso de Suelos.

Fuente: Elaboración Propia, en base a la recopilación de información

Tabla 14 Datos de Población por municipio

Departamento	Municipio	Hombres	Mujeres	Total	%
Cochabamba	Entre Ríos	16.705	14.845	31.550	11,7
Santa Cruz	Buena Vista	6.934	5.945	12.879	4,8
Santa Cruz	Porongo	8.157	7.160	15.317	5,7
Santa Cruz	San Carlos	10.451	9.642	20.093	7,5
Santa Cruz	El Torno	25.286	24.366	49.652	18,4
Santa Cruz	Yapacaní	27.371	23.187	50.558	18,8
Santa Cruz	La Guardia	44.924	44.360	89.284	33,2
Total		139828	129505	269333	100

Fuente: Elaboración propia, con datos de INE, Censo de población y vivienda 2012

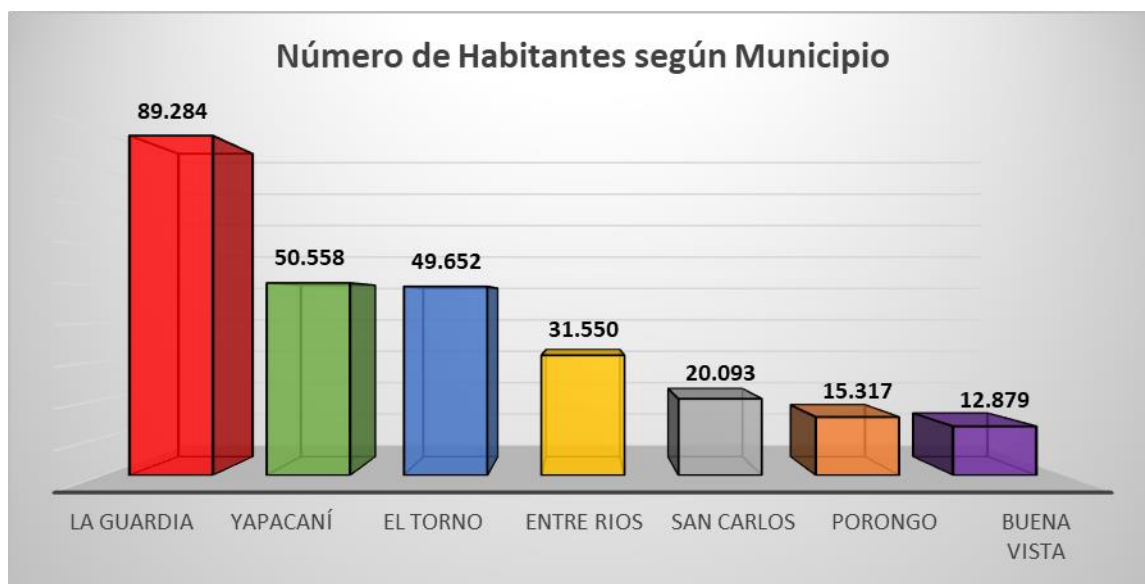


Figura 24 Distribución poblacional según municipio, elaboración propia, con datos de INE, Censo de población y vivienda

8.3.7.2. Cartografía Componente Socioeconómico

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

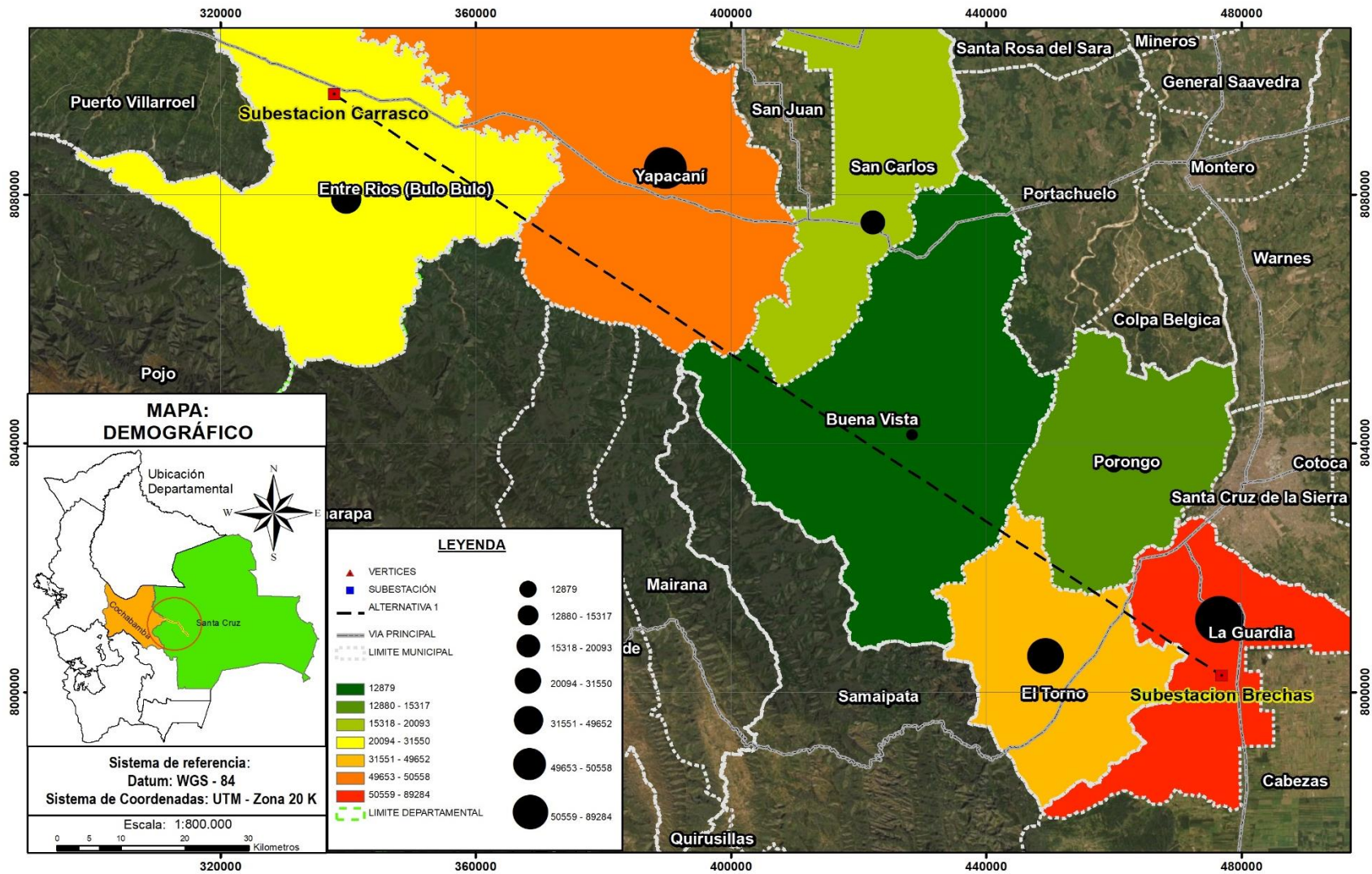


Figura 25 Mapa demográfico según intervención municipal, elaboración propia, con datos de INE, Censo de población y vivienda 2012, e imagen satelital USDA USGS GEO EYE

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

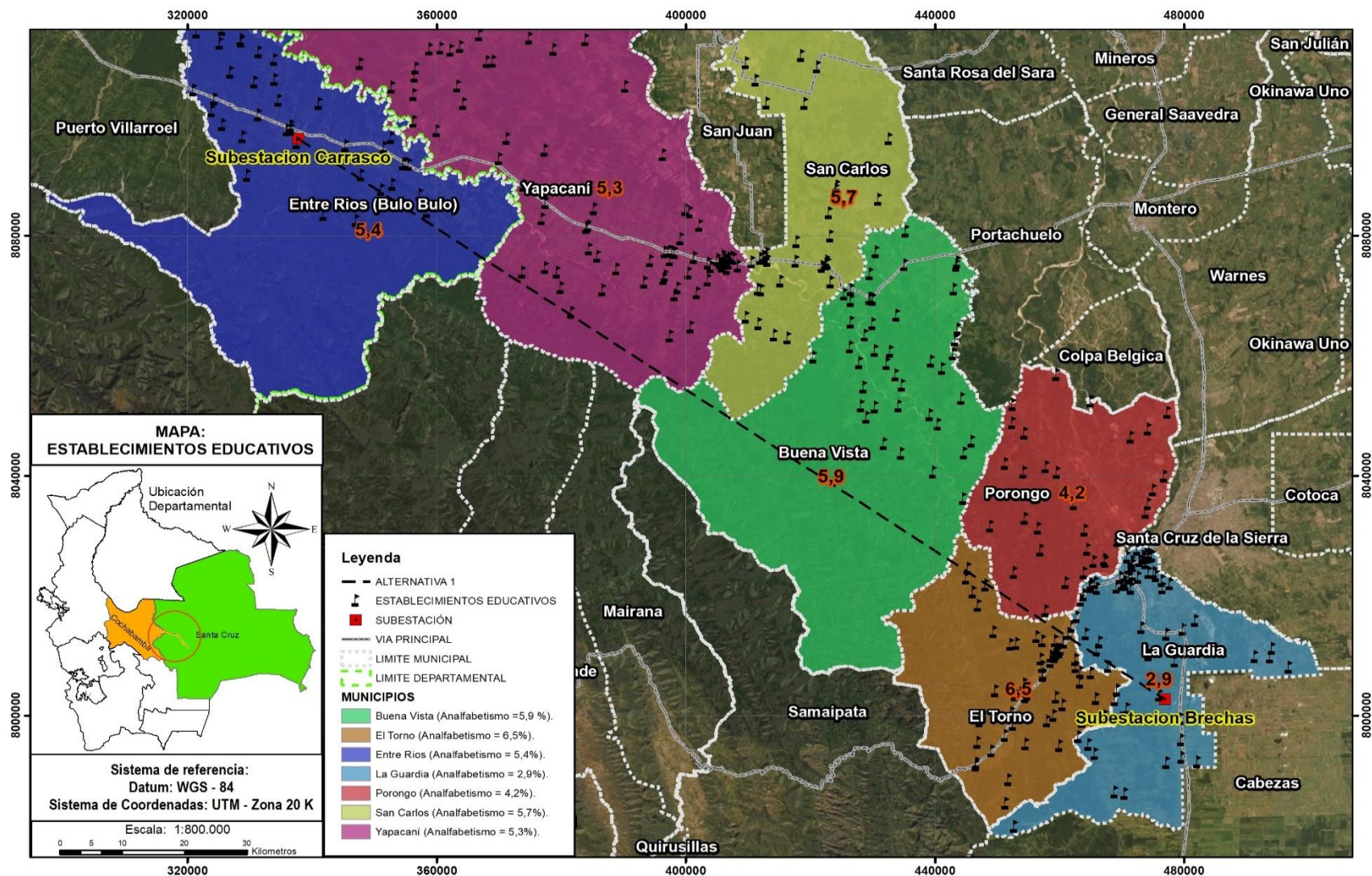


Figura 26 Mapa de establecimientos educativos, elaboración propia, con datos Sistema de Información Educativa SIE, e imagen satelital USDA USGS GEO EYE

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. "LINEA CARRASCO - BRECHAS"

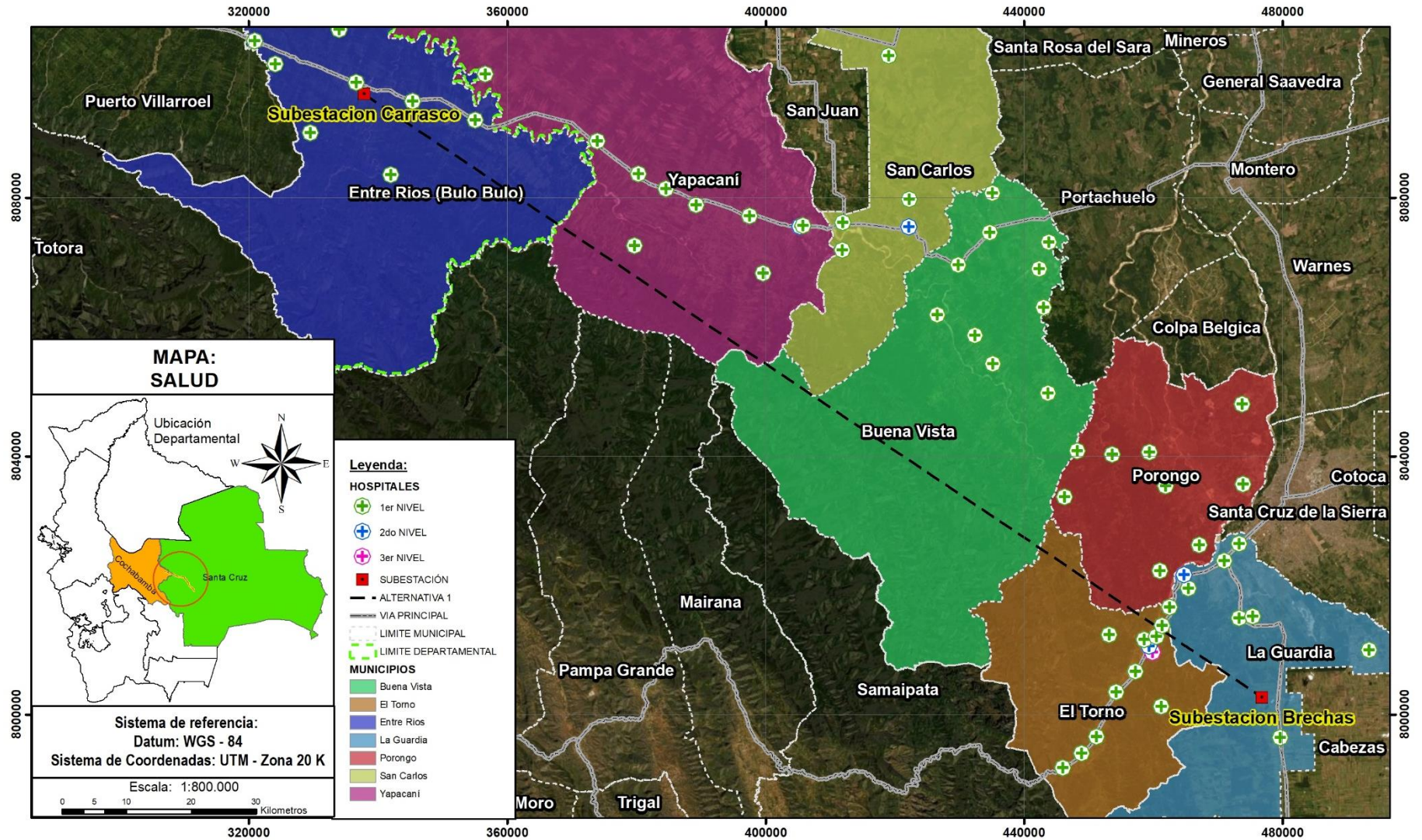


Figura 27 Mapa de establecimientos de salud, elaboración propia, con datos del Ministerio de Salud, e imagen satelital USDA USGS GEO EYE

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

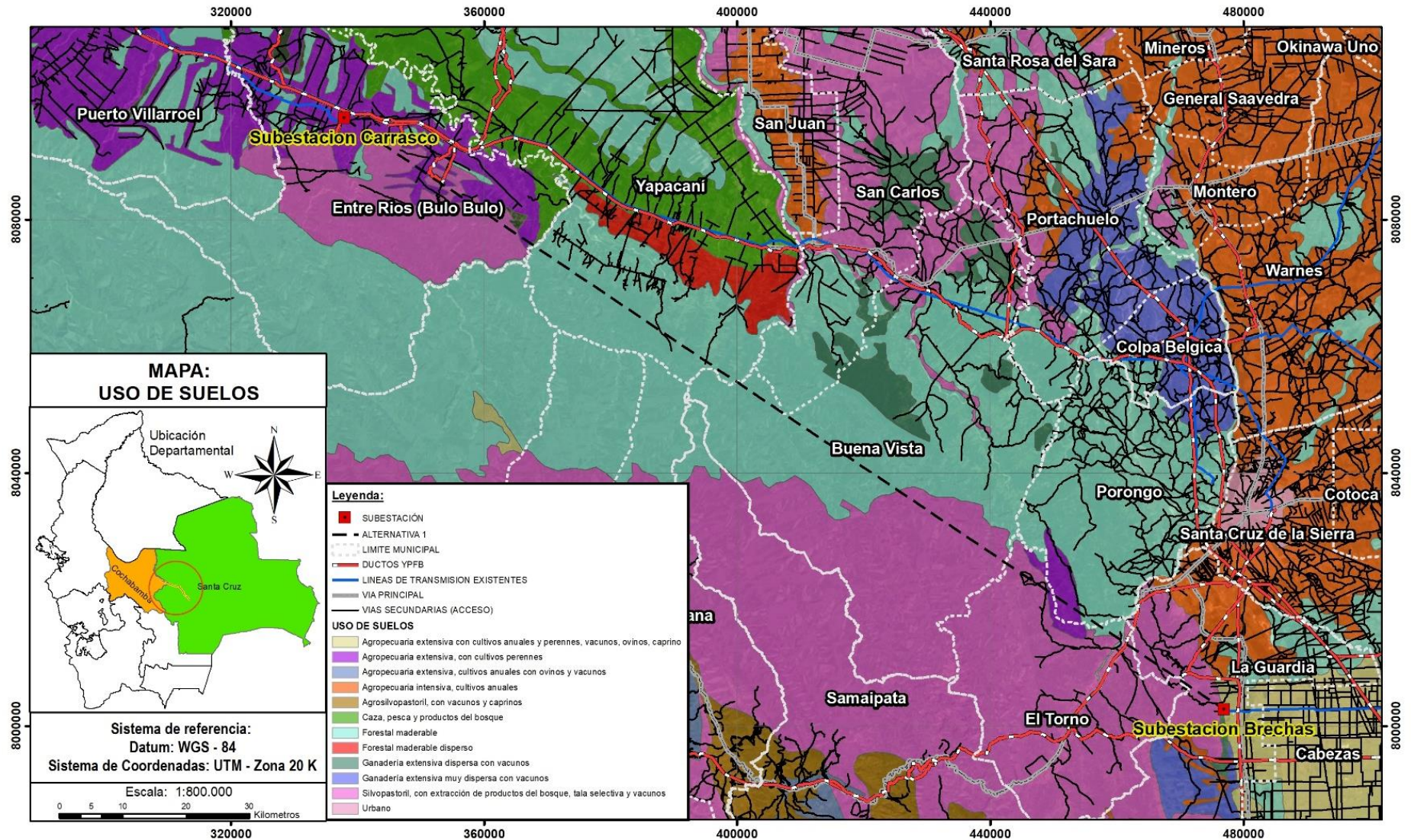


Figura 28 Mapa de Uso de Suelos, elaboración propia, con datos del Plan de Ordenamiento Territorial en el Departamento de Santa Cruz en el año 2011, YPFB, ENDE, ABC.

8.4. Análisis de Variables

De acuerdo a toda la Línea base ambiental realizada, se debe procesar la información para definir qué variables se emplearán, para la toma de decisión y finalmente establecer el trazo de la línea de transmisión considerando su entorno ambiental.

8.4.1. Criterios Técnicos y Ambientales

A partir de la Línea Base Ambiental, se debe definir las variables más relevantes que intervengan en la toma de decisión como criterio clave para el planteamiento de la alternativa óptima para el trazo de la línea de transmisión que considere criterios ambientales, y técnicos del proyecto.

Por tanto, se considera las variables más relevantes que posteriormente serán evaluadas a través de una metodología de análisis AHP Proceso Analítico Jerárquico. A continuación, se considera las siguientes variables más importantes:

Tabla 15 Datos de Población por municipio

	Criterios	Justificación
Técnicos	Topografía	El diseño de la Línea de transmisión debe establecerse en alturas adecuadas sobre el terreno, tomando ventaja del perfil topográfico.
	Hidrografía	Es importante tomar en cuenta los ríos principales para evitar riesgos por inundación o turbiones que comprometan las estructuras de torre
	Uso de Suelos	En este punto se toma en cuenta principalmente las vías tanto principales como secundarias que existen, y que sería una ventaja a la hora de la construcción (transporte de materiales y equipos) y mantenimiento futuro (faja de seguridad). Asimismo, las líneas de transmisión existentes que ahorran logística en su operación.
	Geomorfología	Este criterio permite identificar las formas del paisaje que mejor se acomoden al diseño de la línea de transmisión, evitando por ejemplo paisajes ondulados o valles inaccesibles, con riesgo de derrumbes.
	Geología	Este criterio permite identificar los lugares más estables para las fundaciones de estructuras de torres, que no sean susceptibles a fallamientos o deslizamientos,
Ambientales	Vegetación	Este criterio puede verse afectado, por el desmonte de especies forestales, que se realizara para la faja de seguridad de la línea de transmisión.
	Estado de Conservación	Este criterio establece las zonas con mayor o menor conservación, respecto a los recursos naturales existentes.
	Endemismo	Este criterio nos indica la existencia de especies de fauna y flora propias del lugar, de manera que una vez afectado su habitat, su recuperación seria irreversible.

Crterios	Justificación
Suelos	Este criterio podría ser afectado de forma indirecta al desmante, ya que los suelos desnudos son más propensos a los procesos de erosión.
Áreas Protegidas	Este criterio engloba en general fauna y flora dentro de un área protegida declarada por ley, por tanto, se considera como una zona ambientalmente sensible por todos los recursos de biodiversidad que se conservan.

Fuente: Elaboración propia

De las variables identificadas se realizará una evaluación mediante la metodología multicriterio de Proceso Analítico Jerárquico, (Analytic Hierarchy Process, AHP), propuesta por Thomas L. Saaty.

8.4.2. Análisis Jerárquico Multicriterio

A partir de la Línea Base Ambiental, se debe definir las variables más relevantes que intervendrán en la toma de decisión como criterio clave para el planteamiento de la alternativa óptima para el trazo de la línea de transmisión.

Para este Análisis Jerárquico Multicriterio, se aplicará la metodología AHP (Analytic Hierarchy Process), es un método que nos permite seleccionar alternativas en función de una serie de criterios o variables, jerarquizados, los cuales pueden estar en conflictos por cual denota mayor relevancia. Este método multicriterio concretamente es para orientar la toma de decisiones en base a un problema o conflicto identificado.

La valoración que se maneja para esta metodología es la siguiente:

Tabla 16 Escala de valores para pares

Valor	Definición
9	Importancia extrema
7	Importancia Muy grande
5	Importancia grande
3	Importancia moderada
1	Igual importancia

Valor	Definición
1/2	Importancia Baja
1/3	Importancia Muy Baja
1/5	Importancia notablemente baja
1/7	Absolutamente menos importante
1/9	Sin importancia o irrelevante

Fuente: Saaty 2014

A partir de los criterios o variables identificados, se establece la matriz de decisión. “Esta matriz cumple con las propiedades de reciprocidad (si $a_{ij}=x$, entonces $a_{ji}=1/x$), homogeneidad (si i y j son igualmente importantes, $a_{ij}=a_{ji}=1$, y además, $a_{ii}= 1$ para todo i), y consistencia (la matriz no debe contener contradicciones en la valoración realizada)” (Saaty, 2014). La consistencia se obtiene mediante el índice de consistencia (Consistency Index, CI) donde λ_{max} es el máximo autovalor y n es la dimensión de la matriz de decisión. Un índice de consistencia igual a cero “significa que la consistencia es completa y el valor máximo se establece inferior al 10% para un tamaño de matriz mayor a 5” (Saaty, 2014).

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Donde:

CR, es la razón de consistencia

RI: es el índice de aleatoriedad

CI: es el índice de consistencia

Con toda la información se procede al llenado de la matriz buscando los criterios y sus pares de acuerdo a los ejes vertical y horizontal asignado con números enteros y su contraparte

con el valor inverso, de acuerdo al peso de cada criterio, tal como se muestra en el siguiente Tabla:

Tabla 17 Matriz de decisión

Ci	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Wi	CI	Lambda i
C1	1	1	1/2	1	3	5	1/3	1/2	1	1/5	0,9	0,07	1,21
C2	1	1	1/2	1	1	1	1	3	1	1/2	1,0	0,08	0,93
C3	2	2	1	3	3	3	1/2	1/2	1	1/3	1,2	0,10	1,15
C4	1	1	1/3	1	3	1/2	1/5	1/5	1	1/7	0,6	0,05	1,24
C5	1/3	1	1/3	1/3	1	1/3	1/7	1/7	1/2	1/9	0,3	0,03	1,08
C6	1/5	1	1/3	2	3	1	1/2	1/2	3	1	0,9	0,07	1,21
C7	3	1	2	5	7	2	1	1	3	1	2,0	0,17	1,03
C8	2	1/3	2	5	7	2	1	1	5	1	1,8	0,16	1,25
C9	1	1	1	1	2	1/3	1/3	1/5	1	1/5	0,6	0,05	1,13
C10	5	2	3	7	9	1	1	1	5	1	2,5	0,21	1,15
Pi	16,5	11,3	11,0	26,4	39,1	16,2	6,0	8,0	21,5	5,5	11,9	1,00	11,38

Fuente: Elaboración propia en base a metodología Saaty 2014.

De acuerdo a la matriz de jerarquización, se obtienen los siguientes pesos para cada criterio:

Tabla 18 valores de AHP

Código	Criterio	Pesos	%
C1	Topografía	0,07	7%
C2	Hidrografía	0,08	8%
C3	Uso de Suelos	0,10	10%
C4	Geomorfología	0,05	5%
C5	Geología	0,03	3%
C6	Vegetación	0,07	7%
C7	Estado de Conservación	0,17	17%
C8	Endemismo	0,16	16%
C9	Suelos	0,05	5%
C10	Áreas Protegidas	0,21	21%
		1,00	100%

Fuente: Elaboración propia en base a metodología Saaty 2014

De acuerdo a análisis de consistencia, la evaluación estaría dentro el rango

CI	0,15
RI	1,584
RC	0,097

En base a los resultados se puede apreciar que los valores más altos en cuanto jerarquía son: Áreas Protegidas con un 21%, Estado de Conservación con 17%, Endemismo con 16% y Uso de Suelos con el 10%.

Haciendo una reclasificación de estas 4 variables, se aplica la herramienta de GIS (Weighted Overlay), de superposición ponderada. Previamente se rasterizará las variables vectoriales, asignado rangos de 1-9, posteriormente se asignará los porcentajes de peso, que serán estimados a partir de los resultados de la matriz de jerarquización.

Tabla 19 Porcentaje y esos asignados para la superposición ponderada

Raster	% Influencia	Descripción	Valor
Área Protegida	33	Alto	8
		Medio	5
		Bajo	2
		Muy Bajo	1
		Muy Alto	9
Estado de Conservación	27	Alto	7
		Moderado	5
		Bajo	3
		Muy Bajo	1
		Extremadamente Alto	9
Endemismo	25	Muy Alto	7
		Moderado	5
		Bajo	3
		Muy Bajo	1
		Muy Alto	9
Uso de Suelos (Vías y líneas eléctricas existentes)	15	Alto	2
		Medio	5
		Bajo	7
		Muy Bajo	9

Fuente: Elaboración propia en base a datos AHP

En base al input de datos se obtuvo el mapa de superposición ponderada a partir de las 4 variables jerarquizadas:

APLICACIÓN SIG LINEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LINEA CARRASCO - BRECHAS”

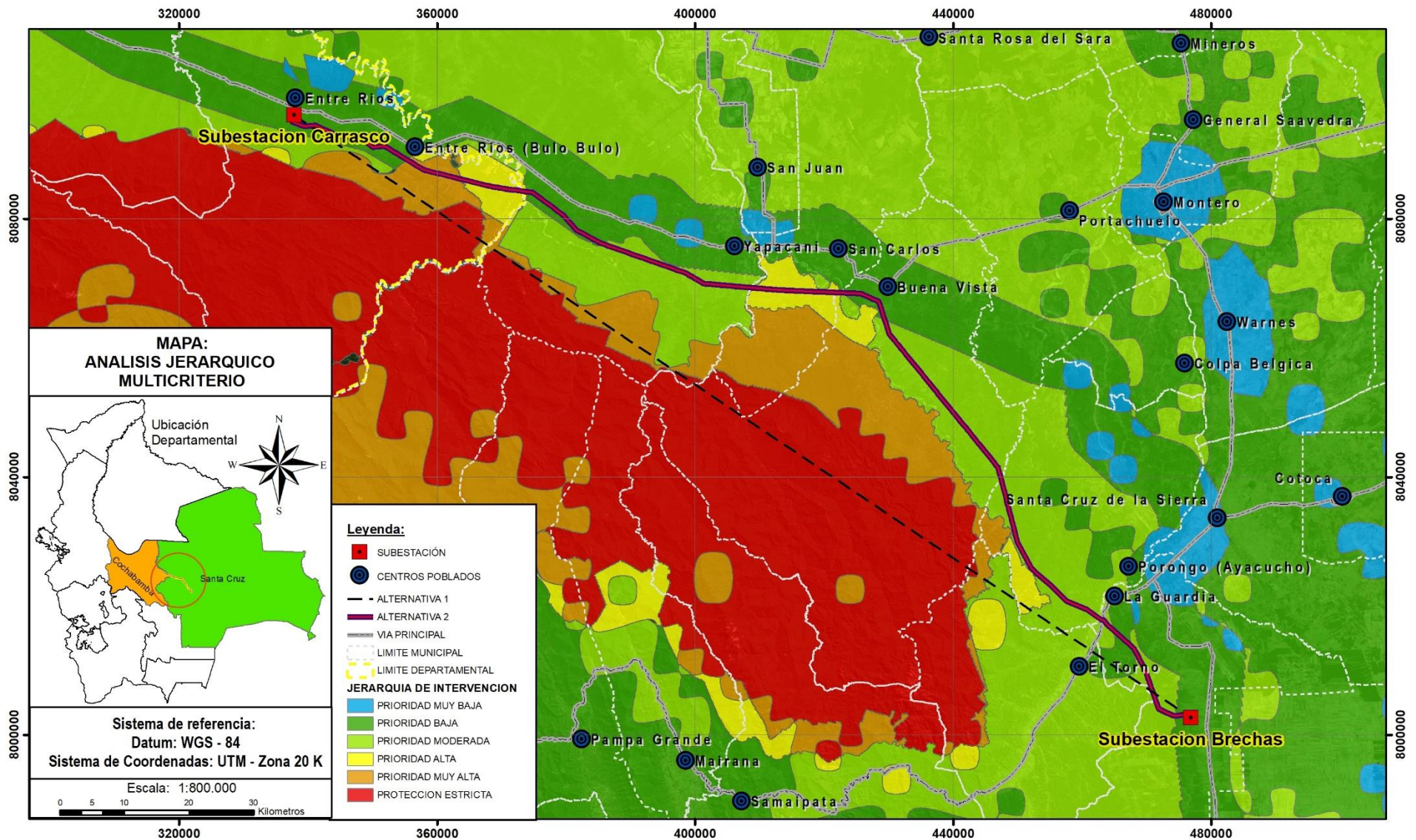


Figura 29 Mapa de Análisis Jerárquico Multicriterio, elaboración propia, en base a datos del Análisis de Jerarquización Multicriterio AHP

8.4.3. Análisis de Alternativas

De acuerdo a toda la Línea base ambiental realizada, y el Análisis Jerárquico Multicriterio se debe procesar y sintetizar la información para definir la mejor alternativa del trazo final de la línea de transmisión.

A continuación, se detalla la información obtenida a partir del Mapa de Análisis de Jerarquización Multicriterio, para las Alternativas 1 y 2.

8.4.3.1. Alternativa 1

Esta alternativa se caracteriza por ser la línea recta del punto A al punto B, de menor longitud (170 km), sin embargo, de acuerdo a los datos de segmentos de longitud obtenidos por intersección de los datos de Análisis Jerárquico Multicriterio, se tiene los siguientes resultados:

Tabla 20 Datos Alternativa 1

Nº	Jerarquía	Longitud km	%
1	Prioridad muy baja	2,4	1,4
2	Prioridad baja	17,8	10,4
3	Prioridad moderada	34,4	20,2
4	Prioridad muy alta	42,2	24,8
5	Protección estricta	73,6	43,2
Total		170,3	100,0

Fuente: Elaboración propia en base a datos de superposición ponderada

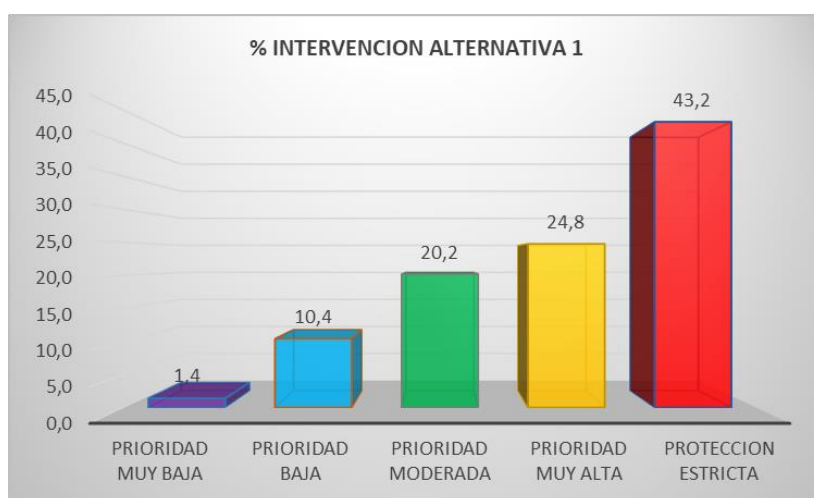


Figura 30 Estadísticas Alternativa 1, elaboración propia en base a datos de superposición ponderada

Interpretando la información se puede observar que se interviene en más de un 43% en la zona de protección estricta, lo que significa que causaría un impacto ambiental considerable de ejecutarse esta alternativa, y a largo plazo sería más costoso por las medidas de mitigación a implementarse y los costos de mantenimiento.

Tabla 21 Análisis de la Alternativa 1

	Ventajas	Desventajas
Alternativa 1	Menor Distancia (170 km) Menor costo, reduce un 15% del presupuesto	Se atravesaría un tramo de mayor longitud dentro de la zona de protección estricta 40% y por la de prioridad muy alta 25%. Los costos a mediano y largo plazo se incrementan por la implementación de medidas de mitigación y costos de mantenimiento. Falta de caminos de acceso a los sitios de construcción.

Fuente: Elaboración propia

8.4.3.2. Alternativa 2

La alternativa 2, se caracteriza por ser el trazo más largo, debido a que en su diseño no adopta una línea recta, para su diseño se toma en cuenta las zonas jerarquizadas más sensibles que pueden llegar a afectarse negativamente. Para su viabilidad debe estar próximo a vías de comunicación y otras líneas eléctricas existentes, ya que los caminos de acceso son fundamentales para su construcción como por ejemplo para el traslado de material, personal equipos; por otra parte, permite a largo plazo realizar el mantenimiento correspondiente de manera oportuna. Es menester aclarar que un punto importante son los centros poblados, que por temas de seguridad de operación no pueden atravesar núcleos urbanos en los diferentes municipios que se interviene.

Tabla 22 Datos Alternativa 2

Nº	Jerarquía	Longitud km	%
1	Prioridad muy baja	27,6	14,7
2	Prioridad baja	50,2	26,7
3	Prioridad moderada	100,1	53,3
4	Prioridad muy alta	9,8	5,2
5	Protección estricta	0,0	0,0
		187,8	100,0

Fuente: Elaboración propia en base a datos de superposición ponderada

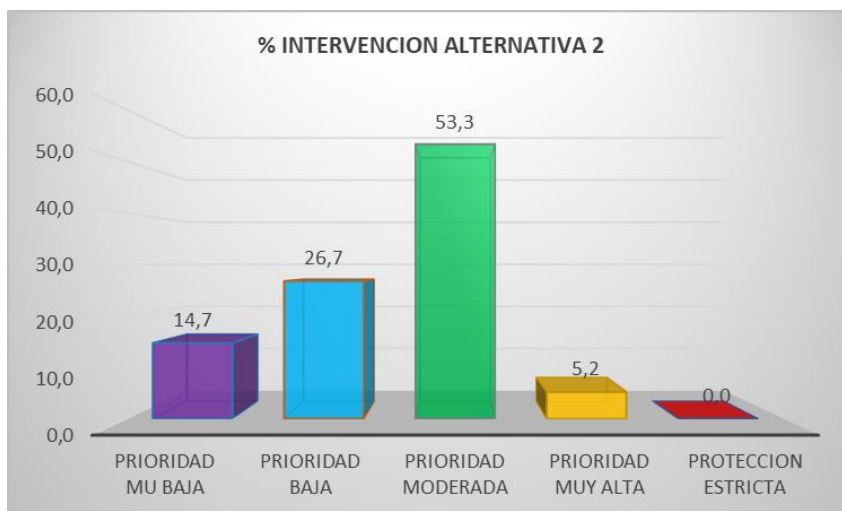


Figura 31 Estadísticas Alternativa 2, elaboración propia en base a datos de superposición ponderada

Interpretando la información se puede observar que se reduce a cero “0” la intervención por zona de Protección Estricta, se reduce significativamente la intervención por zona de Prioridad Muy Alta en un 5,2%, el trazo de esta alternativa afectaría la zona de prioridad moderada, donde ya existe intervención humana y se encuentra próximos a las vías de accesos y líneas de transmisión existentes. lo que significa que causaría un impacto ambiental considerable de ejecutarse esta alternativa, y a largo plazo sería más costoso por las medidas de mitigación a implementarse y los costos de mantenimiento.

Tabla 23 Análisis de la Alternativa 2

	Ventajas	Desventajas
Alternativa 2	<p>No atraviesa zonas de protección estricta y se reduce significativamente su paso por zonas de prioridad muy alta.</p> <p>Ofrece mayor cantidad de accesos como caminos vecinales y municipales. Actualmente se tiene en operación la carretera principal Cochabamba-Santa Cruz, la misma que brinda una vía de comunicación funcional todo el año, facilitando el transporte de equipos, materiales y personal.</p> <p>En el trazo de la alternativa atraviesa áreas ya intervenidas, como por ejemplo carreteras, ductos, y líneas de transmisión que actualmente se encuentran en operación.</p> <p>El grado de afectación a la fauna y flora por desmonte será menor ya que el sitio presenta intervención humana de diversos tipos (energía, vías de comunicación, comercio, transporte, agricultura, industria, turismo).</p> <p>El terreno es menos accidentado que en la alternativa 1, reduciendo el riesgo de erosión y derrumbes, y erosión.</p>	<p>Mayor longitud de la línea (188 km).</p> <p>Mayor costo de construcción.</p>

Fuente: Elaboración propia

9. Conclusiones y recomendaciones

9.1. Conclusiones

A partir de toda la información recolectada y análisis espacial realizado se concluyen en los siguientes principales puntos:

- La información recolectada a lo largo del área de influencia del proyecto, indican un grado de intervención alto, como zonas deforestadas, crecimiento de la mancha urbana, agricultura, ganadería, construcción de carreteras (doble vía Cochabamba -Santa Cruz) que genera cambios de uso de suelo. A esto se debe añadir que la zona económicamente se va desarrollando, por tanto, la tendencia es a seguir expandiéndose, incrementándose con ello la demanda de energía eléctrica.
- En base al Análisis Jerárquico Multicriterio, se identificaron las variables más importantes o de mayor peso: Áreas protegidas, Estado de Conservación, Endemismo y Uso de suelos. Con estas variables claves y con la aplicación de herramientas de Análisis espacial, se plantearon 2 alternativas de toma decisión donde se obtuvieron los siguientes resultados comparativos:

Tabla 24 Síntesis de análisis de alternativa concluyente

Alternativas	Longitud	Evaluación	Viabilidad
Alternativa 1:	170 km	<p>Esta alternativa atraviesa una mayor longitud por zonas de protección estricta, como son los núcleos de las Áreas Protegidas, lo que ocasionaría un mayor impacto ambiental negativo.</p> <p>Otra desventaja de esta alternativa, es que requiere un mayor volumen de desmonte, ya que atraviesa zonas con un alto grado de estado de conservación, a esto se debe añadir la falta de caminos de acceso en la mayor parte del trazo de la línea</p> <p>Las medidas de mitigación serian costosas y muy complicadas de implementar, debido a la magnitud de los impactos ambientales negativos.</p>	X
Alternativa 2:	188 km	<p>Esta alternativa representa evitar su paso por zonas de protección estricta o por el núcleo de las áreas protegidas. Existe vías de comunicación principal y secundarias que reducirán costos e impactos ambientales.</p> <p>Sera compatible con otros usos de suelo, ya que en la zona existen actualmente otras líneas eléctricas en operación y el trazo de la alternativa va paralela a estas.</p>	✓

Alternativas	Longitud	Evaluación	Viabilidad
		A largo plazo el mantenimiento se hace menos complejo y costoso al existir vías expeditas todo el año. La implementación de medidas de mitigación para los posibles impactos negativos, serán viables, y se podrán controlar con medidas de prevención, mitigación, corrección y/o restauración.	

Fuente: Elaboración propia

Con la aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica se puede establecer las ventajas y desventajas comparativas en ambas alternativas, cuyos datos estadísticos, demuestran un mayor impacto ambiental negativo con la Alternativa 1, que afecta en más del 43%, zonas de protección estricta, donde se encuentran los núcleos de las Áreas Protegidas.

En conclusión, para la toma de decisión se opta por el trazo de la línea, alternativa 2, como el trazo más óptimo, que minimiza la intervención por áreas ambientalmente sensibles y reduce los costos de construcción, operación y mantenimiento del proyecto.

9.2. Recomendaciones

La elaboración del documento Memoria Laboral, genero información, análisis y conclusiones, que sugieren recomendaciones a partir de toda la experiencia adquirida en lo referente a análisis espacial para la toma de decisiones con énfasis en el componente ambiental para el sector eléctrico. A continuación, se citan las principales recomendaciones:

- Para los vacíos de información de Línea Base, se debe identificar y verificar en campo las variables precisas que estén relacionados con el área de influencia del proyecto y que estos sean susceptibles a impacto ambiental.
- La aplicación de Sistemas de Información geográfica es una herramienta fundamental, que permite modelar, analizar y almacenar toda la información de Línea Base inicial “sin proyecto”, que posteriormente servirá para comparar los cambios o modificación en el entorno ambiental, que se pueda generar en etapas posteriores de operación y mantenimiento mediante un análisis multitemporal.

APLICACIÓN SIG LÍNEA BASE AMBIENTAL DEL PROY. “LÍNEA CARRASCO - BRECHAS”

- Esta base de datos podrá ser utilizada para futuros proyectos, facilitando la predicción de impactos ambientales en líneas eléctricas de alta tensión.
- El suministro de energía eléctrica es un servicio básico que se debe garantizar y que es un derecho universal su acceso bajo condiciones de confiabilidad, seguridad y disponibilidad. Por tanto, se puede contrastar el balance costo/beneficio, con proyecciones a mediano y largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- AETN. (2021). <https://www.aetn.gob.bo/web/>.
- CNDC. (2021). *Datos del sector Generación*. Obtenido de https://www.cndc.bo/media/archivos/estadistica_anual/genbruta_2021.htm.
- CNDC. (2021). *Datos Sector Transmisión*. Obtenido de <https://www.cndc.bo/agentes/transmision.php>.
- Cochabamba, C. R. (1995). *Plan departamental de Desarrollo Economico y Social*.
- Corponariño. (2012). <http://corponarino.gov.co/pmapper-4.1.1/sig/interfase/interfase.html>.
- D., A. (2015). *Aves Magicas de bolivia*. Cochabamba.
- Estadística, I. N. (2003). *Atlas estadístico de Municipios*.
- FAN, I. P. (2003). *Biodiversidad la riqueza de Bolivia*. Santa Cruz.
- FAO. (2006). *Componentes y funciones de un SIG*. Obtenido de http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/animal/sig/intro/compo.htm.
- FAO UNESCO. (2003). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
- G., N. (1997). *Clasificación Ecológica Florística de los Bosques de Bolivia*. Cochabamba.
- Gutierrez, W. T. (2015). *Implementación de un sistema de información geográfica en la unidad de análisis del departamento de seguridad*. Colombia.
- Hidrocarburo y Energía, M. (2014). *Plan Electrico del Estado Plurinacional de Bolivia 2025*. La Paz: Expresión Visual.
- J. Armando Guevara, The Geonex Corporation. (1992). *Esquema Metodológico para el diseño e implementación de un SIG*.
- M., N. G. (2005). *Geografía Ecológica de Bolivia*. Santa Cruz.

Martinez, P. a. (2004). *Sistemas de Informacion Geografica en las Organizaciones*.

Montilva C, J. A. (1999). *Desarrollo de Sistemas de Informacion*.

Morales, C. I. (1988). *Manual de Ecologia*. La Paz.

Oca, I. M. (2005). *Geografia y Recursos Naturales de Bolivia*.

Saaty, T. L. (2014). *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*. España: Springer US.

Sendra, J. B. (1994). *SIG en la Planificacion Territorial*.

SERNAP. (2010). *Informacion sobre Areas Protegidas Nacionales*. La Paz.

ANEXO FOTOGRÁFICO



Subestación de Carrasco



Subestación de Carrasco



Subestación Brechas



Subestación Brechas



Presencia de agricultura a lo largo del trazo de la Línea



Presencia de agricultura a lo largo del trazo de la Línea



Intervención de Rios principales con la construcción de puentes (Yapacaní)



Deforestación y Desmote en el área del trazo de la Línea (Ampliación frontera agrícola)



Rio Ichilo



Rio Surutu



Rio Pirai



Sendas, caminos existentes al área del proyecto



PN Carrasco



PN Carrasco



PN-ANMI Amboró