

INDICE GENERAL

1	ANTECEDENTES	3
2	JUSTIFICACIÓN	4
3	MARCO LEGAL JURÍDICO E INSTITUCIONAL	5
4	OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO:	6
4.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO:	6
5	LOCALIZACIÓN.....	7
6	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL COMPONENTE 1 ANGOSTO CHEPETE 400	9
6.1	EJECUCION:	9
6.1.1	Embalse:	9
6.1.2	Presa:.....	9
6.1.3	Caudal Ecológico	9
6.1.4	Paso de Peces.....	10
6.1.5	Casa de Máquinas:	11
6.1.5.1	Casa de Máquinas Margen Derecha, Chepete 1:	11
6.1.5.2	Casa de Máquinas Margen Izquierda Chepete 2:.....	11
6.1.6	Subestaciones:	11
6.2	OPERACION	11
6.2.1	Generación de Energía Eléctrica:	11
7	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL BALA.....	12
7.1	Descripción del Proyecto Press 1958 Bala 400.....	13
7.2	Descripción de la Población que Definen la Cota Máxima Extraordinaria del Embalse	16
7.3	Alternativas	17
7.4	Análisis de las Alternativas	19
7.5	Elección de la Mejor Alternativa	21
7.6	Conclusiones del Análisis de Alternativas	23
8	ÁREA DE INUNDACIÓN NATURAL EVENTO 2014	25
9	PRESUPUESTO	27
10	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	28

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas Geográficas de la Localización del Proyecto Chepte 400	7
Tabla 2. Datos Técnicos del Proyecto Press El Bala, 1958.....	14
Tabla 3. Lista de Presas para ser Analizadas con AMC.....	18
Tabla 4. Listado de Alternativas con Cotas (msnm)	18
Tabla 5. Lista de Alternativas Elegidas para ser Analizadas con Método AMC.....	19
Tabla 6. Matriz de Análisis de Alternativas Analizadas con Método AMC.....	21
Tabla 7. Comparación superficies de inundación en la zonificación de áreas protegidas Madidi y Pilón Lajas	25
Tabla 8. Comparación porcentajes de inundación en la zonificación de áreas protegidas Madidi y Pilón Lajas	25

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Estudio de Identificación Proyecto Hidroeléctrico	8
Figura 2. Esquema Canal de Conducción - Paso de Peces.....	10
Figura 3. Embalse Proyecto Press El Bala 1958, emplazado en las Áreas Protegidas, Bala 400	16
Figura 4. Diagrama de Alternativas. En Azul Punteada la Solución de Referencia Bala 400 Press....	18
Figura 5. Relación de Macrocriterios y Subcriterios Aplicados a la Selección de Alternativas.....	20
Figura 6. Alternativa Seleccionada.....	22
Figura 7. Producción de Energía Componente 1 Angosto Chepete 400	22
Figura 8. Alternativa A2 Bala 400 Proyecto de Referencia	23
Figura 9. Alternativa A5 Chepete 400+Bala 242	23
Figura 10. Alternativa A5a Chepete 400+Bala 220 (elegida)	23
Figura 11. Alternativa A11 Chepete 400+Bala 252	23
Figura 12. Mapa área de inundación evento 2014	26

INDICE DE FOTOS

Foto 1. Iglesia de Santa Ana del Alto Beni, 410 msnm	17
--	----

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN

PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL BALA “COMPONENTE 1 ANGOSTO CHEPETE 400”

1 ANTECEDENTES

El Decreto Supremo N° 29191 del 14 de Julio de 2007, en su Artículo 1 declara de Interés y Prioridad Nacional el aprovechamiento de la cuenca del río Beni y definir los mecanismos a través de los cuales se realizarán los estudios que se requieran hasta el diseño final, para impulsar el proyecto hidroeléctrico denominado “El Bala”. En el Artículo 2 señala que la Empresa Nacional de Electricidad – ENDE, será la encargada de la contratación de los estudios.

Mediante el Contrato N°11300 del 6 de julio de 2015, suscrito entre la Empresa Nacional de Electricidad – ENDE – y la Sociedad GEODATA ENGINEERING S.p.A, en acto solemne con la presencia del Presidente de la República del Estado Plurinacional de Bolivia, Evo Morales, se acordó la realización de los Estudios de Identificación del Proyecto Hidroeléctrico El Bala. El área de influencia directa del proyecto está comprendida entre los sitios de Rurrenabaque y Puerto Pando, correspondiente a los angostos de Susi, El Bala, Chepete y Beu, sobre el río Beni. Lugares comprendidos dentro del Área Natural de Manejo Integrado Madidi y la Reserva de la Biosfera y Territorio Indígena Pilon Lajas.

El Proyecto Hidroeléctrico Angosto de “El Bala” se constituye en uno de los proyectos con mayor historia desde el punto de vista de la generación de energía eléctrica. Sin embargo, el mismo no fue concebido únicamente con este propósito, si no que tenía un carácter de proyecto múltiple. El proyecto incluía la integración vial, a través de la navegación en el futuro embalse, el control de inundaciones, recuperación de tierras de cultivo, para nombrar algunos.

En la bibliografía, se pueden encontrar referencias sobre el proyecto a partir de la década de 1950. Desde esa época, se han registrado diferentes iniciativas para el estudio del proyecto, sin embargo, se encuentran referencias también en el contexto del aprovechamiento del río Beni o de la cuenca del río Beni, en el Angosto de El Bala. A continuación se presenta un detalle cronológico de los antecedentes del proyecto:

- 1955: El hidrólogo José Gonzales Arze, realizó las exploraciones preliminares para la formulación de un eventual proyecto.
- 1957: El Gobierno de Bolivia encomienda a la Comisión Nacional de Coordinación y Planeamiento la preparación de la “Descripción del Proyecto” para la regulación, navegabilidad y aprovechamiento hidroeléctrico del río Beni. Informe de fecha 08/09/1958.
- 1958: El Gobierno encomienda al Prof. Dr. Ing. H. Press, a través de la Embajada de la República Federal de Alemania en Bolivia, la ejecución de un anteproyecto de una central hidroeléctrica de embalse en el sitio de El Bala. Informe de fecha 02/04/1958.
- 1960: El Instituto Geográfico Militar realizó el levantamiento aero-fotogramétrico de la zona. Posteriormente fueron realizados trabajos geológicos por Y.P.F.B. y algunas Universidades; a su vez la Fuerza Naval Boliviana presentó un estudio hidrográfico del Río Beni desde Rurrenabaque, hasta su confluencia con el Mamoré.
- 1967: La Empresa Nacional de Electricidad (ENDE), instala estaciones de aforo pluviométricas y climatológicas en la cuenca del Alto Beni y el Angosto de El Bala.
- 1968: ENDE encomienda a las empresas Consultoras Prudencio Claros y Asoc. y Motor Columbus, la elaboración de recomendaciones para los estudios del Proyecto Bala y el reconocimiento geológico de la zona.
- 1972: El grupo GERSAR-SANIDRO, presentó al Ministerio de Defensa Nacional, una propuesta técnica-económica, para la elaboración de los estudios de factibilidad del “Proyecto de la Angostura del Bala”.
- 1974: A iniciativa de COFADENA, se solicitó y obtuvo, de la Corporación Andina de Fomento y ENDE, la participación de un experto y personal técnico, para colaborar en la preparación de los términos de referencia de los estudios necesarios.
- 1974-1978: ENDE realizó estudios de aerofotogrametría, cartografía, hidrología e identificación de proyectos hidroeléctricos en la cuenca del Alto Beni, en el marco de la evaluación de recursos hidroenergéticos de Bolivia y el Plan Nacional de Electrificación.
- 1982-1983: ENDE realizó estudios de aprovechamiento del potencial Hidroenergético del río Beni en Cachuela Esperanza.
- 2008: La Empresa Nacional de Electricidad, incorpora el “PROYECTO BALA”, para su estudio como potencial para la generación de energía eléctrica, a través de la implementación de una o varias centrales hidroeléctrica sobre el río Beni en el tramo de Rurrenabaque a Puerto Pando.
- 2008-2010: ENDE reactiva la estación de aforo y limnimétrica del Angosto del Bala e instala cinco nuevas estaciones en el tramo de estudio, además se realizan levantamientos batimétricos.
- 2011–2012: ENDE realiza estudios básicos en las áreas de topografía, geología – geotecnia, campañas de monitoreo de caudales líquidos, sólidos y calidad de agua.
- 2013–2014: ENDE continua con el monitoreo en el tramo de estudio con la medición de caudales líquidos, sólidos y calidad de agua, consolidándose el primer estudio hidrológico del Angosto de El Bala.

2 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo integral del Estado Plurinacional de Bolivia, debe contemplar entre sus pilares estructurales, aspectos referidos a la Seguridad o Soberanía Energética y la universalización del acceso a la energía eléctrica, esto se puede lograr a través de la diversificación de su matriz energética y en especial al aprovechamiento de sus recursos naturales.

Dentro de estos recursos naturales está el agua que Bolivia dispone en sus diversas cuencas y ríos, el aprovechamiento de este recurso para la generación hidroeléctrica es una prioridad, no solo para cubrir la demanda y necesidad de desarrollo, sino también la potencialidad y oportunidad de exportación hacia mercados Internacionales que repercutan en otros ingresos para El País.

El Proyecto El Bala por su gran potencial energético, se considera uno de los principales proyectos que asegurarían no solo la soberanía energética sino que además podría significar ingresos a través de la exportación de excedentes de la energía.

3 MARCO LEGAL JURÍDICO E INSTITUCIONAL

La Constitución Política del Estado (CPE), en su Art. 375, inciso II, establece que “Es deber del Estado desarrollar planes de uso, conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las cuencas hidrográficas” y en el Art. 378, respecto a la energía, establece en su inciso II: “Es facultad privativa del Estado el desarrollo de la cadena productiva energética en las etapas de generación, transporte y distribución, a través de empresas públicas, mixtas, instituciones sin fines de lucro, cooperativas, empresas privadas, y empresas comunitarias y sociales, con participación y control social. ...”.

La Constitución en el Artículo 378, señala que es facultad del Estado desarrollar la cadena productiva energética (generación, transporte y distribución), con empresas de distinto índole, siempre con participación y control social.

Efectuando una revisión retrospectiva de la legislación, en fecha 28 de mayo de 1984, el Honorable Congreso Nacional sanciona la Ley N°628, donde en su Artículo 1°, se declara de prioridad nacional el estudio del proyecto de utilización múltiple del Bala, situado en el curso superior del río Beni. En su Artículo 2°, instruye la creación de un comité gestor de los estudios del Bala, cuyo objetivo era encaminar la realización de los estudios de pre factibilidad y factibilidad del proyecto Bala, tomando en cuenta los efectos económicos y sociales directos e indirectos en el área de influencia correspondiente.

En fecha 31 de agosto de 1998, el Honorable Congreso Nacional sanciona la Ley N°1887, que en su Artículo 1° declara de prioridad nacional la construcción del Proyecto Múltiple ANGOSTO DEL BALA, sobre el Río Beni, localizado aproximadamente a dieciséis kilómetros de las poblaciones de Rurrenabaque (Beni) y San Buenaventura (La Paz), con un área de influencia directa sobre las Provincias Ballivián en el Beni y Franz Tamayo de La Paz. En su Artículo 2°, declara la “Construcción” del proyecto múltiple ANGOSTO DEL BALA de prioridad nacional, con los siguientes objetivos mínimos:

- a. Generar energía hidroeléctrica: 2700 MW.
- b. Recuperar y habilitar para la agricultura 1,3 millones de hectáreas.
- c. Formar un lago artificial de aproximadamente 2000 kilómetros cuadrados.
- d. Lograr la navegación en el Río Beni durante todo el año.
- e. Comunicar las regiones del Altiplano y el Beni.

En el Artículo 3°, la Ley N°1887, instruye la creación del Comité Impulsor del Proyecto Múltiple ANGOSTO DE EL BALA, que tendría por objetivo viabilizar los estudios que correspondan (prefactibilidad, factibilidad, diseño final, impacto ambiental y otros), así como la consecución de los recursos financieros externos, públicos y/o privados.

El Decreto Supremo N° 28389 de 6 de octubre de 2005, en su Artículo 1°, declaró de interés y prioridad nacional la definición de una política nacional en materia de aprovechamiento integral de las cuencas hidrográficas del país. El párrafo I del Artículo 2° estableció que para definir la política nacional en materia de aprovechamiento integral de las cuencas hidrográficas del país dispuso con carácter de urgencia el inicio del proceso de estudios para determinar el aprovechamiento integral de las cuencas hidrográficas del país. El párrafo II del Artículo 2 dispuso que se priorizará los estudios en la cuenca del río Mamoré-Madera y del río Beni.

Asimismo, el párrafo I del Artículo 5º del mencionado Decreto Supremo N°28389, dispuso que la realización de los estudios hidroeléctricos de la cuenca del río Mamoré-Madera y del río Beni, estén a cargo de la Empresa Nacional de Electricidad - ENDE.

En fecha 14 de julio del 2007, se promulgó el Decreto Supremo N°29191, en el Artículo 1°, declara de interés y prioridad nacional el aprovechamiento de la cuenca del río Beni y definió los mecanismos a través de los cuales se realizarán los estudios que se requieran hasta el diseño final, para impulsar el proyecto hidroeléctrico denominado “El Bala”. En el Artículo 2°, señala que la Empresa Nacional de Electricidad – ENDE, será la encargada de la contratación de los estudios.

Dentro del sector de Formación de la Matriz Productiva del Plan Nacional de Desarrollo (PND), el plan estratégico (hidrocarburos, minería, electricidad y recursos naturales), se incluye el restablecer el rol protagónico y estratégico del estado en el desarrollo de la industria eléctrica, con el objeto de garantizar el suministro eléctrico, asegurando el acceso universal a este servicio de forma sostenible y con equidad social.

Asimismo el gobierno plurinacional en su marco legal, tiene dos leyes más que facultan la viabilidad y priorización en la construcción del Proyecto El Bala, la primera, *Ley N° 777 Del Sistema de Planificación Integral del Estado – SPIE, tiene por objeto establecer y conducir el proceso de planificación del desarrollo integral del Estado Plurinacional de Bolivia, en el marco del Vivir Bien*, en concordancia con la *Ley N° 786 Plan de Desarrollo Económico y Social 2016-2020 en el marco del Desarrollo Integral para Vivir Bien, sancionada el 09 de marzo del 2016 , en la que señala la construcción del Proyecto Hidroeléctrico El Bala*, como principal objetivo para el sector producción de energía para el país.

4 OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO:

El Estudio de Identificación del Proyecto Hidroeléctrico El Bala, tiene como objetivo el aprovechamiento hidroeléctrico integral de las aguas del río Beni, como desarrollo multipropósito para el control de inundaciones, navegabilidad, turismo, desarrollo integral de la región, y exportación de energía.

*“Es así que una vez concluida la fase de identificación de alternativas, se prioriza el desarrollo del Proyecto Hidroeléctrico El Bala, identificándose dos componentes que deben ser desarrollados atemporalmente **(primero el Componente 1 Angosto Chepete a cota 400, para cubrir la demanda de 3.300 MW;** posteriormente durante el orden de 10 a 15 años más adelante, se pretende realizar y concretizar el Componente 2 Angosto Bala a cota 220, aprovechando el efecto en cascada para generar 352 MW)”*

4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO:

El desarrollo de los estudios específicos de Identificación del Proyecto El Bala, se determinó que el proyecto de mejores condiciones técnicas, ambientales, sociales y financiera está compuesto por el desarrollo en cascada constituido por:

- **“Componente 1 Angosto Chepete 400” {Proyecto de Priorización para el Estado}**

- Componente 2 Angosto Bala 220 " *{Construcción dentro de los próximos 10 a 15 años}*

La presente **Ficha Ambiental**, se desarrolla de forma independiente y únicamente al "**Componente 1 Angosto Chepete 400.**"

Para el **Componente 1 Angosto Chepete 400**, se definen los siguientes objetivos específicos:

- Construcción de una central hidroeléctrica de una capacidad total de 3.300 MW de potencia de alta caída, con turbinas Francis de 206.25 MW.
- Construcción de una subestación eléctrica HDVC monofásica de 500 KV asociada a la central Chepete.

5 LOCALIZACIÓN

El Estudio de Identificación Proyecto Hidroeléctrico El Bala **Componente 1 Angosto Chepete 400**, está localizado en el departamento de La Paz, entre las provincias Franz Tamayo, Larecaje, Caranavi y Sud Yungas emplazándose en las siguientes jurisdicciones municipales Apolo, Alto Beni, Teoponte, y Palos Blancos.

Al mismo tiempo, se emplaza en dos áreas protegidas de interés nacional Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi y la Reserva de la Biosfera y Tierra Comunitario de Origen Pilón Lajas. *(Se amplía información en Anexo 3.2 Descripción Ambiental del Área de Estudio de Identificación Chepete 400)*

La siguiente Tabla 1 presenta las coordenadas geográficas, de localización del proyecto **Componente 1 Angosto Chepete 400.**

Tabla 1. Coordenadas Geográficas de la Localización del Proyecto Chepete 400

PUNTOS DE REFERENCIA COMPONENTE 1 CHEPETE 400	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
	X	Y	
Sitio de Presa Inicio	641895,96	8352399,30	381,44
Túnel 1 Inicio	641378,41	8352111,40	242,00
Túnel 2 Inicio	642277,15	8352731,44	242,00
Túnel 3 Inicio	642233,10	8352716,52	242,00
Túnel 4 Inicio	641516,86	8352328,61	246,00
Túnel 5 Inicio	641446,10	8352289,74	243,00
Sitio de Presa Final	641743,60	8352612,85	367,68
Túnel 1 Final	641284,52	8352055,40	243,42
Túnel 2 Final	641244,84	8352015,05	248,10
Túnel 3 Final	641204,82	8351973,38	244,51
Túnel 4 Final	641218,38	8352081,86	249,05
Túnel 5 Final	641170,42	8352025,63	243,87
Casa de Maquinas Punto A	641920,07	8352827,98	401,16
Casa de Maquinas Punto B	641734,18	8352874,55	421,50
Casa de Maquinas Punto C	641796,24	8352750,65	532,04
Casa de Maquinas Punto D	641835,97	8352938,11	505,77
Embalse N 0	641896,10	8352575,25	242,47
Embalse NO 1	640472,64	8352268,33	348,16
Embalse NO 2	636723,49	8354383,68	343,47
Embalse NO 3	641450,34	8345440,53	385,67
Embalse NO 4	636502,62	8341471,77	392,75
Embalse NO 5	614681,06	8352723,20	362,42
Embalse O 6	627788,99	8331611,61	420,14
Embalse O 7	639220,78	8324860,32	348,17
Embalse O 8	633426,39	8316338,07	376,83
Embalse SO 9	641443,28	8291890,52	360,77
Embalse SO 10	654698,93	8294827,40	382,69
Embalse SO 11	643586,41	8324354,96	453,06

Embalse SO 12	663033,32	8309114,93	358,19
Embalse SO 13	657556,44	8295303,65	379,18
Embalse S 14	679463,98	8277841,12	380,38
Embalse SE 15	675336,47	8301494,91	376,67
Embalse E 16	637110,72	8340931,14	430,72
Embalse E 17	645180,53	8346024,38	386,04
Cantera	642471.51	8352664.68	
Botadero	642505.24	8352980.38	

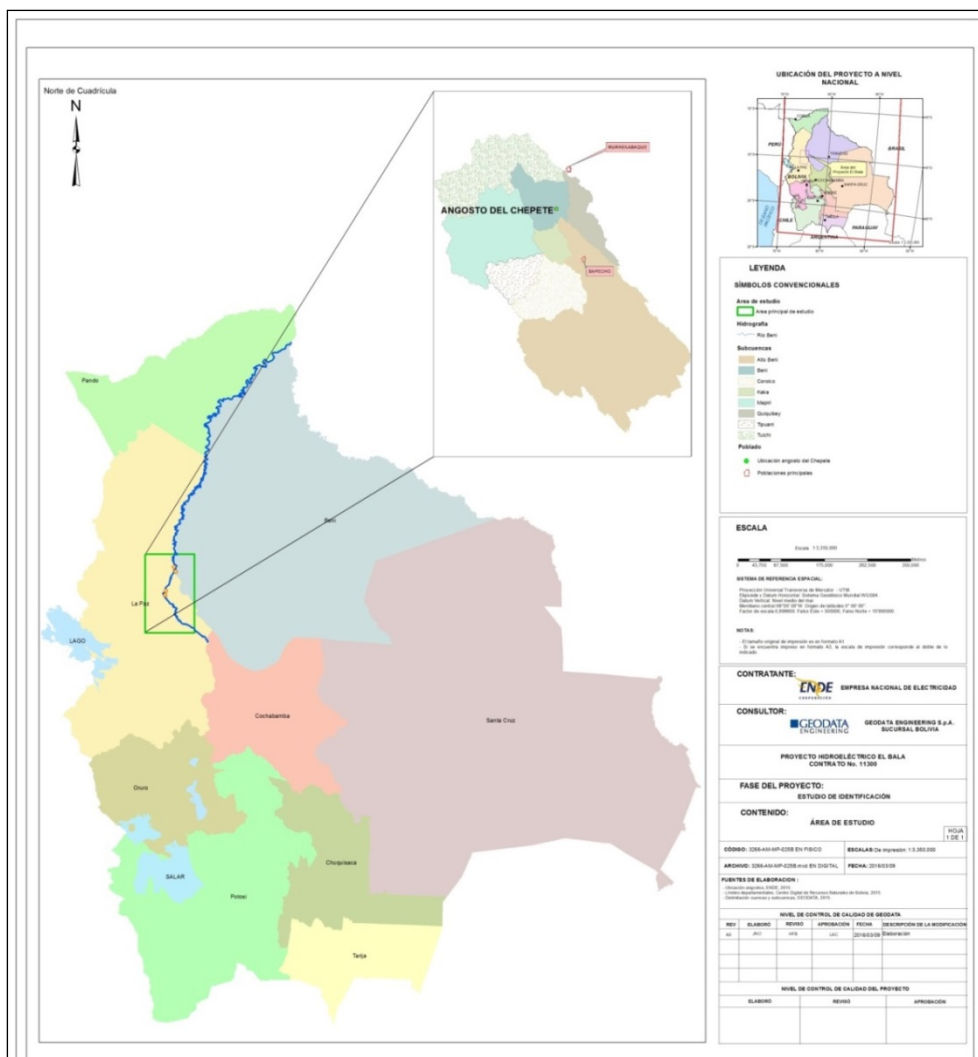


Figura 1. Ubicación del Estudio de Identificación Proyecto Hidroeléctrico El Bala Componente 1 Angosto Chepte 400

Elaboración: GEODATA, 2006

6 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL COMPONENTE 1 ANGOSTO CHEPETE 400

6.1 EJECUCIÓN:

6.1.1 Embalse:

El embalse del proyecto Chepete tendrá nivel máximo extraordinario en la cota 400 msnm, nivel de operación cota 390 msnm en el vertedero y nivel de operación en la cota 321.35 msnm.

El embalse máximo extraordinario en la cota 400 msnm, tendrá una superficie de inundada de 679.98 Km² y volumen de 37.78 km³. El volumen de operación en el nivel 390 msnm tendrá una superficie inundada de 595.28 km² y volumen de 31.43 Km³. El volumen mínimo de operación en el nivel de 321.35 msnm, inundará una superficie de 195.06 km² con volumen de 5.53 km³. El caudal ecológico determinado corresponde al 10% del caudal medio natural igual a 160.4 m³/s asegurando un caudal sobre todo en la temporada de estiaje.

6.1.2 Presa:

Para la desviación del río se construirán cinco túneles de 15,50 m de diámetro y en promedio 1.160 m de longitud, cada uno. Irán tres túneles en la margen derecha y dos en la margen izquierda del río Beni. Los túneles estarán revestidos en hormigón y tendrán en los portales de entrada estructuras de hormigón y ranuras de cierre (stop logs), que permitirán el cierre una vez se concluya la construcción de la presa. Dos túneles de desviación de la margen derecha y dos de la izquierda, en la fase de operación, servirán como túneles de carga y descarga de la central subterránea.

Una vez producida la desviación inicial del río por los túneles, se reforzará la ataguía con material arcilloso y el recubrimiento del talud de aguas arriba con capas de geomenbrana de 80 Mils y se procede a la construcción de la ataguía de 62 m de altura en hormigón compactado.

Aguas abajo del sitio de presa se construirá una pre-ataguía de 20 m de altura, la cual permitirá la construcción de la ataguía de aguas debajo de 32 m de altura en hormigón compactado, la cual será una obra permanente que permitirá mantener un pozo de amortiguamiento del impacto que producirá el chorro de agua sobre el fondo del río, proveniente del salto de esquí del vertedero de excesos, durante los reboses de las crecientes del río sobre la presa vertedero.

El embalse lo formará una presa vertedero de gravedad en Concreto Compactado con Rodillo (RCC). El nivel de cimentación estimado es la cota 220 msnm y la corona estará en la cota 403 msnm, por lo tanto la presa tendrá 183 m de altura.

El vertedero de excesos sin compuertas, estará en la cota 390 msnm y tendrá 265 m de longitud. La descarga del caudal laminado de 15.559 m³/s (Tr= 10.000 años), se realizará mediante una rápida sobre la presa y un salto de ski de 160 m de largo en la cota 314.66 msnm.

La presa en el nivel 298.85 msnm, correspondiente al embalse muerto 2.16 Km³, tendrá 2 ductos de descarga blindados en acero de 6.5 m de altura y 4 m de ancho, controlados por compuertas.

6.1.3 Caudal Ecológico

La carencia de una normativa en la legislación boliviana referente a la determinación y/o regulación del caudal ecológico en presas hidroeléctricas, incide a replicar experiencias de otros proyectos similares establecidos en el país.

Como antecedentes en Bolivia en la determinación y utilización del caudal ecológico en los proyectos hidroeléctricos Misicuni y San José con la metodología del cálculo del 10% del caudal medio anual, se replica esta experiencia para la determinación del caudal ecológico en el Proyecto Hidroeléctrico El Bala Componente 1 Angosto Chepete 400.

Para la determinación del Caudal Ecológico, se esgrimió todos los datos históricos de caudales registrados en el río Beni, con estos datos se realizó el cálculo del 10% del caudal medio anual, como resultado se obtiene el Caudal Ecológico correspondiente a $160.4 \text{ m}^3/\text{s}$ para el Componente Angosto Chepete 400, de esta forma se asegura el caudal del río Beni sobre todo, durante el periodo de aguas bajas entre el transcurso de los meses junio a septiembre considerado como temporada de estiaje en la región.

Para aquellas etapas en las que se prevea llenado o abatimiento del embalse, se ha previsto utilizar el túnel de desvío equipado con una válvula Howell Bungler como desagüe de fondo, con el fin de dejar transitar un caudal mínimo en momentos en que está limitado el paso por una tubería.

6.1.4 Paso de Peces

Con la finalidad de permitir la migración de peces, se proyectan esclusas en la margen izquierda de la obra de toma. Para poder atraer los peces la velocidad del flujo en canal no debe ser muy baja, sin embargo para poder permitir que la capacidad natatoria de los peces le permita desplazarse la velocidad no debe exceder cierto límite. La capacidad natatoria se la puede representar en curvas velocidad de flujo vs autonomía, donde autonomía está definida como la distancia que puede recorrer un individuo con la velocidad dada del flujo.

El sistema establecido en este proyecto para la migración de peces, está constituido por una piscina receptora, la misma que contendrá un ascensor para llevar a los peces hasta el canal de tránsito que les permitirá franquear la zona de intervención del proyecto. En la Figura 2, se puede observar el esquema propuesto.



Figura 2. Esquema Canal de Conducción - Paso de Peces

Un ascensor tiene la finalidad de cambiar a un nivel más alto los peces a través de una cubeta, la misma que después se abrirá para permitir que continúen nadando por medio de un canal o sistema hídrico.

Para cumplir este objetivo se debe establecer combinaciones de caudales y tamices de acumulación, cubriendo alturas mayores a 25m (Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis & LINKit consult & Wanningen Water Consult, 209).

La eficiencia del sistema dependerá del comportamiento de los peces dentro de la estructura, con lo cual se entiende que cualquier diseño hidráulico detallado, previo el estudio de comportamiento de las especies será infructuoso, lo que motiva dar a las estructuras dimensiones holgadas (Manuel & Enrique, 1998).

6.1.5 Casa de Máquinas:

Las casas de máquinas tendrán las siguientes características:

6.1.5.1 Casa de Máquinas Margen Derecha, Chepete 1:

En la caverna de casa de máquinas de la margen derecha, denominada Chepete 1, se instalarán 8 turbinas Francis de eje vertical de 168,75 MW de potencia con los correspondientes generadores, tableros de control y equipos auxiliares. En la caverna de transformadores irán los transformadores monofásicos, 3 por cada generador.

Las obras civiles de la casa de máquinas comprende las cavernas de turbinas y generadores, con los correspondientes salas de control caverna de turbinas y caverna transformador, obra civil y bocatoma y pozo de bocatoma, caverna de compuertas, galerías de acceso entre las cavernas de máquinas y de transformadores, colector, barras, blindajes túnel de carga ramales blindados, ductos de salida de turbinas y descarga al túnel de restitución del agua turbinada, y distribuidores de las turbinas.

6.1.5.2 Casa de Máquinas Margen Izquierda Chepete 2:

La casa de máquinas de la margen izquierda es idéntica en dimensiones y equipamiento a la casa Chepete 1, por lo tanto, la descripción realizada para Chepete 1 aplica a Chepete 2.

6.1.6 Subestaciones:

Mediante un pozo de cable que llega verticalmente a la superficie desde la caverna de transformadores, permitirá el paso de cables eléctricos hasta la plataforma superior de maniobra, de la cual se enlazará con la sub estación eléctrica. La subestación eléctrica será del tipo HDVC, la cual permitirá elevar la tensión a 500 Kv monofásica.

6.2 OPERACIÓN

6.2.1 Generación de Energía Eléctrica:

La operación continua de la central Chepete, utilizará un caudal regulado de $1300 \text{ m}^3/\text{s}$, equivalente al 81% del caudal del río Beni. La potencia instalada será de 3.300 MW, donde 1.650 MW corresponde a la potencia instalada en Chepete 1 y otros 1650 Mw en Chepete generados por los caudales excedentes de rebose. La generación primaria promedio anual es de 13.352 GWH/año y la generación secundaria es de 2.119 GWH/año, para un total generado de 15.471 GWH/año.

La generación eléctrica del Componente 1 Chepete 400, principalmente estará destinada para suministrar energía al Brasil y los excedentes para reforzar al sistema interconectado nacional de Bolivia, con el fin de cambiar la matriz energética del país la cual en la actualidad está representada en el 70% en térmica y 30% en hidroeléctricas.

La conexión al Sistema de Interconexión Nacional (SIN), se realizará mediante líneas de transmisión desde las casas de máquinas situados en el angosto de Chepete, de ahí se extenderán líneas de transmisión hacia el municipio de Palos Blancos y continuara paralelo al tramo carretero hasta la subestación Yucumo en el municipio de Yucumo, conectándose al SIN junto a la energía generada por el proyecto Componente 1 Angosto El Bala 220; de la subestación se extenderá una línea de transmisión de 500KW en corriente continua, misma que atravesará los municipios de San Borja, San Ignacio, Trinidad, Ascensión de Guarayos, rumbo a la ciudad Cuyaba (Brasil).

El sistema de supervisión, control y adquisición de datos de las subestaciones será a través de un sistema con servidores y redes (SCADA).

7 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL BALA

Este capítulo presenta el análisis de las posibles alternativas de desarrollo y aprovechamiento hidroeléctrico en los angostos del Susi, El Bala, Chepete y Beu en el río Beni.

Con el objetivo de responder adecuadamente al requerimiento de los Términos de Referencia de Estudio de Identificación del Proyecto Hidroeléctrico El Bala, se analizaron las posibles alternativas de aprovechamientos hidroeléctricos en el área de estudio, mediante un Análisis Multi-Criterio (AMC), que tuvo en cuenta los elementos que concurren en la identificación de una solución óptima desde el punto de vista de la sostenibilidad ambiental, social, técnica, económica y financiera del proyecto.

En este sentido, el análisis de alternativas está sustentado en la Ley Nº 300 Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien, y en el Protocolo de Evaluación de la Sostenibilidad de Hidroelectricidad propuesto por la Asociación Internacional de Hidroelectricidad (IHA).

El análisis AMC se realiza de forma comparativa para todas las alternativas sobre una solución de referencia, para la cual cada puntaje asignado tiene el valor nulo (0). Soluciones mejores (más eficientes, de menos costo, etc.) en cada elemento reciben puntajes positivos (entre +1 y +3), mientras que soluciones desfavorables (más impacto negativos, mayor costo, etc.) reciben puntajes negativos (entre -1 y -3). La solución de referencia adoptada es la del Proyecto de Press 1958 (A2 - Bala 400).

El análisis de alternativas sigue la fase de complementación y validación de la información existente. El desarrollo del análisis de las alternativas incluye las siguientes etapas:

- Listado de posibles soluciones, de presas en los cuatro angostos;
- Verificación de la factibilidad de cada una de las soluciones propuestas;
- Listado de las alternativas de aprovechamiento hidroeléctrico como combinación de proyectos en cascada.
- Se descartaron las alternativas no viables y se identificaron 4 alternativas, incluyendo el proyecto de referencia El Bala (400 msnm). De estas alternativas, dos corresponden a proyectos con presas altas (400 msnm) en los angostos Beu y Chepete y una con presa de baja altura en el sector El Bala.
- Análisis Multi-Criterio (AMC) de las alternativas viables, el cual permitió la selección de la alternativa

Las principales consideraciones para la elección de alternativas son las siguientes:

1. Aprovechamientos hidroeléctricos en el río Beni en el tramo comprendido entre los angostos del Beu aguas arriba y del Susi aguas abajo (ref. TDR's);

2. Las alternativas a ser consideradas deben ser el resultado de combinación de proyectos en los angostos Beu, Chepete, Bala, y Susi (ref. TDR's)
3. Limitar el nivel máximo extraordinario del embalse superior, con tiempo de retorno de 10.000 años, a la cota 400 m s.n.m. Esta limitante se justifica por dos razones principales: (1) en coherencia con el diseño de referencia elaborado en 1958 por el ingeniero Press, quien planteó una presa en la cota 400 m s.n.m. en el angosto El Bala y (2) con el fin de no afectar las comunidades que se encuentran aguas arriba de los angostos, los pueblos Sapecho (417 m s.n.m.) y Santa Ana (405 m s.n.m.)

7.1 Descripción del Proyecto Press 1958 Bala 400

El estudio elaborado en 1958 por el Prof. Dr. Ingeniero Heinrich Press, planteó una central hidroeléctrica de embalse en el sitio angosto El Bala.

El perfil del aprovechamiento hidroenergético desarrollado por el Dr. Press tiene deficiencias en la información básica de hidrología, topografía e investigaciones geológicas y geotécnicas, además no considera los aspectos sociales y ambientales que causaría un gran embalse de 2.932 Km² en áreas ambientalmente protegidas.

El informe inicia puntualizando los tres objetivos asociados al desarrollo de la propuesta técnica para el aprovechamiento del río Beni, en el sector del angosto El Bala:

- Comunicación entre el Altiplano y los territorios bajos de la cuenca del río Beni
- Aprovechamiento de energía hidroeléctrica
- Protección contra inundaciones y recuperación de tierra de cultivo.

En consecuencia, el informe indica: “el dique o presa debe ser lo suficientemente grande para contener la avenida anual, pero el nivel del agua más bajo debe alcanzar por lo menos hasta Inicua. La altura de este lugar no estará a mucho más de 440 msnm.”

Sobre esta base, el informe Press desarrolla el esquema de obras para viabilizar el aprovechamiento hidroeléctrico El Bala y resalta la prioridad planteada para los objetivos técnicos, planteados en la década de los años 50. La altura de la corona de la presa, sin mayor justificación técnico - económica, se sitúa en la cota 500 msnm, con lo cual la altura de la presa alcanza los 205 m. Estos niveles consideran el angosto El Bala en la cota 300 msnm y el nivel máximo del embalse en la cota 400 msnm, por lo tanto el sistema Press está 100 m por encima del nivel registrado por el Instituto Geográfico Militar –IGM.

El volumen de agua embalsado alcanzaría, según Press, el valor de 118,4 Km³; de los cuales, 25 Km³ sería el volumen útil y 15 Km³ sería el volumen de protección contra avenidas.

A la fecha, este desarrollo de aprovechamiento hídrico no sería viable desde el punto de vista ambiental, por el área extensa de inundación que causaría sobre el Parque Nacional y Área Natural Integrada Madidi y la Reserva de la Biosfera y Territorio Indígena Pílon Lajas, donde hay zonas de alta biodiversidad ambiental, causando desplazamientos sociales y pérdidas culturales, que representan las áreas naturales protegidas.

En la siguiente Tabla 2, se resumen las principales características y parámetros técnicos de las instalaciones descritas en el informe explicativo.

Tabla 2. Datos Técnicos del Proyecto Press El Bala, 1958

Informe Técnico Explicativo, Estudio de Prefactibilidad

1	Tipo de presa	De gravedad, en arco
2	Altura de presa	205 m
3	Nivel máximo de la corona	500 msnm
4	Nivel normal	488 msnm
5	Nivel mínimo de operación	460 msnm
6	Longitud de la corona de la presa:	400 m
7	Caída bruta total	152 m
8	Ancho de la corona:	7,50 m
9	Longitud en la base	90 m
10	Caudal máximo de diseño	17.000 m ³ /s
11	Caudal del vertido	14.000 m ³ /s
12	Compuertas	Ocho (8). Tipo: de segmento. Cada una es de 12 m de altura y 19 m de ancho
13	Vertederos de excesos	Caudal total = 14 000 m ³ /s Dos grupos de cuatro vanos, cada uno. Los saltos en esquí se ubican escalonados
14	Bocatoma	Caudal = 3 000 m ³ /s Dos túneles, diámetro 11,5 m $V_{\text{ingreso}} = 0,57 \text{ m/s}$
15	Restitución - túneles de descarga	Caudal = 3 000 m ³ /s Dos túneles, diámetro 11,5 m $V_{\text{ingreso}} = 0,57 \text{ m/s}$
16	Desagüe de fondo	Dos túneles, diámetro 12 m. Cuatro túneles en la bifurcación hacia la salida $V_{\text{túnel}} = 15 \text{ m/s}$
17		3.400 m ³ /s
18		118,4 * 10 ³ Hm ³
19	Capacidad / volumen para control de inundaciones	15.000 Hm ³
20	Casa de máquinas	Dos, en caverna, en cada margen La central trabajaría 16 horas al día con plena carga y 8 horas con carga parcial al 25%
21	Potencia total instalada	1 600 MW
22	Número de unidades / turbinas	Doce (12)
23	Tipo de turbinas	Francis
24	Energía anual producida	10 x 10 ⁹ KWh
25	Obra de desvío: Caudal de diseño	7 000 m ³ /s

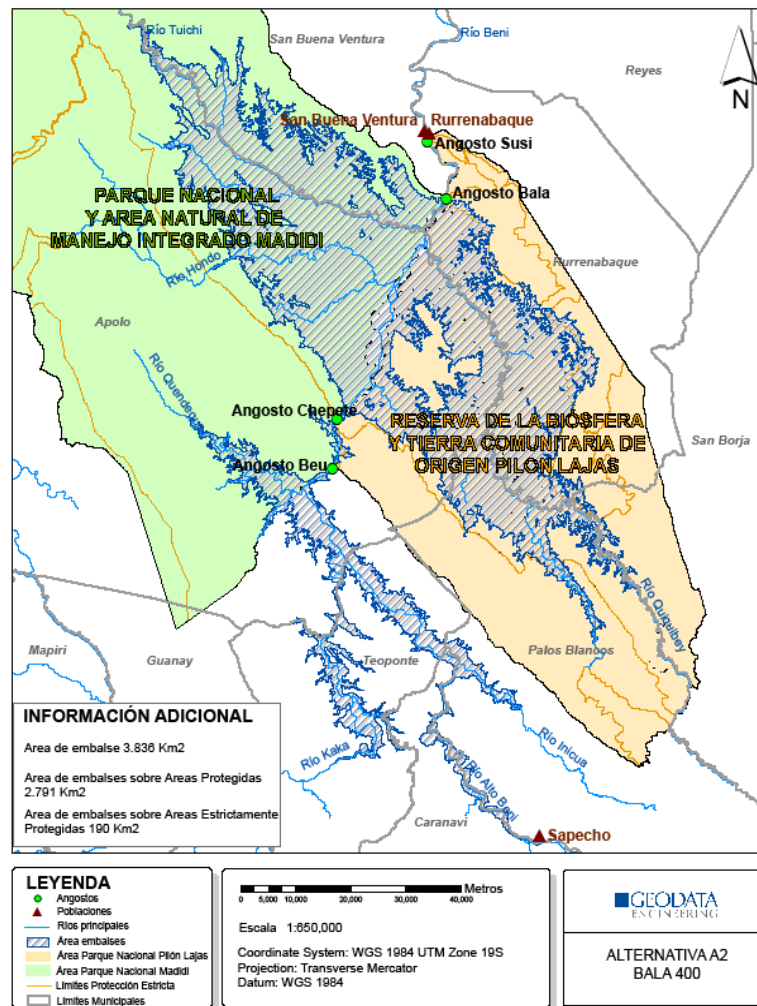
26	Obra de desvío: 4 túneles	2 túneles de diámetro 17,5 m y 2 de diámetro 12 m
27	Obra de desvío: Elevación requerida al ingreso	8,5 m
28	Navegabilidad:	Transporte con barcas y transbordo a camiones
29	Equipamiento eléctrico y líneas de transmisión:	No se conoce
30	Estudios ambientales:	No se realizaron
31	Estudios de costos y presupuestos:	No se realizaron
32	Proceso constructivo:	Hormigonado en bloques de 12 m de ancho y juntas de dilatación de 1,5 m de ancho. Admitiría inundaciones en crecidas superiores a los 7.000 m ³ /s

Fuente: Geodata, 2016.

No existe una propuesta técnicamente sustentada con plantas y perfiles para el desarrollo de las obras civiles y electromecánicas del aprovechamiento hidroeléctrico en el angosto El Bala y menos aún, para los angostos Susi, Chepete y Beu.

Se presenta en la figura 3 el área del embalse Proyecto Press El Bala 1958, Bala con cota 400 msnm emplazado en las Áreas Protegidas Madidi y Pílon Lajas, se aclara que este proyecto no se realizará por su magnitud de impacto ambiental y social. En consecuencia forma parte del proyecto de referencia para el análisis de alternativas en estrecha relación con el análisis multicriterio (AMC) a ser seleccionada en el Estudio de Identificación del Proyecto Hidroeléctrico El Bala.

Figura 3. Embalse Proyecto Press El Bala 1958, emplazado en las Áreas Protegidas, Bala 400



Elaboración: GEODATA, 2016. Fuente: SERNAP, 2015.

7.2 Descripción de la Población que Definen la Cota Máxima Extraordinaria del Embalse

En 1962, inmigrantes colonos (20 % quechuas y 80% aymaras) fundaron la localidad Sapecho, cuarta sección municipal de la provincia Sud Yungas, departamento de La Paz, en la región de Alto Beni, como parte de los planes de colonización impulsados por el entonces Instituto Nacional de Colonización.

La localidad de Sapecho se encuentra ubicada en la provincia de Sud Yungas en el municipio de Palos Blancos cerca del Río Beni. El pueblo está a una altura de 414 msnm. Tiene una población de 960 habitantes (Censo 2001), aunque según la Agencia Plurinacional de Comunicación se tiene 10.000 habitantes en esta localidad.

La misma es sede de la Subalcaldía del Distrito Sapecho correspondiente al Municipio de Palos Blancos, y al ser un Centro Poblado de importancia regional, es la sede de la Facultad de Agronomía dependiente de Universidad Mayor de San Andrés - UMSA, además comercio, hotelería y especialmente actividades agrícola pecuarias, como la producción de bananos, papaya, palmito y otros en menor escala, así como también la producción de hoja de coca orgánica.

Con 54 años de fundación fue una de las poblaciones pioneras de la región de Alto Beni. Por su actividad económica productiva, es considerada hoy la Capital del Cacao, dada la trayectoria de la Central de Cooperativas El CEIBO, que se encuentra asentada en la población de Sapecho.

En la actualidad la Unión Europea y el Estado Plurinacional a financiando 20 proyectos agropecuarios – productivos beneficiando a 571 familias de la localidad de Sapecho con un monto de Bs. 4.320.109.- de los cuales 3 millones financió la Unión Europea. Los 20 proyectos financiados tienen por objeto central mejorar la calidad e incrementar los ingresos económicos de las familias beneficiarias, a través del apoyo a la producción de cítricos, cacao, banano, y café con asistencia técnica, capacitación dotación de plantines, equipamiento y herramientas. También apoya a la ganadería (vacuna y porcina) y avicultura intensiva.

Cuenta con numerosas viviendas en condiciones favorables de habidad en un número de 9.660 y 142 viviendas colectivas, más del 50% de esta población cuenta con energía eléctrica, se bastecen de gas domiciliario en garrafas.

Sapecho se sitúa en la ruta troncal que vincula a los departamentos de La Paz, Beni y Pando, constituyéndose en un punto estratégico para el comercio de propios y extraños de esta localidad, por lo que cuenta con un surtidor de abastecimiento de gasolina y diésel.



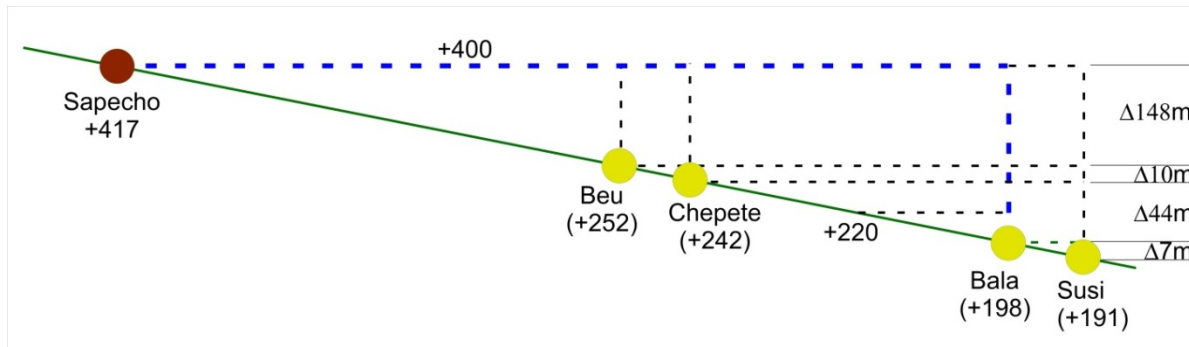
Foto 1. Iglesia de Santa Ana del Alto Beni, 410 msnm

Fuente: Panoramio

7.3 Alternativas

Las soluciones con presas en cascada son posibles al maximizar la carga hidráulica y en consecuencia la producción de energía. Por lo tanto, los sistemas en cascada tienen una cuota de almacenamiento máxima que corresponde al nivel del agua en la base de la presa que está aguas arriba. En la Figura 4, se muestran estas cotas entre paréntesis, que corresponden al nivel del agua para caudal medio anual del río Beni en el cada agosto.

Figura 4. Diagrama de Alternativas. En Azul Punteada la Solución de Referencia Bala 400 Press.



Fuente: Geodata, 2016

La siguiente Tabla 3, resume las presas a ser consideradas en el análisis de identificación.

Tabla 3. Lista de Presas para ser Analizadas con AMC

Beu 400 (Beu alto)	Chepete 400 (Chepete alto)	Bala 400 (Bala alto)	Susi 400 (Susi alto)
X	X	Bala 252 (Bala medio)	X
X	X	Bala 242 (Bala bajo)	X
X	X	Bala 220 (Bala muy bajo)	X

Fuente: Geodata, 2016

Tabla 4. Listado de Alternativas con Cotas (msnm)

Nº	PRESA	COTA (msnm)
1	Beu Alto	400 m s.n.m.
2	Chepete Alto	400 m.s.n.m
3	Bala Alto	400 m s.n.m
4	El Bala Medio	252 m s.n.m.
5	El Bala Bajo	242 m s.n.m.
6	El Bala Muy Bajo	220 m s.n.m.

Fuente: Geodata, 2016

Teniendo en cuenta todas las combinaciones de proyectos en los cuatro angostos, haciendo referencia a la Figura 4, se obtiene una lista de 22 alternativas. Sin embargo, algunas de ellas son sólo teóricas, pero luego son descartadas por varias razones.

En la siguiente Tabla 5. Lista de Alternativas Elegidas para ser Analizadas con Método AMC 5, se resumen las alternativas elegidas por el análisis AMC. En el Anexo 3.4 Mapas Temáticos muestra las áreas inundadas evidenciando la afectación a Áreas Protegidas y la ubicación de los principales centros poblados.

Tabla 5. Lista de Alternativas Elegidas para ser Analizadas con Método AMC

LISTADO DE ALTERNATIVAS	
A2	Bala 400 (proyecto de Referencia)
A5	Chepete 400 + Bala 242
A5a	Chepete 400 + Bala 220
A11	Beu 400 + Bala 252

Fuente: Geodata, 2016.

7.4 Análisis de las Alternativas

Se analizaron las tres alternativas A5, A5a y A11 mediante el método de Análisis Multi-Criterio (AMC), en comparación con la alternativa A2 de referencia El Bala 400, con el fin de seleccionar la más óptima.

El Análisis Multicriterio es aplicable cuando se utiliza cualquier enfoque estructurado para determinar preferencias entre diferentes alternativas, cuando las alternativas cumplen varios objetivos. En un Análisis Multicriterio se especifican los objetivos deseables y se identifican atributos o indicadores correspondientes. La evaluación comparativa de las alternativas sobre la base de diferentes criterios requiere el uso de herramientas especiales que permiten la comparación de temas diferente dentro de un sistema único.

A diferencia de los métodos tradicionales de apoyo a las decisiones (por ejemplo, análisis de costo-beneficio), donde todos los criterios tienen que ser convertidos a la misma unidad (por ejemplo, solamente dólares), el análisis multicriterio asigna una puntuación y una ponderación a los diferentes criterios, de manera que el análisis es cualitativo y cuantitativo.

Los elementos que concurren en la identificación de una solución óptima consideran el punto de vista de la sostenibilidad ambiental, social, técnica, económica y financiera del proyecto. En este sentido, el análisis de alternativas es sustentado en la Ley N° 300 Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien y el Protocolo de Evaluación de la Sostenibilidad de Hidroelectricidad propuesto por la Asociación Internacional de Hidroelectricidad (IHA).

Los análisis multicriterios tienen componentes comunes: un conjunto de alternativas, un conjunto de criterios para la comparación de las alternativas y un método para la clasificación de las alternativas.

Entre todos los sistemas disponibles, se ha optado por utilizar un método que permite la comparación directa de los resultados de los análisis, utilizando un índice.

En los párrafos siguientes las características clave que se utilizan como datos de entrada para el análisis Multicriterios se describen en términos de alternativas, criterios, ponderación y clasificación final.

Los diversos objetivos por lograr en las diferentes alternativas se caracterizarán por la introducción de macro-criterios (criterios de nivel 1 en el análisis AMC) capaces de describir las características específicas:

A - Perspectiva Medioambiental

B - Perspectiva Social

C - Perspectiva Técnica

D - Perspectiva Económica y Financiera

Estos macro-criterios se han subdividido en sub-criterios para completar el árbol de decisión y tener en cuenta las características claves para la elección, en cada una de las 4 alternativas analizadas. (Ver figura 5.)

Es así que la Perspectiva Medioambiental fue analizada considerando tres variables: Sensibilidad Ecológica, Afectación al Patrimonio Natural y la Superficie de Afectación en Áreas Protegidas; la Perspectiva Social considero otras tres variables: Afectación a la Población, Aspectos Sociopolíticos y Productividad, así como la afectación al Patrimonio Arqueológico y Paleontológico.

En relación a la Perspectiva Económico Financiera, se consideraron los costos de energía, la oportunidad de beneficios económicos, y los costos de inversión; mientras que la Perspectiva Técnica se analizó la potencia, los riesgos geológicos y la producción eléctrica.

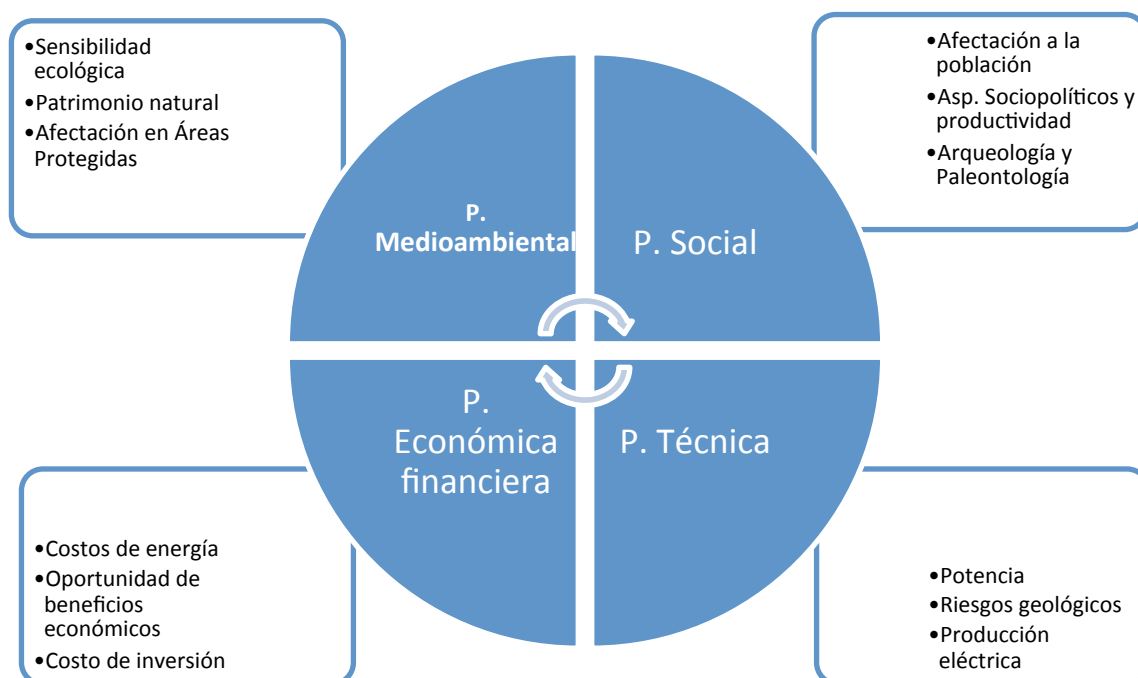


Figura 5. Relación de Macrocriterios y Subcriterios Aplicados a la Selección de Alternativas

Fuente: Geodata, 2016.

7.5 Elección de la Mejor Alternativa

El resultado del análisis Multi-criterio se basó en dos posibilidades: a) si los pesos de las 4 perspectivas son equivalentes para la decisión de la mejor; ó b) si los pesos son diferenciales, es decir, si los aspectos ambientales y sociales son más relevantes. En ambos casos el resultado fue el mismo, la mejor alternativa es la cascada de presas Chepete 400 más El Bala 220.

A partir de los resultados del AMC se observó que tanto ambiental como socialmente, la alternativa Chepete 400 más Bala 220 tienen menos afectación que las otras 2 alternativas, dado que la peor situación se daría con la alternativa de referencia (Bala 400); en relación a las perspectivas técnica, económica y financiera, la alternativa Chepete 400 más Bala 220 es más viable que las otras 2 alternativas, siendo la alternativa de referencia (Bala 400) la mejor. Sin embargo está visto que los aspectos sociales y ambientales son decisivos para el resultado final.

Las áreas de inundación del Bala 400, así como del Susi 400, tienen un impacto ambiental y social que se evalúa como no sustentable, sobre todo si comparado a otras alternativas en cascada que tienen un área de inundación más pequeña.

Las alternativas que tengan en cuenta el sitio del Susi no son interesantes si se admite la presencia de una presa en el Bala. Esto es debido a que el salto hidráulico entre Bala y Susi es muy modesto. Este salto de 7,8 m, con el caudal medio en ese punto de 212,30 m³/s, podría justificar una capacidad instalada de unos 90 MW. La presa sería de baja altura, de pasada, de al menos 1 km de ancho para permitir el desvío del río en fase de construcción y, a continuación, para dar cabida a las compuertas de gestión de los caudales de crecida.

La siguiente Tabla 6, resume los valores de evaluación de los expertos que llevaron a esta conclusión.

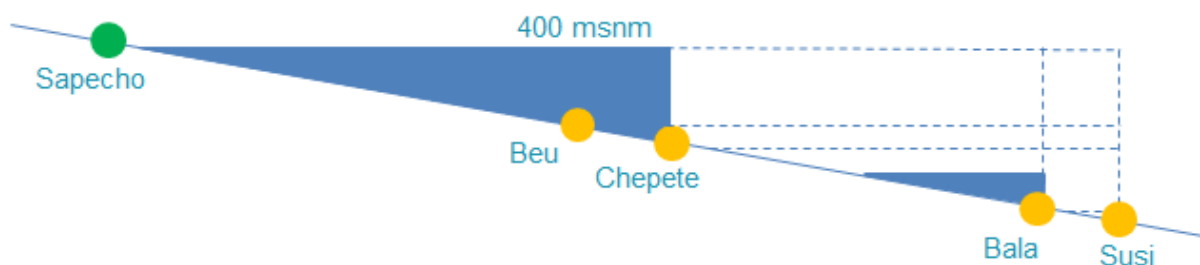
Tabla 6. Matriz de Análisis de Alternativas Analizadas con Método AMC

PERSPECTIVA	ALTERNATIVAS			
	Bala 400	Chepete 400 Bala 242	Chepete 400 Bala 220	Beu 400 Bala 252
P. Medio Ambiental	0,0	0,5	1,3	0,5
P. Social	0,0	0,5	1,2	0,3
P. Técnica	0,0	-0,2	-0,1	-0,4
P. Económica Financiera	0,0	-2,1	-1,6	-2,1

Fuente: Geodata, 2016.

La Figura 6, esquematiza la alternativa elegida (cascada de presas Chepete 400 más El Bala 220).

Figura 6. Alternativa Seleccionada



Fuente: Geodata, 2016.

En la Figura 7, se detallan la producción de energía del Componente 1 Agosto Chepete 400.

Figura 7. Producción de Energía Componente 1 Agosto Chepete 400

	CHEPETE 1	CHEPETE 2	TOTAL
POTENCIA INSTALADA (MW)	1.650	1.650	3.300
PRODUCCION ELECTRICA (GWH/año)	13.352	2.118	15.470
CAPEX (MUSD)	4.632	2.281	6.913
COSTO POTENCIA (MUSD/MW)	2,8	1,4	2,1

Fuente: Geodata, 2016.

Sin embargo y considerando que ambientalmente esta alternativa tiene dos áreas de impacto directo distintas y cuyos efectos son similares pero no iguales; además de que técnicamente ni financieramente es viable iniciar ambas obras simultáneamente, es que se decidió presentar dos fichas ambientales distintas para cada uno de los componentes de esta alternativa: Componente 1 Chepete a cota 400, y Componente 2 El estrecho del Bala a cota 220. A continuación en las siguientes figuras 8, 9, 10 y 11, muestran las áreas de embalses en función al estudio de alternativas. (Ver en anexos 3.4 Mapas Temáticos)

Figura 8. Alternativa A2 Bala 400 Proyecto de Referencia

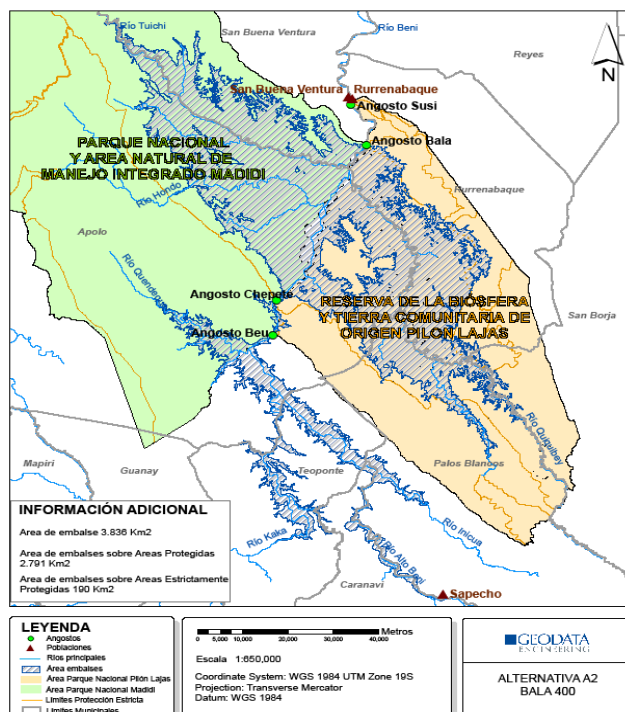


Figura 9. Alternativa A5 Chepete 400+Bala 242

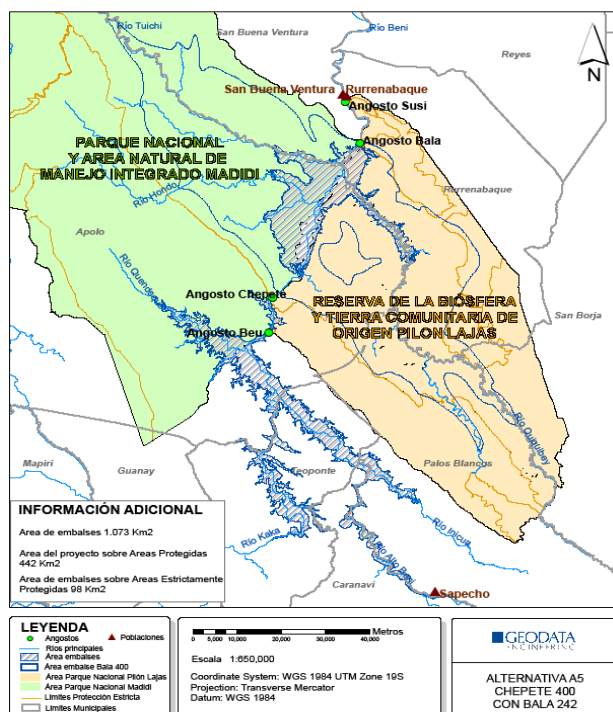


Figura 10. Alternativa A5a Chepete 400+Bala 220 (elegida)

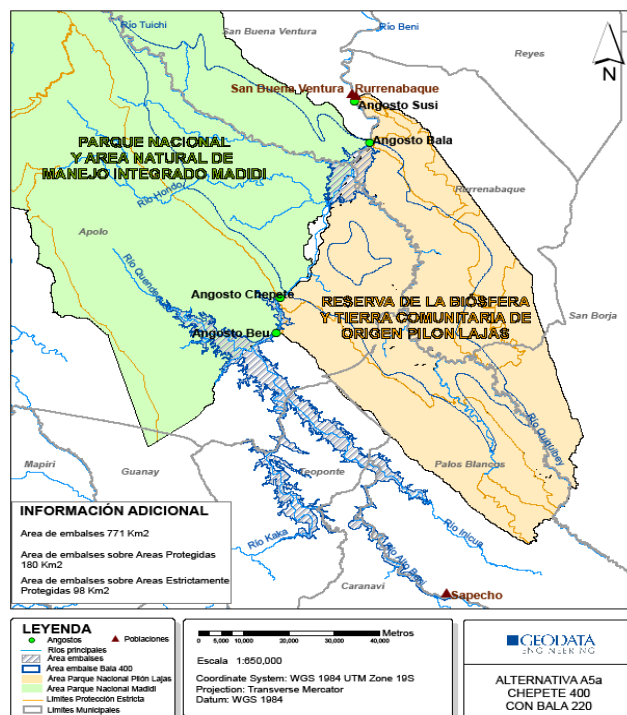
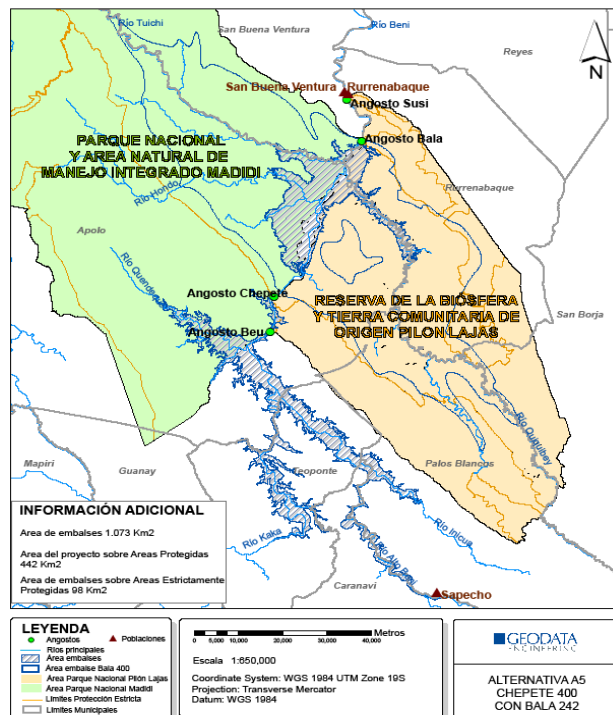


Figura 11. Alternativa A11 Chepete 400+Bala 252



A partir de los resultados generados por el análisis ambiental y social, queda claro que cualquier alternativa de la dimensión de la A2 (Bala cota 400) que se desarrolle aguas abajo del Chepete, generará impactos ambientales significativos (cuya magnitud dependerá directamente de las dimensiones del embalse), más aún cuando gran parte del embalse se emplazaría en tierras fiscales (áreas protegidas de interés nacional, como son Madidi y Pilón Lajas), que se encuentran en muy buen estado de conservación y albergan gran riqueza de biodiversidad terrestre (animal y vegetal).

El factor más relevante a ser afectado por una alternativa de estas características (A2) sería el ecosistema acuático; impacto que sería inevitable, aunque si se podría menguar sus efectos a partir de una adecuada ingeniería de proyecto (paso de peces, esclusas, etc.). Sin embargo, queda claro que mientras mayor sea el tamaño del embalse mayores las repercusiones negativa en el pulso de inundación del río Beni, afectando principalmente la reproducción, desove, desarrollo y migración de peces, más aun considerando que provocará que el ecosistema acuático de características loticas pase a ser un lentico (lacustre), con todo el efecto que esto implica para el plancton, los macro invertebrados, y por ende en la cadena trófica del sistema.

En cuanto a los impactos sociales, esta alternativa (A2) también es la que produciría mayor conflicto, pues la afectación por la inundación residiría sobre áreas territoriales conocidas como Tierras Indígenas Comunitarias de Origen Campesinos (TIOC's), espacios que tienen una consolidación histórica de derecho de uso de suelo. Actualmente, estos territorios han sido saneados y tiene un uso como tierra comunitaria de origen regida en la Ley Nº 1715 Ley Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA), en la que indica que "son espacios geográficos inalienables, indivisibles, irreversibles, colectivas, compuestas por comunidades o mancomunidades, inembargables e imprescriptibles". Otro aspecto a considerar a nivel social, es la afectación a las actividades y sitios turísticos actuales, así como a otras iniciativas turísticas que se encuentran en proceso de desarrollo, bien sea por Organizaciones No Gubernamentales, Municipios u Organizaciones Comunes; el 85% de la actividad relacionada con el turismo de la zona, se desarrolla en los alrededores del estrecho de El Bala, por lo que la magnitud del embalse, tiene relación directa con la severidad del impacto sobre esta actividad, siendo así la alternativa A2, la de mayor incidencia.

Sistematizando los resultados, se puede concluir que la Alternativa A5a (Chepete 400 + Bala 220) es la alternativa con mejor resultado frente a la alternativa A2 (Bala 400), pues es favorable en 20 de los 28 criterios estudiados. Sin embargo estos valores se dan por la significativa reducción del embalse (en el Estrecho de El Bala a cota 220) que minimiza la magnitud y extensión del impacto, no necesariamente por la severidad ni efecto sinérgico del mismo. Sin embargo, esta es la mejor alternativa de aprovechamiento en cascada, principalmente en términos de minimizar el área del embalse, reducir el impacto a los sitios de interés ecológico, y disminuir el impacto sobre las áreas protegidas; así como también en relación a criterios sociales, como el grado de afectación exiguo a las TIOC's, y a los sitios turísticos actuales.

Sin embargo, cabe destacar que esta alternativa (A5a), afectará territorialmente, aguas arriba del Estrecho Chepete, a los centros poblados con tendencia a la urbanización (Inicua, Mayaya, Puerto Linares, Santa Ana de Mosetenes, entre otros), que son considerados Sindicatos Agrarios (colonizadores prioritariamente de tierras altas), si bien son demográficamente más concentrados, presentan menos escenarios de conflictividad, puesto que la reposición de tierras y fondos de apoyo, son herramientas prácticas de negociación para estos sectores, con fáciles condiciones de aceptación. Su grado de apropiación con la tierra tiene una relación socioeconómica mercantil, si una relocalización implica una mejora de condiciones económicas, difícilmente presentaran escenarios de conflicto.

En cuanto a los niveles del embalse Chepete pueden variar entre las siguientes cotas sobre el nivel del mar:

- Cota 400 msnm. Área inundación 677 Km². Embalse máximo extraordinario, con periodo de retorno de 1 en 10.000 años.
- Cota 390 msnm. Área inundación 595 Km². Embalse normal de operación, se presenta durante nueve (9) meses en el año.
- Cota 350 msnm. Área inundación 338 Km². Embalse normal de operación, se presenta durante tres (3) meses en el año.
- Cota 321 msnm. Área inundación 195 Km². Embalse mínimo de operación, con periodo de retorno de 1 en 50 años.
- Área inundación aproximada de 426 Km², evento de inundación registrada el año 2014. La superficie de inundación en la Zona de Protección Estricta del Área Protegida Madidi es de aproximadamente de 9.03 Km².
(ver mapas de inundación y mapa embalse Chepete 400 en Anexos 3.4 Mapas Temáticos)

En este marco, de forma independiente se plantea y se presenta la ***Ficha Ambiental Componente 1 Angosto Chepete 400***, para su respectivo procedimiento técnico administrativo ante la autoridad ambiental competente, y su posterior categorización que amerita al caso.

8 ÁREA DE INUNDACIÓN NATURAL EVENTO 2014

En la gestión 2014, se registró un evento de inundación natural con una superficie de 9.03 Km², que ingreso a zonas de Protección Estricta del Parque Madidi con 0.41 Km² (0.05%) y 0.41 Km² (0.41%) en Pílon Lajas, de igual manera a la zona de aprovechamiento Extensivo Extractivo con 0.76 Km² (0.76%) en Pílon Lajas. Estos porcentajes están relacionados con la superficie total de cada área protegida.
(ver mapas de inundación y mapa embalse Chepete 400 en Anexos 3.4 Mapas Temáticos)

En las siguientes tablas se presentan las superficies de inundación natural del evento 2014, comparando las superficies de inundación con el proyecto Componente 2 Angosto Chepete 400.

Tabla 7. Comparación superficies de inundación en la zonificación de áreas protegidas Madidi y Pílon Lajas

Embalse	Cota	Area Total	MADIDI						PILON LAJAS				
			Zona Interes Historico Cultural	Zona Estrictamente Protegida	Aprovechamiento Extensivo Extractivo	Zona de Uso Intensivo No extractivo	Zona de Uso Intensivo Extractivo	Uso Extensivo No extractivo	Zona Estrictamente Protegida	Aprovechamiento Extensivo Extractivo	Zona de Uso Intensivo No extractivo	Zona de Uso Intensivo Extractivo	Uso Extensivo No extractivo
	(m s.n.m.)	(Km ²)	(Km ²)	(Km ²)	(Km ²)	(Km ²)	(Km ²)	(Km ²)	(Km ²)	(Km ²)	(Km ²)	(Km ²)	(Km ²)
Proyecto Chepete 400	400,00	677		94,47					3,85	2,29			
Evento 2014	276,00	46,44		9,03					0,41	0,76			
Diferencia entre Embalse del Proyecto y Evento Natural		630,56		85,44					3,44	1,53			

Fuente: SERNAP, 2015. **Elaboración:** Geodata, 2016.

Tabla 8. Comparación porcentajes de inundación en la zonificación de áreas protegidas Madidi y Pílon Lajas

Embalse	% de Area Total del Embalse con relación a Madidi	MADIDI						% de Area Total del Embalse con relación a Pílon Lajas	PILON LAJAS				
		Zona Interes Historico Cultural	Zona Estrictamente Protegida	Aprovechamiento Extensivo Extractivo	Zona de Uso Intensivo No extractivo	Zona de Uso Intensivo Extractivo	Uso Extensivo No extractivo		Zona Estrictamente Protegida	Aprovechamiento Extensivo Extractivo	Zona de Uso Intensivo No extractivo	Zona de Uso Intensivo Extractivo	Uso Extensivo No extractivo
Proyecto Chepete 400	1%		1%					0,16%	0,1%	0,06%			
Evento 2014	0,05%		0,05%					0,03%	0,01%	0,02%			
Diferencia entre Embalse del Proyecto y Evento Natural	0,45%		0,45%					0,13%	0,089%	0,04%			

Fuente: SERNAP, 2015. **Elaboración:** Geodata, 2016.

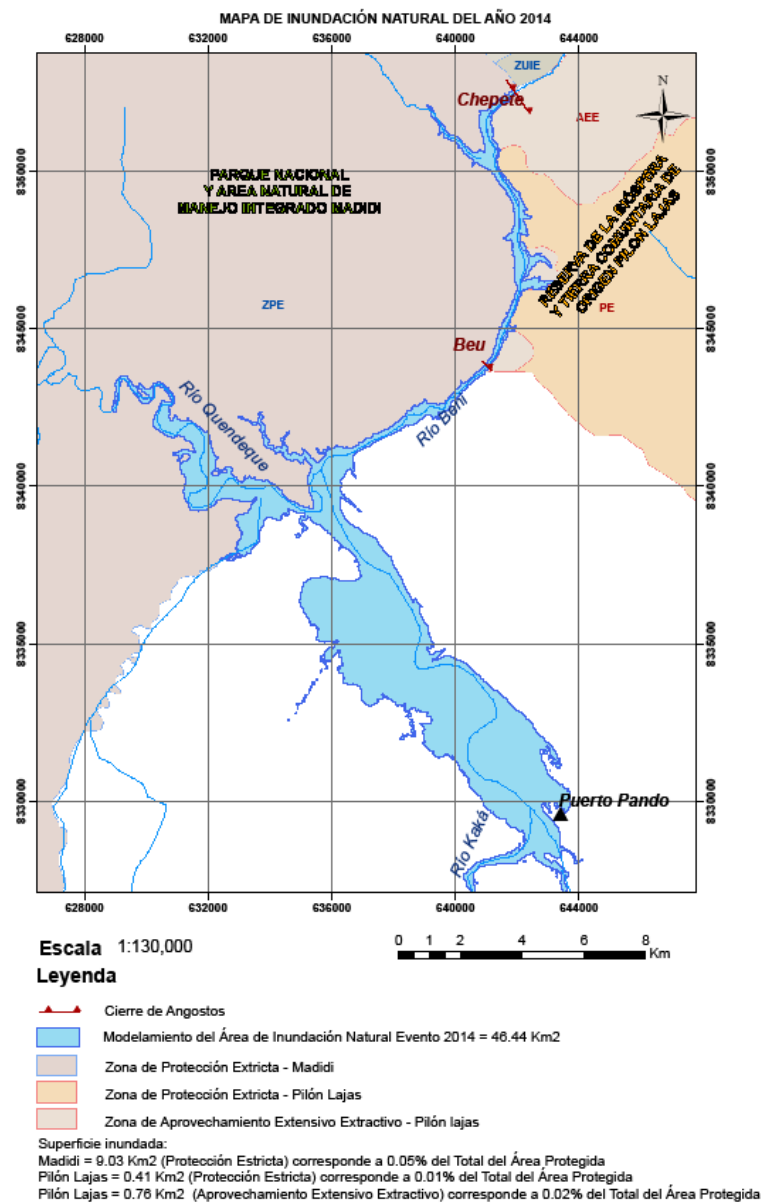


Figura 12. Mapa área de inundación evento 2014

Elaboración: Geodata, 2015. **Fuente:** SERNAP, 2015.

9 PRESUPUESTO

CENTRAL HIDROELÉCTRICA CHEPETE ANGOSTO 400

Presupuesto en Dólares

	ACTIVIDAD	COSTO APROXIMADO
ÍTEM		US\$/ÍTEM _{TOTAL}
1	CHEPETE 1	
1.1	INFRAESTRUCTURA VIAL	186.833.018,37
1.2	DESVIACIÓN RÍO BENI	1.112.934.610,74
1.3	PRESA	391.680.073,62
1.4	ADMINISTRACIÓN, IMPREVISTOS, UTILIDADES	1.164.613.150,76
1.5	OBRA CIVIL CASA DE MÁQUINAS CHEPETE 1	618.708.867,97
1.6	EQUIPOS CASA DE MÁQUINAS CHEPETE 1	512.891.855,18
	TOTAL CHEPETE 1	3.987.661.576,63
2	CHEPETE 2	
2.1	OBRA CIVIL CASA DE MÁQUINAS CHEPETE 2	601.376.306,19
2.2	CASA DE MÁQUINAS CHEPETE 2	1.679.614.473,46
	TOTAL CHEPETE 2	2.280.990.779,65
	SUB- TOTAL	6.843.652.356,29
	COMPENSACIONES AMBIENTALES (1%)	68.436.523,56
	TOTAL	6.337.088.879,85