

**ESTIMACIÓN DE LA
PROBABILIDAD DE COSTOS
ADICIONALES QUE SE PUEDAN
PRESENTAR EN EL PROYECTO
“REHABILITACION DE LA
AUTOPISTA LA PAZ-EL ALTO”**

**CONTRATO A0013703/542565 – 0002
BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
ING. Leonardo Vásquez Samacá
LA PAZ (BOLIVIA), JUNIO DE 2013**

TABLA DE CONTENIDO

1	ANTECEDENTES Y ALCANCE	4
2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
2.1.1	Descripción de la situación base	5
2.1.2	Descripción de las obras proyectadas	6
2.1.2.1	Pavimentación	7
2.1.2.2	Obras de drenaje	8
2.1.2.3	Puentes, viaductos y pasarelas	10
2.1.2.4	Iluminación	11
2.1.2.5	Obras complementarias,	12
2.1.3	Presupuesto estimado	12
3	ASPECTOS GENERALES DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS APLICABLES AL PROYECTO	14
3.1	Conceptos básicos sobre la gestión de los proyectos	14
3.1.1	Definición estratégica del proyecto	14
3.1.2	Plan de ejecución del proyecto	14
3.1.2.1	Definición de costos	15
3.1.2.2	Definición de plazos	16
3.1.3	Delegación de las obras	16
3.1.4	Ejecución de las obras	16
3.2	Metodología para el análisis de riesgos	17
3.2.1	Principios del análisis de riesgos	17
3.2.2	Metodología de simulación de Montecarlo	18
4	IDENTIFICACION DE FACTORES DE COSTOS ADICIONALES DEL PROYECTO “REHABILITACION DE LA AUTOPISTA LA PAZ-EL ALTO”	21
5	ANÁLISIS Y CUANTIFICACION DEL RIESGO DE COSTOS ADICIONALES	25
5.1	Modelo conceptual	25
5.2	Resultados	31
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
	ANEXO 1 – VARIABLES ALEATORIAS	37
	ANEXO 2 – ANALISIS SERIES HISTORICAS DE COSTOS Y SELECCIÓN DE RANGOS DE PROYECCIÓN	39

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización Carretera La Paz – El Alto	5
Ilustración 2. Esquema de la estructura del pavimento con concreto no adherido	7
Ilustración 3. Evolución de las fases del proyecto y nivel de error de los costos	15
Ilustración 4 ESTIMADO CONTINGENCIAS (%) - PROYECTO DE REHABILITACION LA AUTOPISTA LA PAZ-EL ALTO	31
Ilustración 5 Proyección Ajuste Canasta de Costos Construcción 2014	35
Ilustración 6. Serie Histórica Precio Bolsa Cemento	39
Ilustración 7. Serie Histórica Precio Productos de Acero	40
Ilustración 8. Serie Histórica Precio Arena y Grava	41
Ilustración 9. Serie Histórica Precio Derivados del Petróleo	42
Ilustración 10. Serie Histórica Precio Eléctricos y Cobre	43

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de actividades de reacondicionamiento de estructuras	10
Tabla 2. Presupuesto total de construcción (Cifras en USD de 2013)	12
Tabla 3. Presupuesto de Construcción por Item	13
Tabla 4. Categorías de probabilidad de los riesgos	17
Tabla 5. Categorías de clasificación de los impactos	18
Tabla 6. Matriz de riesgos e impactos	18
Tabla 7. Información Histórica - Proyectos Viales Corredor Santa Cruz – Puerto Suarez	22
Tabla 8. Riesgos a Evaluar y Calificación	25
Tabla 9. Riesgos: Asignación y Mitigación	27
Tabla 10. Riesgos: Tratamiento en Modelación	29
Tabla 11. Análisis Incremental por Ítem de Riesgo	32
Tabla 12. Supuestos para Proyección Variación Canasta de Costos de Construcción 2014	34
Tabla 13. Variables Aleatorias y Distribuciones de Probabilidad	37

1 ANTECEDENTES Y ALCANCE

La Administradora Boliviana de Carreteras – ABC - de acuerdo al Decreto Supremo 28946 tiene como misión institucional:

“La integración nacional mediante la planificación y la gestión de la Red Vial Fundamental, las cuales comprenden actividades de: planificación, administración, estudios y diseños, construcción, mantenimiento, conservación y operación de la Red Vial Fundamental y sus accesos, en el Marco del Plan Nacional de Desarrollo y de la gestión pública nacional, con el fin de contribuir al logro de servicios de transporte terrestre eficientes, seguros y económicos”

Dada la necesidad de mejorar las condiciones de transporte entre las ciudades de La Paz y El Alto, la ABC decidió priorizar el proyecto de Rehabilitación y mejora de la Autopista “La Paz – El Alto”, tramo perteneciente a la ruta F - 02 de la Red Vial Fundamental del País. En consecuencia, en el año 2011 se celebró el contrato ABC N° 39/11 GTCT-SER-BID mediante el cual se adelantaron los servicios para el Estudio y Diseño de las Obras para la Rehabilitación de la Autopista La Paz – EL Alto adjudicada al Consorcio Accidental TRANSTEC - I.P.A.

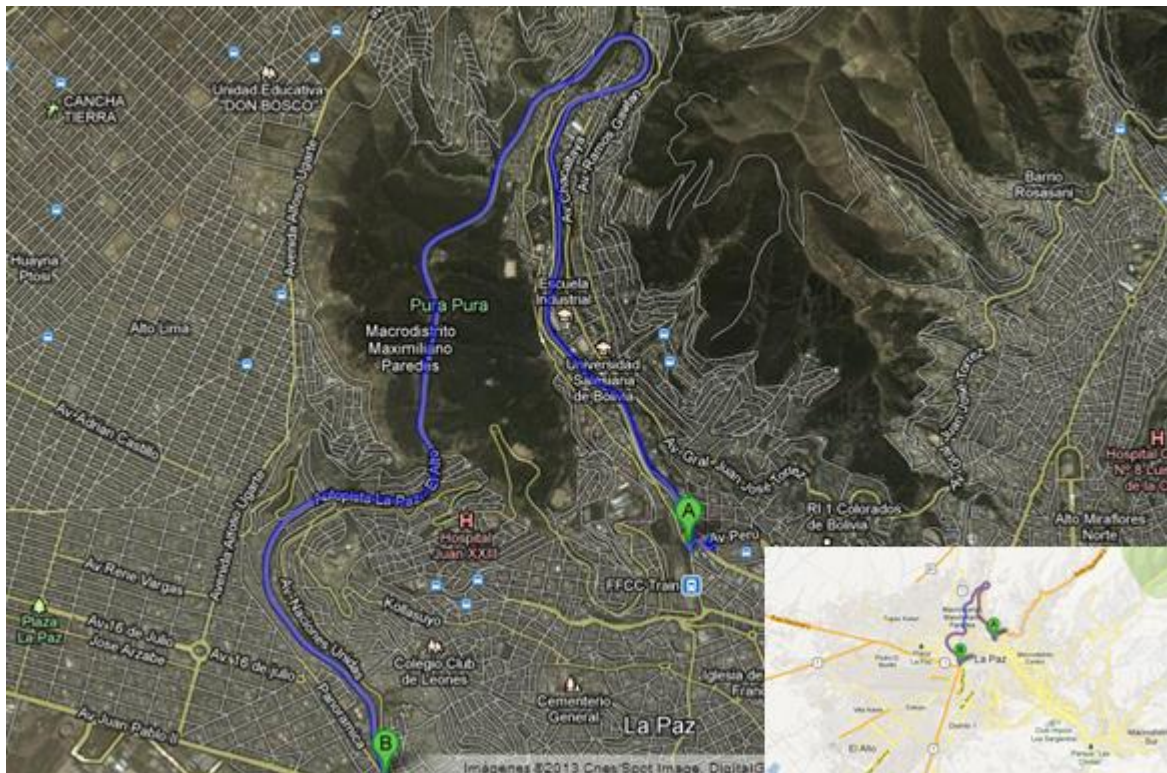
El objeto del presente estudio es determinar con la mayor precisión, los posibles costos adicionales que se puedan presentar durante la implementación del proyecto “Rehabilitación y mejora de la Autopista La Paz – El Alto”, teniendo en cuenta el comportamiento histórico de las variables más representativas en un proyecto de construcción vial. En este orden de ideas se indagará sobre información histórica disponible de proyectos viales, y se recurrirá a percepción de actores vinculados a los procesos y su opinión de expertos, para posteriormente valorar la probabilidad de costos adicionales empleando el Método Montecarlo. Finalmente se darán recomendaciones sobre el porcentaje de imprevistos (o costos adicionales) a adoptar, la asignación de riesgos contractual, y estrategias de prevención y mitigación.

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra localizado en la región occidental de Bolivia, entre las ciudades de La Paz y El Alto, como se presenta en la

Ilustración 1. La vía tiene una longitud aproximada de 10.60 Km. desde el Distribuidor de la Montes en la Ciudad de La Paz hasta el puesto de peaje en El Alto. La topografía es predominantemente empinada, yendo desde los 3600 m.s.n.m. a los 4100 m.s.n.m. El clima de la zona es árido y seco.

Ilustración 1. Localización Carretera La Paz – El Alto



Fuente: Elaboración propia

Si bien la vía es catalogada como autopista y tiene importancia nacional, ha adquirido características de una avenida urbana dado el proceso de conurbación entre La Paz y El Alto y el alto grado de interacción socioeconómica entre las dos poblaciones.

2.1.1 Descripción de la situación base

Para tener conocimiento sobre la situación inicial de la vía, se revisó el informe denominado “RESUMEN EJECUTIVO TESA”, suministrado por La Administradora Boliviana de Carreteras – ABC en la visita efectuada por esta consultoría los días 15 a 19 del mes de Abril de 2013.

La Autopista La Paz – El Alto fue construida entre 1974 y 1977. Cuenta con cuatro carriles, dos por sentido, con un ancho de calzada variable entre 6.10 y 6.70 m. y con bermas de tratamiento superficial doble de 3.00 y 1.50 m. a cada lado de la vía. Está construida en pavimento rígido, en losas de concreto de 3.05 m. x 5.00 m. y 3.35 m. x 5.00 m.

El documento “RESUMEN EJECUTIVO TESA”, señala que según información que en ese momento fue suministrada por la ABC, las condiciones generales de la vía eran las siguientes:

- *La Autopista prácticamente ha cumplido su vida útil, fundamentalmente en lo que se refiere al pavimento, sistema de drenaje e iluminación.*
- *El limitado mantenimiento de las juntas y fisuras en el pavimento, han originado la infiltración de aguas superficiales (en la época de lluvias), teniendo como resultado la erosión de la capa sub base. Este efecto hace que exista una pérdida de los finos del material granular de la sub base, originando cárcavas debajo de las losas, principalmente en las juntas.*
- *Al crearse vacíos debajo de la losa, las cargas que transitan por el pavimento (vehículos livianos y fundamentalmente pesados), originan la rotura de la losa, porque la misma ha sufrido pérdida de apoyo, puesto que la sub base, por el efecto del bombeo de finos ha perdido su capacidad de sustentación, situación que en el caso de los pavimentos rígidos es crítica, puesto que es fundamental la uniformidad de la capa sub base.*
- *Se ha podido observar en las losas que han colapsado, que existe el efecto de bombeo de finos y alabeo, por ello en la mayor parte de los casos se observan roturas de las losas en las esquinas.*
- *El efecto de las erosiones de la sub base, han originado deformaciones diferenciales, que se pueden observar a simple vista, en la mayor parte de los casos en coincidencia con la ubicación de las alcantarillas.*
- *Por otra parte se ha observado que los carriles con mayores daños, son los que se encuentran a la derecha de la vía, tanto en los carriles de subida, y fundamentalmente en el carril derecho de bajada.*

2.1.2 Descripción de las obras proyectadas

El objetivo del Proyecto mejorar las condiciones de tránsito en la Autopista La Paz – El Alto, para lo cual se busca darle características adecuadas respecto a seguridad, diseño geométrico, sistema de drenaje, taludes estables y superficie pavimentada. En ese orden de ideas, las obras contemplan acciones sobre diferentes ítems que pueden agregarse así:

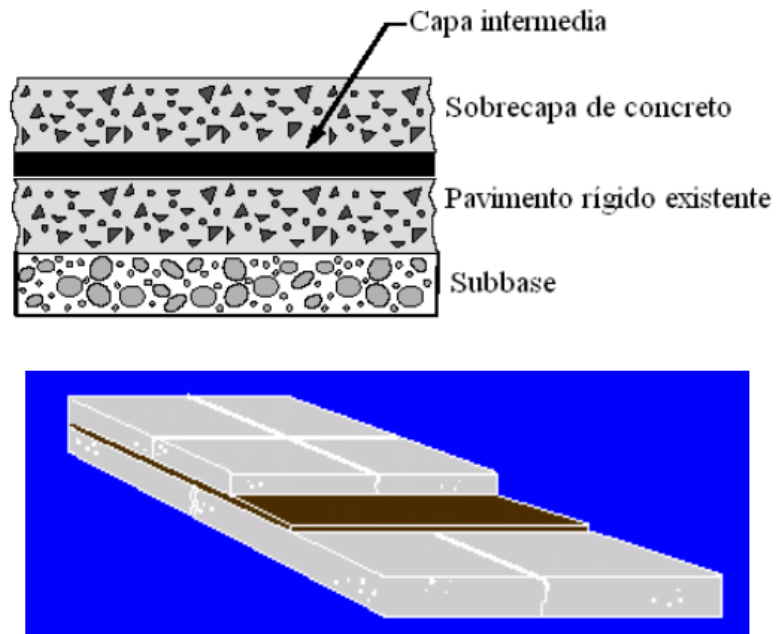
- Pavimentación
- Obras de drenaje
- Puentes, viaductos y pasarelas
- Iluminación
- Obras complementarias
- Seguridad y señalización vial

Uno de los aspectos relevantes de las obras es la adecuación de las actuales bermas para que operen a modo de tercer carril, amentando la capacidad de la vía.

2.1.2.1 Pavimentación

La alternativa de solución definida para la rehabilitación del pavimento de concreto en la Autopista es la colocación de una sobrecapa de concreto no adherida – UBO - , cuya función es mejorar la capacidad estructural del pavimento. Esta es considerada una alternativa atractiva cuando a pesar de que el pavimento rígido existente presente daños o deterioros considerables, conserva una capacidad estructural adecuada para servir como soporte a una nueva sobrecapa. De igual forma, se considera adecuado cuando la duración de una reconstrucción no puede extenderse dada la presión pública por culminar la obra rápidamente, por ejemplo, en el caso de vía con altos volúmenes de tránsito como la Autopista en cuestión. Se requiere una preparación mínima del pavimento existente. La estructura del pavimento queda como se presenta en la Ilustración 2.

Ilustración 2. Esquema de la estructura del pavimento con concreto no adherido



Fuente: Selección de tratamientos y de estrategias de rehabilitación, Ing. Fernando Sánchez Sabogal

Las obras de pavimentación estimadas como necesarias al 2011 contemplaban fundamentalmente las intervenciones relacionadas a continuación:

1. Preparación del soporte homogéneo para la sobrecapa de concreto

Se requiere la remoción de las losas de hormigón fragmentadas y reparaciones localizadas en zonas donde las losas existentes así lo requieran. En los sitios donde haya remoción de losas es preciso reconformar la capa de base en el espesor necesario que permita mantener el nivel de la rasante de proyecto. Así mismo, de ser necesario, se deben reparar las capas inferiores del pavimento hasta la profundidad requerida para contar con un soporte adecuado, verificando previamente que no estén contaminadas con material de mala calidad o con características arcillosas.

Donde es necesaria la reconstrucción del pavimento, se planteó el retiro de la capa de concreto deteriorada, para luego proceder con la reconformar la capa de base, sobre la cual irá la capa rompedora de fricción. En el caso de las bermas, de acuerdo con lo establecido en el proyecto, serán destinadas a la construcción de un tercer carril, por lo que el procedimiento constructivo es el mismo antes señalado.

2. Colocación de capa rompedora de fricción

La capa rompedora de fricción estará conformada por una mezcla asfáltica delgada de unos 2.5 cm de espesor que permita separar la capa de concreto nuevo del antiguo, debidamente preparado para contar con una superficie uniforme.

3. Colocación de losa de concreto hidráulico

El proceso de pavimentación finaliza con la construcción de las losas de concreto, las cuales se planea efectuar por franjas y entre estas se colocarán barras de amarre corrugadas colocadas perpendicularmente a esta junta y a la mitad del espesor de la losa.

2.1.2.2 Obras de drenaje

Las obras de drenaje son indispensables para el buen funcionamiento de la estructura del pavimento. En desarrollo del diagnóstico realizado en el 2011 se evaluaron las infraestructuras de drenaje existentes, con el fin de evaluar su estado y suficiencia, encontrando la situación descrita a continuación.

1. Alcantarillas

De acuerdo al inventario realizado, se verificó la existencia de alcantarillas de tubos de concreto, alcantarillas metálicas y alcantarillas tipo cajón de mampostería de piedra. Una vez se verificó su capacidad, se llegó a la conclusión de que se tienen que renovar trece (13) alcantarillas con tubería de concreto, se deben mejorar las soleras y paredes en cinco (5) alcantarillas cajón y renovar losas y mejorar soleras y paredes en cuatro alcantarillas tipo cajón.

2. Sub Drenaje

De acuerdo al inventario y diagnóstico realizado y por el tiempo de vida útil que tienen las tuberías perforadas de concreto, se determinó la renovación total del sub – drenaje.

3. Drenaje Superficial

Se recomendó la construcción de nuevas cunetas y bordillos de cuneta. De igual forma, se recomendó la construcción de nuevas zanjales de coronamiento y renovación de bajantes en concreto, así como de las cámaras interceptoras en concreto y desarenadores.

4. Tuberías Pluviales

Se recomendó su renovación con tuberías de concreto.

5. Quebradas Mayores

Existen seis quebradas que atraviesan el eje de la Autopista La Paz – El Alto, que fueron Inspeccionadas constatando su buen estado, razón por la cual no serán intervenidas.

2.1.2.3 Puentes, viaductos y pasarelas

Como resultado de las actividades de diagnóstico sobre las estructuras mayores existentes en la vía, se determinó la necesidad de reacondicionamiento como se muestra en la 24 estructura Tabla 1. Se encontraron en total 24 estructura

Tabla 1. Resumen de actividades de reacondicionamiento de estructuras

ACTIVIDADES DE REACONDICIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS EXISTENTES					
Punto	A. de Calzada	Galibo Actual	Situación	Galibo F.	Trabajos de Mantenimiento Propuesto
V-P 1	Suficiente	4.6	Mantener	5.5	Cambio de Juntas, Reposición capa de Rodadura, en el mismo se modifica la altura de la razante para en el carril de bajada para lograr un galibo mínimo de 5.5 metros
Pa - 1	Suficiente	5.6	Demoler	5.5	Se demolerá la estructura debido a la intención de la alcaldía por la construcción del Puente Ferrobeni (Proyecto H.A.M. La Paz)
V-P 2	Suficiente	-	Mantener	-	Cambio de Juntas, Reposición capa de Rodadura
Pa - 2	Suficiente	7	Mantener	6.5	Reparar barandados para mejorar el aspecto estético, Uniformizar los barandados
Pa - 3	Suficiente	4.85	Suspender	5.5	Se suspende la estructura para alcanzar un galibo mínimo de 5.5 m, Cambio de Aparatos de Apoyo, u uniformizar barandados
Pa - 4	Suficiente	4.15	Suspender	5.5	Se suspende la estructura para alcanzar un galibo mínimo de 5.5 m, Cambio de Aparatos de Apoyo, u uniformizar barandados
V-P 3	Insuficiente	-	Ampliar	-	Se debe demoler las barreras de tráfico, ampliar la estructura reconstruyendo el tipo de barandado y aceras
Pa - 5	Insuficiente	6.5	Demoler	-	La estructura debe ser demolida ya que por su configuración Hiperestática no puede ser readecuada para su empleo
V-P 4	Insuficiente	4.3	Demoler	-	Se propone la demolición de la estructura para crear un nuevo Viaducto
Pa - 6	Insuficiente	7.1	Reconstruir	5.5	Se debe reconstruir la pasarela adecuándola al nuevo ancho en función al diseño geométrico
Pa - 7	Suficiente	6.35	Reconstruir	5.5	Se debe reconstruir la pasarela adecuándola al nuevo ancho en función al diseño geométrico
V-P 5	Insuficiente	4.2	Demoler	5.5	Se propone ensanchar los estribos y ampliar la losa de la estructura, de la misma forma se debe generar una nueva estructura para ampliar los carriles de la avenida Vásquez.
TUBOS	Insuficiente	4	Reconstruir	5.5	Se demolerá el paso de la tubería, y se realizará su reconstrucción por debajo de la autopista con una bóveda
Pa - 8	Suficiente	4.25	Suspender	5.5	Se suspende la estructura para alcanzar un galibo mínimo de 5.5 m, Cambio de Aparatos de Apoyo, u uniformizar barandados
Pa - 10	Suficiente	5.4	Mantener	5.5	Se suspende solo el tramo central la estructura para alcanzar un galibo mínimo de 5.5 m, Cambio de Aparatos de Apoyo, u uniformizar barandados
Pa - 9	Insuficiente	6.55	Demoler	-	Se demolerá la estructura ya que no se ajusta al nuevo diseño geométrico y existe una pasarela a menos de 200 metros.
V-P 6	Insuficiente	4.8	Ampliar	5.5	Se propone ensanchar los estribos y ampliar la losa de la estructura, se realiza la reposición de la capa de rodadura, cambio de juntas
Pa - 11	Suficiente	4.4	Suspender	5.5	Cambio de Aparatos de Apoyo, Reconstrucción de los accesos Tomando en cuenta el nuevo galibo de la estructura
Pa - 12	Suficiente	4.3	Suspender	5.5	Cambio de Aparatos de Apoyo, Reconstrucción de los accesos Tomando en cuenta el nuevo galibo de la estructura
Pa - 13	Suficiente	5.3	Suspender	5.5	Reconstrucción de los accesos Tomando en cuenta el nuevo galibo de la estructura
V-P 7	Insuficiente	4.4	Demoler	5.5	Se considero su demolición ya que estrangula al diseño final propuesto, y se realiza el estudio de una nueva estructura
Pa - 14	Suficiente	4.35	Mantener	4.35	Cambio de Juntas, Reposición de capa de rodadura en losas de acceso
V-P 8	Suficiente	4.55	Mantener	4.55	Cambio de Juntas, Limpieza General y reposición de capa de rodadura
V-P 9	Suficiente	4.4	Demoler	5.5	Se considero su demolición ya que estrangula al diseño final propuesto, y se realiza el estudio de una nueva estructura
Pa - 15	Suficiente	4.35	Mantener	4.35	Cambio de Juntas, Reposición de capa de rodadura en losas de acceso
P.D.	Suficiente	-	Mantener	-	Mejorar Accesos y salida a la estructura, mejorar el acceso hacia la autopista

Fuente: Informe de diseño de obras de arte mayor (puentes y viaductos) y obras de arte menor (alcantarillas). Estudio y diseño de obras para la rehabilitación de la Autopista La Paz - El Alto

Se aclara en este punto que el número de estructuras que se consideran en el presupuesto detallado del Tramo a analizar (Tramo 1) es de 21, y corresponden a: de Pa-1 a Pa-12, de V-P1 a V-P6, Tubos, y se adicionan PN-1 y PN-2 (Pasarelas Nuevas).

Las acciones consideradas se describen a continuación:

- **Mantenimiento:** Comprende trabajos menores que implican limpieza, cambio de aparatos de apoyo, reparación de aparatos de apoyo o la reposición de la carpeta de rodadura.

- **Ampliación:** Corresponde a trabajos para reformular la configuración estructural incrementando vigas o ampliando la losa.
- **Suspensión:** Consiste en reformular la altura de los apoyos y mejorar los accesos a las estructuras.
- **Demolición:** Corresponde a trabajos de demolición que no consideran la reconstrucción de la obra.
- **Reconstrucción:** Implica la demolición y reconstrucción de nuevas estructuras para aumentar las luces según las nuevas disposiciones de la vía.

Una vez realizado el Estudio de Identificación se determinó la creación de las siguientes estructuras.

Estructura	Ubicación	L. Total (m)	Tipología de Obra Propuesta
Pasarela	1+300	48.00	Pasarela Recta de Dos Tramos y una Rampa de Acceso (Pa -1 Desechada)
Viaducto	3+650	35.60	Puente Mixto Recto de un tramo isostático Infraestructura H ^º A ^º , Vigas H ^º P ^º , Losa H ^º A ^º
Viaducto	4+025	41.20	Puente Mixto Recto de Dos tramo isostático Infraestructura H ^º A ^º , Vigas H ^º P ^º , Losa H ^º A ^º con rampas de acceso en ambos carriles
Viaducto	4+680	25.60	Puente de H ^º A ^º esviado 75º de un tramo
Pasarela	8+700	30.60	Pasarela Recta de Un tramo con graderías de acceso hacia la autopista
Viaducto	10+640	30.60	Puente Mixto Recto de dos tramos isostático Infraestructura H ^º A ^º , Vigas H ^º P ^º , Losa H ^º A ^º
Viaducto	10+924	37.20	Puente Mixto Recto de dos tramos isostático Infraestructura H ^º A ^º , Vigas H ^º P ^º , Losa H ^º A ^º

Fuente: Informe de diseño de obras de arte mayor (puentes y viaductos) y obras de arte menor (alcantarillas). Estudio y diseño de obras para la rehabilitación de la Autopista La Paz - El Alto

En resumen, se propone implementar 2 pasarelas nuevas (PN-1 y PN-2, en Tramo 1) y 4 Viaductos en Tramo 1 (km 3+650, 4+025, 4+680, 8+700), dos de los cuales se asocian a Distribuidores (Distribuidor Plan Autopista y Distribuidor SEDCAM).

2.1.2.4 Iluminación

El diagnóstico realizado en el 2011 señala que el sistema eléctrico existente presenta fallas y no suministra la continuidad adecuada del servicio eléctrico. Se propuso una renovación total de las instalaciones eléctricas.

2.1.2.5 Obras complementarias,

Las obras complementarias se relacionan con la implantación de muros de contención, para ensanchar y estabilizar la plataforma en sectores críticos mejorando el trazado geométrico. Se requiere la creación de 38 muros de contención a lo largo del sub tramo 1, con una configuración tipo de las estructuras reforzadas con la denominación de bordillos de Hormigón Armado, Muros de Hormigón Armado y Muros MSE que se distribuyen a lo largo del trayecto del proyecto.

2.1.3 Presupuesto estimado

El coto total de construcción fue estimado en un total de 29,384,276 dólares a precios del 2013. De este valor, la mayor proporción (52.7%) corresponde a la pavimentación. Los costos estimados que fueron suministrados a esta consultoría se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Presupuesto total de construcción (Cifras en USD de 2013)

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	COSTO (USD) TOTAL	%
1	OBRAS PRELIMINARES	557,719	1.90%
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS	968,191	3.29%
3	PAVIMENTACION	15,486,572	52.70%
4	OBRAS DE DRENAJE	2,732,823	9.30%
5	PUENTES VIADUCTOS Y PASARELAS	2,299,936	7.83%
6	ILUMINACION	1,946,788	6.63%
7	OBRAS COMPLEMENTARIAS	3,257,930	11.09%
8	SEGURIDAD Y SEÑALIZACIÓN VIAL	1,169,903	3.98%
9	SERVICIO DE CAMPO PARA FISC. Y SUP.	496,744	1.69%
10	COMPONENTE AMBIENTAL	467,669	1.59%
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO	29,384,276	100.00%

Fuente: Actualización de costos a 2013, Administradora Boliviana de Carreteras, con base en el Informe de presupuesto. Estudio y diseño de obras para la rehabilitación de la Autopista La Paz - El Alto

Dado el grado de avance en los estudios, que llegan a diseños definitivos, fue posible analizar los costos de las materias primas para la construcción de manera detallada, con la intención de utilizar estas cifras posteriormente en los análisis de riesgos al enfocarse en aquellos rubros que tengan mayor peso dentro de los costos. De esta forma, se encontraron los siguientes elementos relevantes:

- Respecto al presupuesto de materiales, los de origen nacional representan el 62,6% y los importados el restante 37,4%
- Entre los materiales, el cemento portland, de origen nacional, es el que tiene mayor peso dentro del costo total. Representa cerca del 33%.
- Cerca del 18% de los costos de materiales lo representa el acero estructural y para las pasajuntas (refuerzo del pavimento).

- Los siguientes rubros en importancia por su peso dentro del presupuesto total corresponden a la grava clasificada y arena (13%) y al concreto asfáltico (5%).

El propósito del presente estudio es estimar el porcentaje para imprevistos, en consideración a los posibles costos adicionales que se identifiquen en el análisis.

A continuación se presenta la participación por ítem en el presupuesto de construcción, detallando la participación por tipo de material, mano de obra, equipos y herramientas, gastos generales, utilidad e impuestos

Tabla 3. Presupuesto de Construcción por Ítem

ITEM	% MATERIALES	% SOBRE TOTAL
MATERIALES		
NACIONAL	62.6%	38.0%
CEMENTO PORTLAND	33.9%	20.6%
ACERO	2.6%	1.6%
GRAVA	10.2%	6.2%
ARENA	4.9%	3.0%
CAPA BASE	1.5%	0.9%
OTROS	9.5%	5.8%
IMPORTADO	37.4%	22.7%
CEMENTO ASFALTICO	5.0%	3.0%
ACERO	16.2%	9.8%
ELECTRICOS	5.8%	3.5%
OTROS	10.5%	6.4%
SUBTOTAL MATERIALES	100.0%	60.8%
MANO DE OBRA		11.0%
EQUIPO Y HERRAMIENTAS		
MAQUINARIA IMPORTADA		7.6%
MAQUINARIA NACIONAL		0.2%
HERRAMIENTAS DEL TOTAL DE LA MANO DE OBRA		0.5%
SUBTOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS		8.4%
GASTOS GENERALES		8.0%
UTILIDAD		8.8%
IMPUESTOS		3.0%
TOTAL PROYECTO		100.0%

Fuente: Informe de presupuesto. Estudio y diseño de obras para la rehabilitación de la Autopista La Paz - El Alto

3 ASPECTOS GENERALES DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS APLICABLES AL PROYECTO

Todo proyecto es resultado de la decisión de emprender la ejecución de una serie de actividades que llevan a obtener un resultado deseado. En el caso de los proyectos de construcción de infraestructura vial se requieren importantes inversiones de recursos (personales, económicos, de tiempo) que a pesar de ser conocidas, requieren ser planificadas con el mayor detalle posible, con el ánimo de reducir las incertidumbres frente al resultado final.

Esta planificación es parte fundamental del proceso de gestión del proyecto, a través del cual se busca que la obra sea completada en el PLAZO PREVISTO, por el PRESUPUESTO ESTIMADO y con la CALIDAD inicialmente considerada.

3.1 Conceptos básicos sobre la gestión de los proyectos

Las principales áreas de actuación en el proceso de gestión del proyecto se listan a continuación.

3.1.1 Definición estratégica del proyecto

Esta etapa corresponde al primer nivel de planificación, y contempla la realización del estudio de factibilidad, la definición del presupuesto de inversión y la estimación de la fecha de inicio y duración del proyecto.

Para su desarrollo se requiere la definición de necesidades y su cuantificación en unidades costeables, así como las especificaciones técnicas básicas asociadas a la calidad del producto esperado. En esta definición también se deben identificar otras necesidades y objetivos adicionales a la obra principal.

3.1.2 Plan de ejecución del proyecto

El plan de ejecución del proyecto corresponde al segundo nivel de planificación. Debe basarse en un calendario de entregas y aprobaciones sometido a seguimiento al momento de la ejecución. Una parte esencial de este plan de ejecución es asegurar la completa definición y grado de detalle necesarios para la ejecución de las obras, minimizando riesgos de sobrecostos y retrasos.

Los aspectos clave a considerar en la elaboración del plan de ejecución son:

- Factibilidad: Debe basarse en datos reales
- Anticipación: Debe contemplar todas las eventualidades y proporcionar soluciones adecuadas

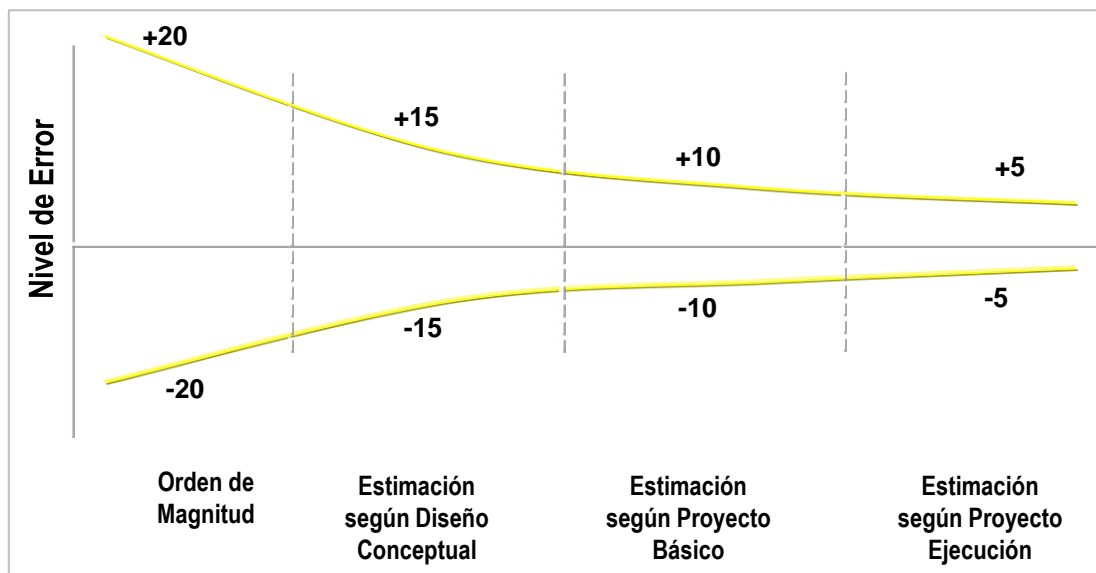
- Participación: Debe ser producto de la colaboración y el consenso entre los miembros del equipo de proyecto
- Utilidad: Debe emplearse como herramienta de control para coordinar el desarrollo del proyecto

3.1.2.1 Definición de costos

Al ejecutar las obras a través de contratos de construcción, es preciso definir el presupuesto objetivo. Esta cifra debe dirigir el desarrollo del proyecto y la obra desde las fases iniciales y no ser una consecuencia del mismo, lo cual implica controlar los costos en el proceso de prediseño, diseño definitivo y la ejecución.

El proceso del cálculo del costo del proyecto debe ajustarse en su precisión a cada una de sus fases o niveles de planificación. En la medida en que se vaya avanzando en el nivel de planeación, es preciso contar cada vez con mayor cantidad de información, a través de evaluaciones de costos más detalladas y vinculadas a las distintas etapas del diseño. Es así como en la etapa de definición estratégica del proyecto puede hacerse una estimación de orden de magnitud, mientras que en el plan de ejecución se requiere una estimación preliminar por cantidades de obra y/o elementos principales, y para efectos de ejecución se requiere la estimación según proyecto básico o estudios de ingeniería de detalle. El nivel de error asociado a cada etapa del proyecto debe verse gradualmente reducido, como se muestra esquemáticamente en la Ilustración 3.

Ilustración 3. Evolución de las fases del proyecto y nivel de error de los costos



Fuente: Gestión de Costos, Documentos Master en Gestión y Financiación Privada de Proyectos y Concesiones, Master del centro superior de arquitectura, Universidad SAN PABLO-CEU, Madrid-España, 2005.

3.1.2.2 Definición de plazos

En esta etapa de la planeación del proyecto se realiza un análisis de metas, objetivos y limitaciones del proyecto, así como de la secuencia de ejecución a nivel general. Esto permite definir los hitos básicos del proyecto, incorporando el proceso de obtención de licencias y permisos y el análisis de las necesidades y duración del proceso de diseño definitivo o de detalle y construcción.

Para el proceso de construcción es preciso realizar el análisis detallado de la secuencia constructiva y de logística de obra, llevando el proceso a un tercer nivel de planificación. Esta etapa debe contemplar la revisión de opciones de diseño, si fuese necesario, y la definición de hitos intermedios para el control efectivo de los trabajos. Esto implica la identificación de tareas detalladas para efectuar un programa detallado de ejecución y definición de red lógica entre actividades, las cuales puede organizarse en fases y/o elementos, según avance el proyecto.

3.1.3 Delegación de las obras

En el proceso de definición de los contratos para delegación de las obras es preciso buscar la minimización de los riesgos contractuales, así como el ahorro económico y la posible necesidad de flexibilidad a lo largo de la obra. En este proceso de delegación es necesario contar con la secuencia de ejecución de las obras del proyecto a nivel general, es decir, en un segundo nivel de planificación de plazos.

Al tener necesidad de hacer cambios durante las obras, es necesario no solo controlarlos, sino además detectar posibles desviaciones y recomendar acciones correctoras, lo cual debe ser acorde con los análisis de riesgos.

3.1.4 Ejecución de las obras

En el proceso de ejecución de las obras se evidencian los resultados de la planificación. Es importante hacer seguimiento con las herramientas antes desarrolladas en el plan de ejecución, con el fin de facilitar alcanzar el proyecto dentro de los tiempos y costos esperados, y con la calidad requerida.

Algunos de los aspectos más relevantes en el proceso de ejecución se relacionan con el estudio logístico detallado en función de los condicionantes, esto es, conocer las situaciones particulares que se puedan presentar a lo largo del proyecto y que puedan afectar su desarrollo. Esto permitirá hacer una planificación de detalle sobre el manejo de la obra.

El control y seguimiento de la obra debe abarcar desde la idoneidad de los métodos y sistemas constructivos, la ejecución material de los diversos oficios hasta las medidas de seguridad industrial. De igual manera debe haber una identificación de trabajos no aceptables y coordinación de su sustitución, frente al proceso final de pruebas, puesta en marcha y entrega.

3.2 Metodología para el análisis de riesgos

A continuación se presenta la metodología para el análisis de riesgos que se utilizará en la presente consultoría.

3.2.1 Principios del análisis de riesgos

El manejo de los riesgos en un proyecto pasa por las siguientes etapas principales:

- Identificación del riesgo (asociado al alcance, costo, calidad o tiempo)
- Cuantificación del daño
- Evaluación de la probabilidad
- Respuesta al riesgo

Siguiendo los lineamientos establecidos por el PMI en la guía PMBoK¹, la cuantificación del daño y la evaluación de la probabilidad se relacionan con la evaluación cualitativa y cuantitativa de los riesgos.

Una vez identificados los riesgos, la evaluación cualitativa busca determinar la importancia de cada uno de ellos, con base a un análisis donde a cada riesgo se le asigna una probabilidad de ocurrencia y un impacto en caso de ocurrir. Con esas dos variables se le asigna una categoría de riesgo a cada uno de ellos. Para ello se utiliza el criterio de experto y bases de datos de otros proyectos similares. A la probabilidad de ocurrencia se le puede asignar un número por categoría, yendo desde 100% probables (Altamente Probables) hasta 0% probables (Improbables), como se muestra en la Tabla 4. Por su parte, al impacto se le puede dar también una categoría dependiendo de la gravedad en caso de ocurrencia, según la clasificación que se observa en la Tabla 5. Al analizar la probabilidad y el impacto conjuntamente se pueden calificar los riesgos con miras a determinar a cuáles se les debe prestar mayor atención, lo cual se facilita construyendo una matriz como la que se muestra en la Tabla 6.

Tabla 4. Categorías de probabilidad de los riesgos

Categoría	Definición	Probabilidad de ocurrencia
AP	Altamente probable	86-100%
MP	Muy probable	71-85%
P	Probable	31-70%
PP	Poco Probable	16-30%
IP	Improbable	0-15%

Fuente: Guía PMBoK – Gestión de riesgos. PMI

¹ Project Management Body of Knowledge del Project Management Institute, guía ampliamente aceptada como estándar en la gestión de proyectos.

Tabla 5. Categorías de clasificación de los impactos

Impacto	Definición
C	Impacto crítico: fallas en el proyecto e incumplimiento de los requerimientos mínimos aceptables
S	Impacto serio: incremento severo en costos y el tiempo, los requerimientos secundarios probablemente no se alcancen.
Mo	Impacto moderado: incremento moderado en costos y tiempos, pero los requerimientos aun pueden lograrse.
Me	Impacto menor: causa incrementos bajos en costos y tiempos.

Fuente: Guía PMBoK – Gestión de riesgos. PMI

Tabla 6. Matriz de riesgos e impactos

Impacto/Prob.	AP	MP	P	PP	PI
C	Muy alto	Muy alto	Alto	Medio	Medio
S	Muy alto	Alto	Medio	Medio	Bajo
Mo	Alto	Medio	Medio	Bajo	Muy bajo
Me	Medio	Medio	Bajo	Muy bajo	Muy bajo

Fuente: Guía PMBoK – Gestión de riesgos. PMI

3.2.2 Metodología de simulación de Montecarlo

La técnica de análisis de riesgo es cada vez más utilizada para apoyar el proceso de toma de decisiones que involucran riesgo en condiciones de incertidumbre. Para ello, uno de los métodos utilizados es la simulación de Montecarlo. Consiste en asignar distribuciones de frecuencias a las variables del modelo que tienen riesgo, para posteriormente generar números aleatorios acordes a esas distribuciones “simulando” el comportamiento que se considera que tendrán en el futuro.

Los análisis de riesgo tradicionales se efectuaban con base en la generación de escenarios estáticos y unidimensionales, por ejemplo, un escenario pesimista, uno medio y uno optimista prediciendo solo un resultado al sensibilizar las variables. A través de la simulación de

Montecarlo es posible obtener no solo los puntos extremos sino todos aquellos escenarios intermedios.

El análisis de riesgo que se realiza con la simulación Montecarlo se basa en la creación de modelos de posibles resultados mediante la sustitución de valores según una distribución de probabilidad que se define para cualquier factor con incertidumbre inherente. Se calculan los resultados una y otra vez en un proceso iterativo, en cada oportunidad usando un grupo diferente de valores aleatorios de las funciones de probabilidad. Como resultado se producen distribuciones de valores de los resultados posibles.

La simulación Montecarlo tiene las ventajas que se mencionan a continuación:

- **Resultados probabilísticos:** Se muestra no sólo lo que puede suceder, sino lo probable que es un resultado.
- **Análisis de sensibilidad:** Se evidencia cuáles de las variables introducidas tienen mayor influencia sobre los resultados finales.
- **Análisis de escenarios:** Dado que es posible ver exactamente los valores que tiene cada variable cuando se producen ciertos resultados, se facilita profundizar en los análisis.
- **Correlación de variables de entrada:** Es posible modelar relaciones interdependientes entre diferentes variables de entrada. Esto es importante para averiguar con precisión la razón real por la que, cuando algunos factores suben, otros suben o bajan paralelamente.
- **Resultados gráficos:** Los datos que genera la simulación de Montecarlo permiten la creación de gráficos de diferentes resultados y las posibilidades de que sucedan.

El análisis de riesgo que se realiza con la simulación de Montecarlo puede ser cualitativo y cuantitativo. En los análisis cualitativos se incluyen evaluaciones intuitivas, mientras que en el cuantitativo se asignan valores numéricos a los riesgos, ya sea con datos empíricos o cuantificando evaluaciones cualitativas. En el caso del análisis objeto de esta consultoría se utilizarán análisis cuantitativos.

Mediante el uso de distribuciones de probabilidad se describe la incertidumbre en las variables de un análisis de riesgo. Las distribuciones de probabilidad más comunes son:

- *Normal* – O “curva de campana”. Se define la media o valor esperado y una desviación estándar para describir la variación con respecto a la media. Los valores intermedios cercanos a la media tienen mayor probabilidad de producirse.
- *Lognormal* – Los valores muestran una clara desviación, y no son simétricos como en la distribución normal. Se utiliza para representar valores que no bajan por debajo del cero, pero tienen un potencial positivo ilimitado.
- *Uniform* – Todos los valores tienen las mismas probabilidades de producirse, se deben definir el mínimo y el máximo.
- *Triangular* – Se definen los valores mínimo, más probable y máximo. Los valores situados alrededor del valor más probable tienen más probabilidades de producirse.

- *PERT* – Se definen los valores mínimo, más probable y máximo, como en la distribución triangular, sin embargo, los valores situados entre el más probable y los extremos tienen más probabilidades de producirse que en la distribución triangular.
- *Discrete* – El usuario define los valores específicos que pueden ocurrir y la probabilidad de cada uno.

Para valorar la probabilidad de Costos Adicionales en el proyecto de rehabilitación y construcción de la Autopista La Paz - El Alto, y su cuantía, se hará uso de esta metodología, cuya aplicación para el caso se describe en el capítulo 0.

4 IDENTIFICACION DE FACTORES DE COSTOS ADICIONALES DEL PROYECTO “REHABILITACION DE LA AUTOPISTA LA PAZ-EL ALTO”

Con el objeto de identificar la situación y problemática actual del sector de la construcción y rehabilitación de carreteras en Bolivia, y en especial del proyecto “REHABILITACION DE LA AUTOPISTA LA PAZ-EL ALTO”, se realizaron entrevistas a actores del sector público (funcionarios de La Administradora Boliviana de Carreteras – ABC, contratante de las obras), y funcionarios del Banco Interamericano de Desarrollo vinculados al Proyecto. Por otro lado, se analizó el ESTUDIO TÉCNICO, ECONÓMICO Y SOCIO AMBIENTAL (TESA) para la REHABILITACION DE LA AUTOPISTA LA PAZ-EL ALTO.

De las entrevistas y documentos analizados, se concluye lo siguiente:

1. Estudios Previos: Se cuenta con un buen nivel de diseños de detalle, llegando por tipo de obra a cálculo de cantidades de material y presupuesto con base en costos unitarios. Los estudios previos se realizaron en la vigencia 2011.
2. Se realizaron ensayos in-situ con esclerómetro para determinar la resistencia de las estructuras existentes.
3. Se evaluó la compatibilidad de las estructuras existentes con el nuevo dimensionamiento de la vía y su velocidad de diseño, diseñando y presupuestando las adecuaciones o intervenciones necesarias para garantizar una correcta funcionalidad bajo parámetros de seguridad vial.
4. De igual forma para la evaluación de la capacidad portante de los suelos y los parámetros de cohesión y ángulos de fricción de los suelos en lugares donde se ha considerado implementar o modificar las estructuras existentes se realizaron ensayos de corte directo, y el ensayos de penetración estándar (SPT), resultados con los cuales se realizó la valoración adecuada de las estructuras existentes.
5. Los entrevistados manifestaron que se cuenta con un buen nivel de detalle de estudios técnicos en aspectos geotécnicos e hidráulicos, sobre el particular se tienen identificadas áreas de riesgo y se proporcionan recomendaciones constructivas para su mitigación.
6. El reemplazo o relocalización de redes, al ser en esencia un proyecto de rehabilitación, no se considera un ítem relevante, en todo caso los costos que se presentes en este sentido estarán a cargo de las empresas públicas de servicios (por ejemplo, en el caso de reubicación de postes de iluminación, dicho costo lo asumirá la empresa ELECTROPAZ).
7. Se resalta la importancia en variación de costos de mercado de ítems como cemento, acero y mano de obra. La ABC realizó una actualización de costos a 2013, sobre la cual se trabajará.
8. Un factor de costos adicionales que se ha identificado en otros proyectos viales en el País, es el asociado al costo unitario y acarreo de agregados, por escasez de fuentes de aprovisionamiento de los mismos en el área de influencia del proyecto, cuestión que en este caso no aplica por que se ha identificado suficiente provisión de este tipo de material en lugares cercanos al área de influencia de la vía.
9. Se tienen identificados Pasarelas, Distribuidores y Viaductos, necesarios. Sin embargo se percibe que pueden incrementarse el número de pasarelas y paraderos por solicitud de la comunidad.

10. En lo referente a compra de predios, se ha identificado en la construcción de Distribuidores la afectación de 4 viviendas particulares y una infraestructura del Servicio Departamental de Caminos. Adicional a lo anterior, se percibe la necesidad de la compra parcial de un predio que colinda con el futuro distribuidor de Distribuidor SEDCAM (corrimiento de muro perimetral de una vivienda, sobre la cual se afectaría una zona no construida o patio).
11. Se identifica como factor de riesgo el incremento en el número de losas existentes que deben ser demolidas por su mal estado y reemplazadas por nuevas, incrementando la intervención en demolición, y construcción nueva de pavimento.
12. Por otro lado, se identifica un riesgo de mayores cantidades de obra (losa de pavimento de hormigón de cemento portland), que puede causarse por la alineación de la rasante en obra, ya que existe un deterioro en el nivel de la rasante debido a deformaciones en el acabado de la superficie de Rodadura, que se debe al uso prolongado de la vía en más de 30 años de servicio.

Con respecto a los préstamos para infraestructura, se emplea una modalidad de préstamo que abarca la financiación para un conjunto de obras, de manera tal que para posibles contingencias se realizan compensaciones entre las diferentes obras con el objeto de no afectar el monto total de los créditos, evitando préstamos suplementarios. En este orden, en caso de requerirse presupuesto adicional se suple con aporte directo del Gobierno de Bolivia.

Finalmente, se proyecta el inicio de obra para el segundo semestre de 2014, razón por lo cual se hace exigible una actualización de precios de 2013 a 2014.

En cuanto al Plazo de Obra, es importante mencionar la incidencia de la estrategia de obra en lo que respecta a plan de obra y manejo de tráfico, cuestión que puede alargar el plazo inicialmente estimado, con sus correspondientes costos adicionales, en especial mayores costos de mano de obra.

Con el objeto de complementar el análisis con experiencias observadas en otras obras viales, se presenta la siguiente información proporcionada por La Administradora Boliviana de Carreteras – ABC, sobre proyectos viales pertenecientes al Corredor Santa Cruz – Puerto Suarez:

Tabla 7. Información Histórica - Proyectos Viales Corredor Santa Cruz – Puerto Suarez

Proyecto	Presupuesto Inicial	Costo Real	Observaciones
El Tinto – San José Dos Tramos: <ul style="list-style-type: none"> • El Tinto – Puente Quimome (58.5% del costo inicial) • Puente Quimome – San Jose (41.5% del costo inicial) 	46.77 Millones de Euros	59.72 Millones de Euros	Costos Adicionales de 27.7% sobre lo inicialmente presupuestado. Se realizó una actualización de costos por variación de precios de mercado sobre el tramo El Tinto – Puente Quimome, se ajustaron tres años de variación en precios de construcción a razón de una tasa promedio anual de 5.64%. El ajuste

Proyecto	Presupuesto Inicial	Costo Real	Observaciones
<p>Longitud del Tramo: 82.00 km,</p> <p>Tiempo Aproximado de Ejecución de la Obra: 7 años. De 2006 a 2013</p>			<p>solo aplico sobre el mencionado tramo, y represento un 10.5% adicional sobre el costo total de la obra.</p> <p>Obras adicionales de Accesos a población, impacto de 7.1% con respecto al costo inicial de la obra.</p> <p>Mayores cantidades de obra por 9.4% sobre el valor total, en especial relacionado con transporte de material de acopios, y mayor material rocoso, así como geotextil en terraplenes.</p> <p>Un costo adicional equivalente a 0.7% sobre el total de obra por equipo adicional de pesaje.</p>
<p>San José – Taperas – Roboré</p> <p>Longitud del Tramo: 138.00 km,</p> <p>Tiempo Aproximado de Ejecución de la Obra: 3 años. De 2003 a 2006</p>	70.00 Millones de USD	76.99 Millones de USD	<p>Costos Adicionales de 10% sobre lo inicialmente presupuestado.</p> <p>En su mayoría atribuibles a mayores cantidades de obra, en especial subbase y pedraplén, y modificación en concepto estructural de 10 puentes.</p>
<p>Paraiso – El Tinto</p> <p>Longitud del Tramo: 125.00 km,</p> <p>Tiempo Aproximado de Ejecución de la Obra: 5 años. De 2006 a 2011</p>	57.49 Millones de USD	81.99 Millones de USD	<p>Costos Adicionales de 42.6% sobre lo inicialmente presupuestado.</p> <p>32.6% del incremento en costo, generado básicamente por: El incremento en el costo de Cemento Portland (se experimentó falta de abastecimiento por mayor demanda de mercado), acero, agregados, y costo de transporte de material; mayores costos de mano de obra, y diferencia cambiaria.</p> <p>Con el objeto de reestablecer la</p>

Proyecto	Presupuesto Inicial	Costo Real	Observaciones
			viabilidad económica del proyecto, se modificó el diseño estructural del pavimento sustituyendo la opción de pavimento rígido por pavimento flexible.
Roboré – El Carmen Longitud del Tramo: 140.00 km, Tiempo Aproximado de Ejecución de la Obra: 3 años. De 2006 a 2009	95 Millones de USD	95 Millones de USD	No se reportan Costos Adicionales.
El Carmen – Arroyo – Concepción Longitud del Tramo: 102.00 km, Tiempo Aproximado de Ejecución de la Obra: 3 años. De 2006 a 2009	75 Millones de USD	75 Millones de USD	No se reportan Costos Adicionales.

Fuente: Información proporcionada por La Administradora Boliviana de Carreteras – ABC

Complementando la información proporcionada por ABC, se anota que durante el periodo 2006 a 2011 el Boliviano experimentó una revaluación con respecto al USD de 15.5%; el cemento portland se incrementó en el mercado local en 22%, los agregados (grava y arena) tuvieron “picos de mercado” con incremento en el año 2009 superiores al 30%, y el costo del acero en 2008 tuvo incrementos superiores a 40% ².

En conclusión, se identifican los siguientes hechos originadores de costos adicionales:

1. Variación de precios de mercado de materias prima en el tiempo, los cuales se acentuaron en los proyectos reportados debido a la duración de los proyectos y la coyuntura internacional de incremento de costos de cemento y acero.
2. Mayores cantidades de obra, los cuales no superaron el 10%.
3. Obras adicionales no previstas o cambios conceptuales en diseño.

² Cálculos propios a partir de Información sustraída de la página web del Instituto Nacional de Estadística (del Estado Plurinacional de Bolivia), <http://www.ine.gob.bo/>.

5 ANÁLISIS Y CUANTIFICACION DEL RIESGO DE COSTOS ADICIONALES

5.1 Modelo conceptual

Una vez analizada la situación actual en lo referente a planeación, estudios de preinversión, contratación y ejecución de proyectos viales, se encuentra lo siguiente:

- Se cuenta con diseños previos con un buen nivel de detalle y evaluación adecuada en cuanto a resistencia y funcionalidad de estructuras existentes, así como un cálculo de cantidad de materiales y costos unitarios. Lo anterior presupone una buena aproximación al presupuesto real de obra, que según lo observado en la observación practica de ejecución de proyectos, conlleva a márgenes de error entre 10% y 5% en estimación de cantidades de obra y diseño (ver Ilustración 3. Evolución de las fases del proyecto y nivel de error de los costos).
- Se perciben riesgos de costos adicionales asociados principalmente a:
 1. Mayores Cantidades de Obra
 - Mayor longitud de vía en la cual deba reemplazarse totalmente el pavimento rígido existente.
 - Alineación de la rasante, lo cual implica mayores cantidades de obra en pavimento rígido.
 - Compra de Predio Distribuidor SEDCAM
 2. Obras Adicionales
 - Nuevas Pasarelas a solicitud de la comunidad, en especial por demolición y no reemplazo de existentes.
 3. Ajuste por variación en costos de mercado en el tiempo.
 4. Ampliación del plazo de construcción y mayor costo de mano de obra por manejo de tráfico y logística de frentes de trabajo.

En la siguiente tabla se enumeran, describen, y se califican de manera cualitativa en cuanto a probabilidad de ocurrencia e impacto:

Tabla 8. Riesgos a Evaluar y Calificación

RIESGO	DESCRIPCION	Probabilidad de Ocurrencia	Impacto de la Ocurrencia
Costos Unitarios	Se refiere a la variación existente entre los costos presupuestados, los adjudicados, y los reales de ejecución.	Poco Probable a Improbable	Impacto Menor. La administración publica en la medida que avanza en los procesos de contratación tiene acceso a información de costos de mercado ciertos.
Cantidades de	Mayores cantidades de obra a	Poco Probable a	Impacto Moderado

RIESGO	DESCRIPCION	Probabilidad de Ocurrencia	Impacto de la Ocurrencia
Obra	las previstas. Se desprende de deficiencias en estudios previos de detalle. Se cuenta con un buen nivel de detalle en estudios previos.	Probable	
Obras Adicionales NO Previstas	Obras No previstas, que en el momento de ejecución se encuentra necesario realizar, tales como: <ul style="list-style-type: none"> • Accesos • Retornos • Pasarelas • Obras de Manejo Pluvial Se cuenta con un buen nivel de detalle en estudios previos.	Poco Probable a Probable	Impacto Moderado
Variación en el tiempo de Costos Unitarios	Variación de Costos Unitarios en el tiempo, ya sea por fenómenos inflacionarios o dinámica propia de la oferta y demanda del mercado La obra se ejecutara en 2014 y se ha presupuestado con costos de mercado 2011	Altamente Probable	Impacto Menor a Moderado (y previsible en rangos de ocurrencia)
Riesgo Cambiario	En los casos en que la remuneración de la obra, y los costos de su ejecución, se realizan en divisas diferentes (USD vs Boliviano), la variación en tasa de cambio puede jugar a favor o en contra del equilibrio económico del contrato. Se percibe estabilidad en la tasa cambiaria.	Improbable a Poco Probable	Impacto Menor (Estado interviene en el control de tasa de cambio, y previsible en rangos de ocurrencia)
Retrasos en tiempos de ejecución de obra por motivos ajenos al contratista	En este tópico se tiene el paro de obra por mal clima, o logística de obra vinculada a planes de manejo de tráfico. Otros factores que pueden originar este tipo de retrasos son: retrasos en expedición de licencias, compra de predios.	Entre Probable y Poco Probable	Impacto Menor

Fuente: Elaboración Propia

Se advierte que en el análisis realizado, se ha considerado que riesgos de costos adicionales asociados a la expedición de licencias (ambientales y otras), no se presentaran, dado que es requisito por parte del BID que dichos procesos se ejecuten antes de la contratación de obra.

Ahora, se considera importante revisar el tema de la asignación de riesgos entre contratantes y contratista y mecanismos de mitigación, para lo cual se recomienda lo siguiente:

Tabla 9. Riesgos: Asignación y Mitigación

RIESGO	ASIGNACION DE RIESGO (sugerida)		OBSERVACIONES / MECANISMO DE MITIGACION (sugerido)
	ESTADO	PRIVADO	
Costos		X	Asumido completamente por el contratista, como conocedor del sector y negociador directo.
Cantidades de Obra		X	Asumido completamente por el contratista. Se sugiere proporcionar el tiempo suficiente para que los posibles oferentes evalúen el alcance de las obras a ejecutar, el estado de las obras a rehabilitar, y elaboren su oferta económica con base en lo anterior.
Obras Adicionales NO Previstas	X	X	Aquellas Obras Adicionales NO previstas, es claro que no están contempladas en el alcance del contrato inicial, y constituyen una adición al contrato, por lo que se sugiere fijar formulas específicas para su valoración en el contrato inicial, en caso de que se opte por adicionar directamente los contratos en lugar de abrir nuevos procesos licitatorios. Si las obras Adicionales son menores en impacto, tal es el caso específico de Pasarelas adicionales, se sugiere dejar un poco abierto el contrato, de tal forma que corresponda al contratista evaluar la necesidad de dichas obras en función de los requerimientos funcionales y problemática de movilidad de la comunidad que colinda con el proyecto.
Variación en el tiempo de Costos Unitarios	X	X	Como se ha visto en otros proyectos viales, esta ha sido una de las causas frecuentes de reclamación. Los costos de mercado varían con la ley de oferta

RIESGO	ASIGNACION DE RIESGO (sugerida)		OBSERVACIONES / MECANISMO DE MITIGACION (sugerido)
	ESTADO	PRIVADO	
			y demanda, es algo previsible en algunos rangos, pero no gestionable por el constructor. Se recomienda la existencia de una ecuación de ajuste pactada de antemano en el contrato.
Riesgo Cambiario		X	Lo asume completamente el contratista. La racionalidad económica indica que el contratista evaluara y cuantificará los riesgos asumidos, y reflejará su ejercicio, entre otros aspectos, en su oferta económica. Considerando que la relación de las divisas ha estado estable, se recomienda dejar dicho riesgo al Privado.
Retrasos en tiempos de ejecución de obra	X	X	Riesgo compartido. Si las causas son atribuibles a deficiencias en la gestión pública debe cubrirlas el Estado, de lo contrario el Privado debe preverlas y mitigar su impacto (tal es el caso de la injerencia de los planes de tráfico y logística de frentes de obra, sobre el tiempo de ejecución).

Fuente: Elaboración Propia

De manera independiente a la asignación de riesgos del contrato, se encuentra necesario en el ejercicio de estimación del presupuesto del proyecto, que se realice desde la perspectiva de la Administración Pública y el organismo financiador (BID), la evaluación de costos adicionales contingentes, para lo cual se tratarán los riesgos a analizar de la siguiente forma:

Tabla 10. Riesgos: Tratamiento en Modelación

RIESGO	TRATAMIENTO EN MODELACION
Ajuste en Precios desde presupuestación hasta Inicio de Obra	Se tomará un plazo base sobre el cual se aplicarán factores de ajuste en función de expectativas en la variación promedio de costos de los insumos de obra y variación en tasa cambiaria (Bolivianos/USD). Se evaluará la información histórica con el fin de determinar tendencias, correlaciones y volatilidad.
Retrasos en tiempos de ejecución de obra por motivos ajenos al contratista	
Variación en el tiempo de Costos Unitarios	
Riesgo Cambiario	
Costos de Obra	Se trabajará empleando en general distribuciones normales, con desviación estándar con respecto al valor medio entre 5% y 10%, según la complejidad de la obra o percepción de un mayor costo. Dicha aleatoriedad aplicará sobre el valor medio estimado por la ABC. Obras con desviación 10%: <ul style="list-style-type: none"> • Viaductos • Pasarelas • Embovedado • Canalización Río • Muros • Paraderos • Seguridad y Señalización Vial
Cantidades de Obra (casos especiales)	Se trabajará en los siguientes aspectos: <ul style="list-style-type: none"> • Mayor longitud de vía sobre la cual es necesario reponer completamente el pavimento existente. Para el caso se trabajará con una desviación sobre lo inicialmente estimado por ABC, con una distribución uniforme entre 5% y 30%, recalculando los siguientes ítems : DEMOLICIÓN PAVIMENTO EXISTENTE E=18CM, EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA P/RETIRO DE LOSAS EXISTENTES D=<300 M, CAMBIO DE MATERIAL P/AMPLIACION DE CARRILES Y LOSAS NUEVAS, SOBRECARGO PARA D >300 M, CAPA BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO PORTLAND 4%. • Mayor cantidad de LOSA DE PAVIMENTO DE HORMIGON DE CEMENTO PORTLAND, con el objeto de mantener el nivel de rasante considerando el actual deterioro en el nivel de la rasante debido a deformaciones en el acabado

	de la superficie de Rodadura. Se empleara una distribución uniforme para mayores cantidades de obra entre 0% y 7%,
Obras Adicionales NO Previstas	<p>Se trabajará en los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pasarelas Adicionales, se trabajara una distribución uniforme entre 0 y 2, y un costo promedio entre USD73,000 Y USD 90,000 POR UNIDAD. • Se asume compra de lote en distribuidor SEDCAM con un costo que presenta una distribución uniforme entre USD 50,000 Y USD 60,000.
Mayor Plazo de Ejecución por plan de Manejo de tráfico y logística de frentes de obra	<ul style="list-style-type: none"> • Sobre el efecto de mayor plazo de ejecución, se tiene que un incremento en tiempo de que sigue una distribución normal con media cero y desviación estándar de 25%, que aplica encareciendo el 40% del ítem mano de obra.

Fuente: Elaboración Propia

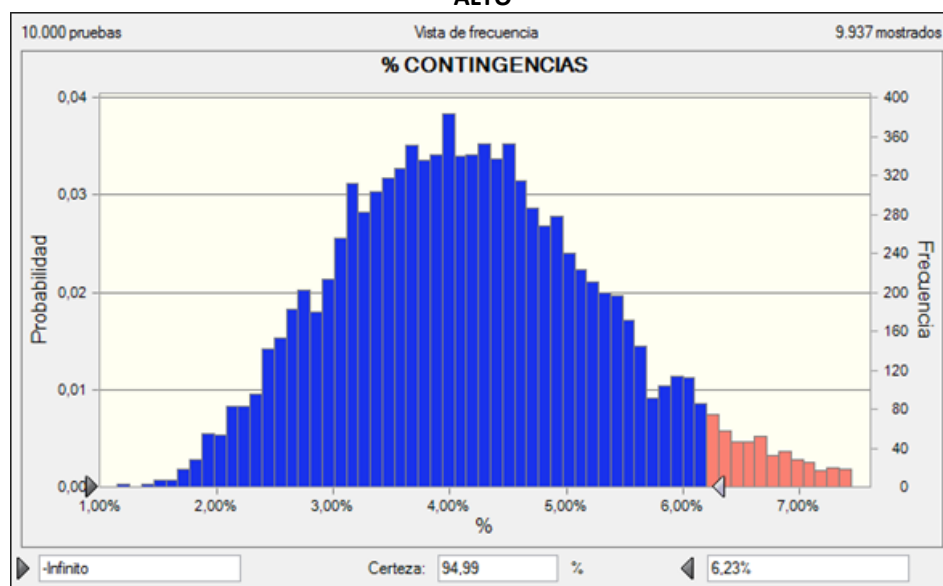
Para el análisis se empleó el Método de Montecarlo empleando una macro comercial y como plataforma de cálculo la hoja electrónica Microsoft EXCEL. Las variables probabilísticas corresponden a costos y cantidades que hacen parte de un modelo simplificado de costos de obra (Ver ANEXO 1 – VARIABLES ALEATORIAS), con base en los presupuestos hasta el momento oficiales suministrados por La ABC y actualizados a precios de 2013 (expresados en USD). Finalmente, se encontró la curva de distribución de probabilidad del porcentaje de costos adicionales sobre el valor base de la obra.

5.2 Resultados

A continuación se presenta la curva de distribución de probabilidad estimada para el porcentaje de costos adicionales por proyecto y total proyectos:

Inicialmente se presenta el porcentaje de costos adicionales estimado sin considerar el efecto de variación en el tiempo del costo de insumos de obra y riesgo cambiario, posteriormente se realiza un ajuste causado por los efectos mencionados.

Ilustración 4 ESTIMADO CONTINGENCIAS (%) - PROYECTO DE REHABILITACION LA AUTOPISTA LA PAZ-EL ALTO



Fuente: Elaboración Propia

Se tiene que para un nivel de certeza de 95% el porcentaje de contingencias a cubrir sobre el total del costo estimado inicial es de 6.23%.

En la siguiente tabla se presenta en un análisis incremental donde se reporta el efecto particular de cada factor de riesgo analizado

Tabla 11. Análisis Incremental por Ítem de Riesgo

ÍTEM SOBRE EL CUAL SE APLICA RIESGO DE COSTO ADICIONAL	% CONTINGENCIAS	CONTRIBUCION A % CONTINGENCIAS	PARTICIPACION PORCENTUAL SOBRE TOTAL	PARTICIPACION PORCENTUAL SIN CONTAR EFECTO GENERAL
GENERAL (DESV. ESTANDAR 5%)	3.45%	3.45%	55.4%	
COMPRES PREDIO SEDCAM	3.62%	0.17%	2.7%	6.1%
PLACAS A REEMPLAZAR	3.95%	0.33%	5.3%	11.9%
LOSA PAVIMENTO	4.45%	0.50%	8.0%	18.0%
VIADUCTOS	4.58%	0.13%	2.1%	4.7%
PASARELAS ACTUALES	4.68%	0.10%	1.6%	3.6%
PASARELAS ADICIONALES	4.98%	0.30%	4.8%	10.8%
EMBOBEDADO Y CANALIZACION RIO	5.03%	0.05%	0.8%	1.8%
MUROS	5.36%	0.33%	5.3%	11.9%
PARADEROS	5.39%	0.03%	0.5%	1.1%
SEÑALIZACION	5.48%	0.09%	1.4%	3.2%
MANEJO DE TRAFICO	6.23%	0.75%	12.0%	27.0%
TOTAL		6.23%	100.0%	100.0%

Fuente: Elaboración Propia

Lo que indica que de considerar un riesgo asociado a cada gran rubro de costo adicional, que sigue una distribución normal con desviación estándar de 5%, se tendría un riesgo contingente de 3.45% con nivel de cobertura de 95%; el cual se incrementa a 6.23% al considerar los riesgos específicos descritos en particular en el ANEXO 1 – VARIABLES ALEATORIAS y la Tabla 10. Riesgos: Tratamiento en Modelación, siendo los de mayor relevancia:

- Manejo de Trafico (contribuye en 27% al nivel de riesgo por encima del riesgo general)
- Mayor cantidad de material en Losa de Pavimento Rígido por irregularidades en la rasante actual (contribuye en 18% al nivel de riesgo por encima del riesgo general).
- Mayor cantidad de placas de pavimento rígido existentes que deben ser reemplazadas por problemas de rotura inducida por deficiencia de la base (contribuye en 11.9% al nivel de riesgo por encima del riesgo general)
- Mayor cantidad de material y diseño de refuerzo en muros para evitar problemas de deslizamientos (contribuye en 11.9% al nivel de riesgo por encima del riesgo general)
- Pasarelas Adicionales (2) que deben construirse en reemplazo de las demolidas por posible presión de la comunidad (contribuye en 10.8% al nivel de riesgo por encima del riesgo general)

Ahora, se anota que el factor hasta el momento calculado (de 6.23%) NO considera el riesgo de variación de costos y revaluación del Boliviano frente al USD. Para estimar el ajuste anual por variación el cual reconocería dicha variabilidad en el periodo jun/13 a jun/14, se realiza un análisis de Montecarlo empleando distribuciones uniformes entre valores mínimos y máximos que provienen del análisis de las series históricas del costo de mercado por ítem de obra (las series tienen como fuente el INE) y expectativas de mercado (Ver Fuente: Elaboración Propia, con base en presupuesto de construcción suministrado por ABC.

Notas:

- a. Las Distribuciones Normales asumen el valor medio igual a la estimación inicial de presupuesto y desviación estándar la reportada en la Tabla.
- b. Las Distribuciones Uniformes oscilan entre un valor mínimo igual al valor inicialmente estimado en presupuesto y un valor máximo superior en el porcentaje reportado en la Tabla.

Por otro lado, se han adicionado en el marco del análisis de riesgos, las siguientes variables:

1. Compra Predio Distribuidor SEDCAM:

De la visita a campo se observó la cercanía de un predio al distribuidor de SEDCAM y la alta probabilidad de su compra con el objeto de mantener una adecuada separación de los muros que lo rodean de la vía a construir. En este orden de ideas se asume la compra parcial de dicho predio en el distribuidor SEDCAM con una probabilidad de ocurrencia de 70% y un costo que presenta una distribución uniforme entre USD 50,000 Y USD 60,000

2. Losas Adicionales que deben ser reemplazadas:

En consideración a los problemas observados de rotura de placas existentes por filtración de agua y pérdida de material granular de la base de apoyo, se asume una desviación con respecto a la cantidad de obra inicialmente estimada del rubro "DEMOLICIÓN PAVIMENTO EXISTENTE E=18CM", que sigue una distribución uniforme entre 5% y 30%. Dicho cálculo a la vez afecta las cantidades de obra de los siguientes ítems:

- EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA P/RETIRO DE LOSAS EXISTENTES D=<300 M
- CAMBIO DE MATERIAL P/AMPLIACION DE CARRILES Y LOSAS NUEVAS
- SOBRECARGO PARA D >300 M
- CAPA BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO PORTLAND 4%

3. Pasarelas Adicionales (posible solicitud de la comunidad):

Dado que existen pasarelas que se van a demoler y no serán reemplazadas, se asume que por lo menos un máximo de dos de ellas deberán ser reemplazadas por nuevas por presión de la comunidad. En la modelación matemática se emplea para simular dicho evento una distribución uniforme entre 0 y 2, para determinar el número de pasarelas adicionales a las presupuestadas que deben ser construidas, con un valor que sigue una distribución uniforme entre USD 73,000 Y USD 90,000 por unidad.

4. Incidencia en costo adicional de mano de Obra por mayor plazo de construcción causado por diferentes esquemas de planes de manejo de tráfico y la logística de frentes de obra:

Sobre el efecto de mayor plazo de ejecución, se tiene que un incremento en tiempo de que sigue una distribución normal con media cero y desviación estándar de 25%, que aplica encareciendo el 40% del ítem mano de obra.

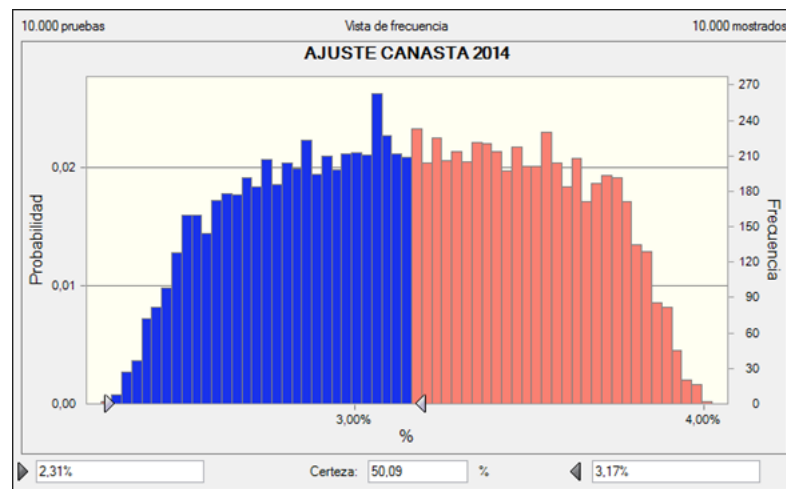
ANEXO 2 – ANALISIS SERIES HISTORICAS DE COSTOS Y SELECCIÓN DE RANGOS DE PROYECCIÓN) , se asume lo siguiente:

Tabla 12. Supuestos para Proyección Variación Canasta de Costos de Construcción 2014

ITEM	% SOBRE TOTAL	COEF. CORR. IPC.	CORRELAC AÑO ANTERIOR	VAR MIN ESPERADA	VAR MAX ESPERADA
MATERIALES					
NACIONAL	38.0%				
CEMENTO PORTLAND	20.6%	0.963	0.978	2.50%	3.00%
ACERO	1.6%	0.845	0.716	-3.00%	3.00%
GRAVA	6.2%	0.884	0.892	0.00%	3.00%
ARENA	3.0%	0.872	0.906	0.00%	3.00%
CAPA BASE	0.9%			0.25%	3.00%
OTROS	5.8%			4.30%	4.60%
IMPORTADO	22.7%				
CEMENTO ASFALTICO	3.0%		0.940	0.00%	6.00%
ACERO	9.8%			-3.00%	3.00%
ELECTRICOS	3.5%		0.800	3.00%	5.00%
OTROS	6.4%		0.985	2.00%	2.50%
SUBTOTAL MATERIALES	60.8%				
MANO DE OBRA	11.0%	0.934	0.987	5.00%	8.00%
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
MAQUINARIA IMPORTADA	7.6%		0.985	2.00%	2.50%
MAQUINARIA NACIONAL	0.2%		0.985	4.30%	4.60%
HERRAMIENTAS DEL TOTAL DE LA MANO DE OBRA	0.5%		0.985	4.30%	4.60%
SUBTOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	8.4%				
GASTOS GENERALES	8.0%		0.985	4.30%	4.60%
UTILIDAD	8.8%		0.985	4.30%	4.60%
IMPUESTOS	3.0%		0.985	4.30%	4.60%
TOTAL PROYECTO	100.0%				

Fuente: Elaboración Propia

- Para 2014 se estima un ajuste medio de 3.17%
- **Ilustración 5 Proyección Ajuste Canasta de Costos Construcción 2014**



Fuente: Elaboración Propia

- No se ha considerado efecto de devaluación ni reevaluación dada la estabilidad observada en la moneda local en ese sentido.
- Por otro lado, se sugiere el riesgo de variación en costos se cubra mediante el empleo de fórmulas contractuales que fije la Administración en los contratos, NO negociables, y que se basen en los indicadores de construcción calculados por el INE de Bolivia y los ponderadores presentados en la Tabla 12. Supuestos para Proyección Variación Canasta de Costos de Construcción 2014.
- El efecto combinado variación en costos y ajuste de precios lleva a una estimación de contingencias de 9.60% sobre el valor inicial de la construcción.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se encuentra un buen nivel de detalle en estudios previos y ensayos in-situ de estructuras existentes, lo cual mitiga el riesgo de obras adicionales.
- El método constructivo y la incertidumbre sobre estado de losas actuales en el momento de intervención activa un riesgo de costos adicionales.
- Se percibe la probabilidad de obras adicionales tipo Pasarelas.
- El porcentaje de contingencias sobre el riesgo de costos adicionales, riesgo de variación en costos unitarios, cantidad de insumos y obras adicionales se estima en el orden de **9,60%**, cubriendo en un 95% las posibles contingencias evaluadas.
- Por otro lado, se sugiere el riesgo de variación en costos y riesgo revaluación cubra mediante el empleo de fórmulas contractuales que fije la Administración en los contratos, NO negociables, y que se basen en los indicadores de construcción calculados por el INE y ponderadores que se ajustan al presupuesto inicial de obra.

ANEXO 1 – VARIABLES ALEATORIAS

A continuación se presenta el listado de rubros de presupuesto que fueron seleccionados como variables aleatorias en el análisis probabilístico bajo el Método de Montecarlo, sus valores medios, las curvas de distribución de probabilidad asignadas y sus características.

Tabla 13. Variables Aleatorias y Distribuciones de Probabilidad

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL	COSTO TOTAL	PESO %	DISTRIBUC	DES.V. ESTANDAR O VALOR MAX
1.	OBRAS PRELIMINARES								
1	DESBRUCE, DESTRONQUE Y LIMPIEZA	HA	4	787	3,345		0.0%	NORMAL	5%
2	DEMOLICIÓN PAVIMENTO EXISTENTE E=18CM	M2	36,388	6	231,426		0.8%	NORMAL	5%
3	REMOCIÓN DEFENSAS METÁLICAS (FLEXBEAMS)	ML	26,118	11	292,782		1.0%	NORMAL	5%
4	REMOCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO (INC. POSTE Y CABLEADO)	PZA	376	80	30,166		0.1%	NORMAL	5%
	SUBTOTAL OBRAS PRELIMINARES					557,719			
2.	MOVIMIENTO DE TIERRAS								
5	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA D<=300 M	M3	128,361	3	324,754		1.1%	NORMAL	5%
6	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA P/AMPLIACIÓN DE CARRILES D<=3	M3	134,808	3	341,063		1.2%	NORMAL	5%
7	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA P/RETIRO DE LOSAS EXISTENTES D<=3	M3	6,962	4	24,853		0.1%	NORMAL	5%
8	CONFORMACIÓN DE TERRAPLEN	M3	47,198	3	132,155		0.4%	NORMAL	5%
9	CAMBIO DE MATERIAL P/AMPLIACIÓN DE CARRILES Y LOSAS NUEVAS	M3	53,829	1	74,822		0.3%	NORMAL	5%
10	SOBREACARREO PARA D >300 M	M3K	227,563	0	70,545		0.2%	NORMAL	5%
3.	PAVIMENTACIÓN								
11	CAPA BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO PORTLAND 4%	M3	25,295	38	960,718		3.3%	UNIFORME	5%
12	RIEGO DE IMPRIMACIÓN (INCLUYE SUMINISTRO)	M2	132,526	1	190,838		0.6%	NORMAL	5%
13.1	RIEGO DE LIGA (INC. SUMINISTRO)	M2	153,280	1	173,207		0.6%	NORMAL	5%
13.2	CAPA DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE E=25MM (INC. SUMINISTRO)	M2	153,280	7	1,065,299		3.6%	UNIFORME	5%
14	LOSA DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN DE CEMENTO PORTLAND	M3	70,747	137	9,665,485		32.8%	UNIFORME	7%
15	JUNTA TRANSVERSAL C/ACERO P/PAVIMENTO E = 23 CM	ML	56,773	15	872,032		3.0%	NORMAL	5%
16	JUNTA TRANSVERSAL C/ACERO P/PAVIMENTO E = 30 CM	ML	50,367	25	1,250,610		4.2%	NORMAL	5%
17	JUNTA LONGITUDINAL C/ACERO P/PAVIMENTO	ML	146,242	9	1,254,756		4.3%	NORMAL	5%
18	SELLO LONGITUDINAL P/BORDES DE PAVIMENTO	ML	22,918	2	53,628		0.2%	NORMAL	5%
	SUBTOTAL PAVIMENTACIÓN					15,486,572			
4.1.	OBRAS GENERALES DE DRENAJE					336,663	1.1%	NORMAL	5%
4.2.	CUNETAS					425,828	1.4%	NORMAL	5%
4.3.	CUNETA DE CORDÓN DE ACERA					8,705	0.0%	NORMAL	5%
4.4.	BORDILLO - CUNETA					292,649	1.0%	NORMAL	5%
4.5.	ZANJAS DE CORONAMIENTO					220,573	0.7%	NORMAL	5%
4.6.	BAJANTES					25,887	0.1%	NORMAL	5%
4.7.	DISARENADORES					12,168	0.0%	NORMAL	5%
4.8.	CÁMARAS INTERCEPTORAS					81,993	0.3%	NORMAL	5%
4.9.	SISTEMA COLECTOR PLUVIAL					164,468	0.6%	NORMAL	5%
4.10.	CÁMARAS DE INSPECCIÓN					24,174	0.1%	NORMAL	5%
4.11.	ALCANTARILLAS					294,872	1.0%	NORMAL	5%
4.12.	SUBDREN					844,843	2.9%	NORMAL	5%
5.1.1.	VIADUCTO PROG. KM. 3+650					196,034	0.7%	NORMAL	10%
5.1.2.	VIADUCTO PROG. KM. 4+025					321,754	1.1%	NORMAL	10%
5.1.3.	VIADUCTO PROG. KM. 4+680					788,881	2.7%	NORMAL	10%
5.1.4.	VIADUCTO PROG. KM. 8+350					57,824	0.2%	NORMAL	10%
5.2.	REACONDIC. DE PASARELAS Y ESTRUCT. EXIST					935,443	3.2%	NORMAL	10%
6.1.	ACOMETIDA EN MT					2,719	0.0%	NORMAL	5%
6.2.	PUESTO DE TRANSFORMACIÓN					166,312	0.6%	NORMAL	5%
6.3.	ACOMETIDA EN BAJA TENSION					83,940	0.3%	NORMAL	5%
6.4.	TABLEROS ELÉCTRICOS					29,775	0.1%	NORMAL	5%
6.5.	TUBOS METÁLICOS Y DUCTOS					157,527	0.5%	NORMAL	5%
6.6.	CAJAS METÁLICAS					13,465	0.0%	NORMAL	5%
6.7.	MONOCONDUCTORES DE COBRE					744,500	2.5%	NORMAL	5%
6.8.	LUMINARIA DE ALUMBRADO PÚBLICO					447,689	1.5%	NORMAL	5%
6.9.	POSTES					180,449	0.6%	NORMAL	5%
6.10.	OBRAS CIVILES					98,828	0.3%	NORMAL	5%
6.11.	TIERRA CON UNA JABALINA					1,927	0.0%	NORMAL	5%
6.12.	VARIOS					19,656	0.1%	NORMAL	5%
7.1.1.	OBRAS GENERALES COMPLEMEN. DE DRENAJE					4,970	0.0%	NORMAL	5%
7.1.2.	EMBOBEDADO					312,321	1.1%	NORMAL	10%
7.1.3.	TUBERÍA DE ALTA PRESIÓN					62,241	0.2%	NORMAL	5%
7.1.4.	CANALIZACIÓN RÍO CHOQUEYAPU					17,713	0.1%	NORMAL	10%
7.2.	OBRAS COMPLEMENTARIAS - MUROS					2,336,112	7.9%	NORMAL	10%
7.3.	OBRAS COMPLEMENTARIAS - PARADEROS					297,196	1.0%	NORMAL	10%
7.4.	OBRAS COMPLEMENTARIAS - MIRADOR					130,351	0.4%	NORMAL	5%
7.5.	OBRAS HIDRAULICAS DE ARTE MENOR					97,027	0.3%	NORMAL	5%
8.	SEGURIDAD Y SEÑALIZACIÓN VIAL					1,169,903	4.0%	NORMAL	10%
9.	SERVICIO DE CAMPO PARA FISC. Y SUP.					496,744	1.7%	NORMAL	5%
10	COMPONENTE AMBIENTAL					467,669	1.6%	NORMAL	5%
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO					29,384,276	100.0%		

Fuente: Elaboración Propia, con base en presupuesto de construcción suministrado por ABC.

Notas:

- c. Las Distribuciones Normales asumen el valor medio igual a la estimación inicial de presupuesto y desviación estándar la reportada en la Tabla.
- d. Las Distribuciones Uniformes oscilan entre un valor mínimo igual al valor inicialmente estimado en presupuesto y un valor máximo superior en el porcentaje reportado en la Tabla.

Por otro lado, se han adicionado en el marco del análisis de riesgos, las siguientes variables:

5. Compra Predio Distribuidor SEDCAM:

De la visita a campo se observó la cercanía de un predio al distribuidor de SEDCAM y la alta probabilidad de su compra con el objeto de mantener una adecuada separación de los muros que lo rodean de la vía a construir. En este orden de ideas se asume la compra parcial de dicho predio en el distribuidor SEDCAM con una probabilidad de ocurrencia de 70% y un costo que presenta una distribución uniforme entre USD 50,000 Y USD 60,000

6. Losas Adicionales que deben ser reemplazadas:

En consideración a los problemas observados de rotura de placas existentes por filtración de agua y pérdida de material granular de la base de apoyo, se asume una desviación con respecto a la cantidad de obra inicialmente estimada del rubro “DEMOLICIÓN PAVIMENTO EXISTENTE E=18CM”, que sigue una distribución uniforme entre 5% y 30%. Dicho cálculo a la vez afecta las cantidades de obra de los siguientes ítems:

- EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA P/RETIRO DE LOSAS EXISTENTES D=<300 M
- CAMBIO DE MATERIAL P/AMPLIACIÓN DE CARRILES Y LOSAS NUEVAS
- SOBRECARGO PARA D >300 M
- CAPA BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO PORTLAND 4%

7. Pasarelas Adicionales (posible solicitud de la comunidad):

Dado que existen pasarelas que se van a demoler y no serán reemplazadas, se asume que por lo menos un máximo de dos de ellas deberán ser reemplazadas por nuevas por presión de la comunidad. En la modelación matemática se emplea para simular dicho evento una distribución uniforme entre 0 y 2, para determinar el número de pasarelas adicionales a las presupuestadas que deben ser construidas, con un valor que sigue una distribución uniforme entre USD 73,000 Y USD 90,000 por unidad.

8. Incidencia en costo adicional de mano de Obra por mayor plazo de construcción causado por diferentes esquemas de planes de manejo de tráfico y la logística de frentes de obra:

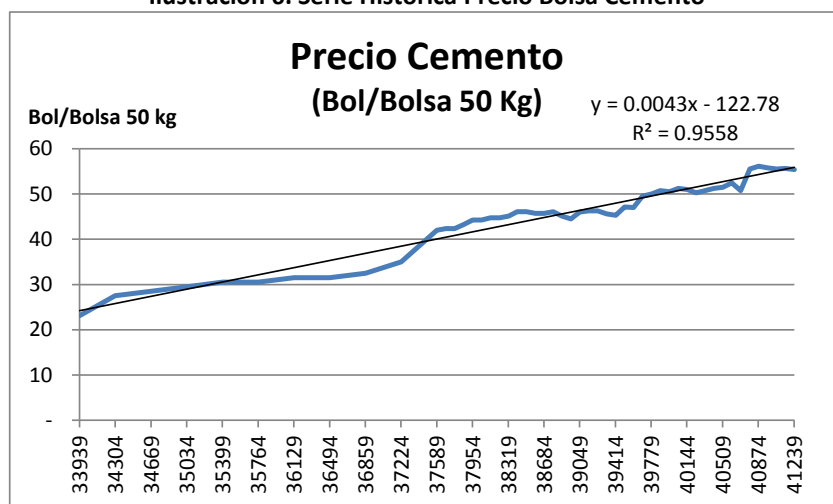
Sobre el efecto de mayor plazo de ejecución, se tiene que un incremento en tiempo de que sigue una distribución normal con media cero y desviación estándar de 25%, que aplica encareciendo el 40% del ítem mano de obra.

ANEXO 2 – ANALISIS SERIES HISTORICAS DE COSTOS Y SELECCIÓN DE RANGOS DE PROYECCIÓN

A continuación se presenta gráficamente las series históricas del costo de los principales insumos de construcción, elaboradas a partir de información reportada por el Instituto Nacional de Estadística de Bolivia (INE) en su página web (<http://www.ine.gob.bo/>). A partir de dichas series se establecieron correlaciones y se determinaron tendencias, para finalmente definir rangos de variación probables, sobre los cuales se adoptó una distribución uniforme para el ejercicio de simulación de Montecarlo.

Cemento

Ilustración 6. Serie Histórica Precio Bolsa Cemento



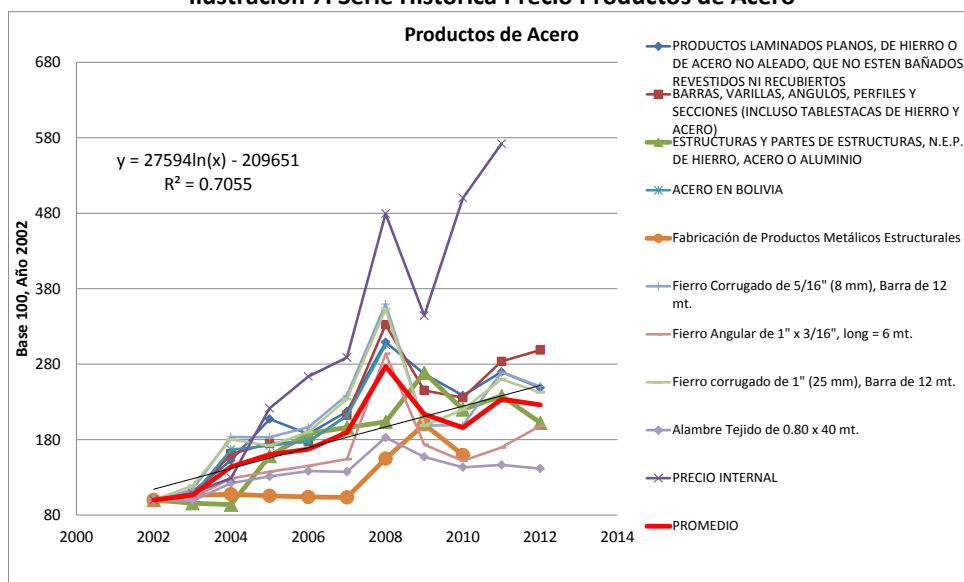
Fuente: Elaboración propia con base en información INE

Se observa un mercado concentrado en relativamente pocos productores, con una tendencia claramente lineal en el tiempo, esperando variaciones de acuerdo a la tendencia histórica para 2014 entre 2.5% y 3.0%. Se anota que para 2013 la Sociedad Boliviana de Cemento (Soboce) incremento el precio de la bolsa de cemento en 3.64% (http://www.la-razon.com/economia/Soboce-sube-precio-bolsa-cemento_0_1809419058.html).

De otra parte, la correlación encontrada entra las variaciones en inflación (IPC) y los costos de cemento es de 0.963

Acero

Ilustración 7. Serie Histórica Precio Productos de Acero



Fuente: Elaboración propia con base en información INE

Se observa un incremento considerable en el periodo 2008 por incremento en la demanda de Acero en el mercado mundial, con caída de precios en los 4 últimos años. La correlación lineal no es satisfactoria pero marca una tendencia. Se asumirán variaciones entre -3% y 3% considerando una condición de precios a la baja por un lado y la tendencia lineal encontrada por el otro.

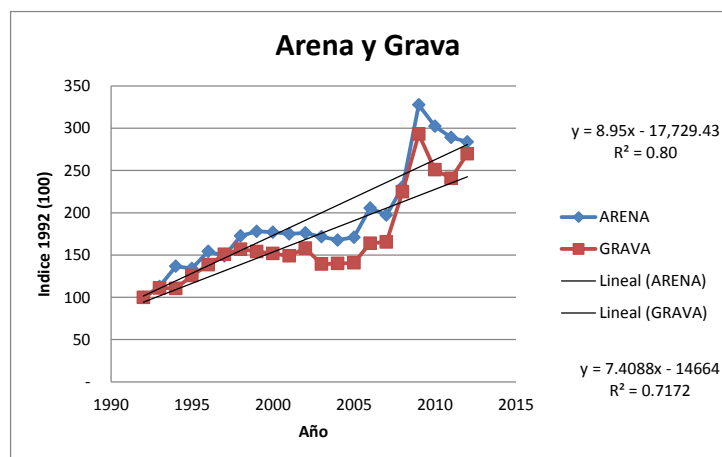
En cuanto al origen de las expectativas adoptadas a la baja, se cita lo siguiente (<http://www.bnamericas.com/news/metales/precios-de-mineral-de-hierro-y-acero-caeran-el-2013-pronostica-cochilco>):

- El precio del mineral de hierro caerá a un promedio de US\$120/t en el 2013 antes de volver a subir a US\$125/t en el 2014, de acuerdo con un estudio elaborado por la Comisión Chilena del Cobre
- En valor, el mineral de hierro se contrajo un 10% en el 2012 a causa de una serie de factores que generaron un superávit en el mercado, tales como una desaceleración de la economía china más grande que la prevista, la crisis financiera en Europa que disminuyó la demanda de productos y una mayor producción por la entrada en operación de diversos proyectos.
- El próximo año no será muy distinto y el mercado mundial permanecerá en superávit el 2014, de acuerdo con Cochilco.
- La demanda de China también seguirá siendo moderada, ya que apenas se incrementará un 2% en el 2013.
- En los últimos cinco años, China ha aumentado su consumo de mineral de hierro al pasar de una participación de 56,5% en el 2008 a 68,8% en octubre de este año, de acuerdo con el informe.

De otra parte, la correlación encontrada entre las variaciones en inflación (IPC) es de 0.845.

Agregados

Ilustración 8. Serie Histórica Precio Arena y Grava



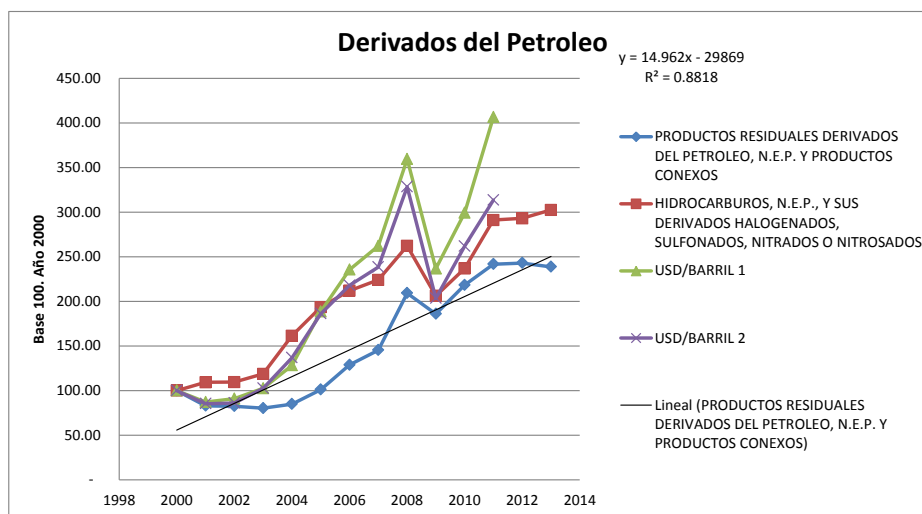
Fuente: Elaboración propia con base en información INE

Se observa un incremento considerable en el periodo 2008 a 2009, con caída de precios en los 3 últimos años. La correlación lineal no es satisfactoria pero marca una tendencia. Se asumirán variaciones entre 0% y 3% considerando una condición de precios estables por un lado y la tendencia lineal encontrada por el otro.

De otra parte, la correlación encontrada entra las variaciones en inflación (IPC) es de 0.884 para grava, y 0.872 para Arena.

Derivados de Petróleo (Asfalto)

Ilustración 9. Serie Histórica Precio Derivados del Petróleo

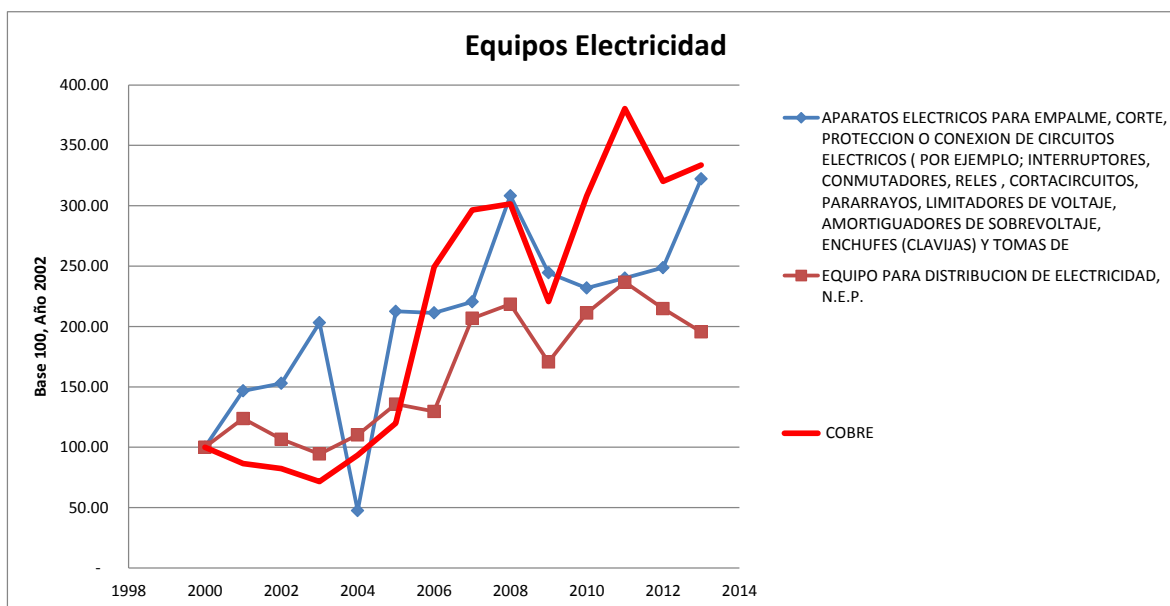


Fuente: Elaboración propia con base en información INE

Se observa en productos derivados del petróleo un periodo de relativa estabilidad de precios en los últimos 3 años, y una tasa media de crecimiento de 2006 a 2011 de 7.5%. En este orden de ideas se decide asumir variaciones entre 0% y 6% considerando una condición de precios estables por un lado y la tendencia lineal encontrada por el otro.

Equipos Eléctricos

Ilustración 10. Serie Histórica Precio Eléctricos y Cobre



Fuente: Elaboración propia con base en información INE

Se observa en EQUIPO PARA DISTRIBUCION DE ELECTRICIDAD, N.E.P. tasas de crecimiento medias entre 200 y 2013 de 5.29%, y entre 2009 y 2013 de 3.46%. Se opta por asumir variaciones anuales entre 3% y 5% para el ejercicio.

INFLACION Y SALARIOS

Con respecto a la inflación, el Fondo Monetario Internacional reporta que la inflación durante esta gestión bajará al 4,6% y en 2014 continuará cayendo, hasta el 4,3% (<http://www.economiabolivia.net/2013/04/17/el-fmi-recorta-su-pronostico-de-crecimiento-para-bolivia-en-2013-y-2014/>).

En cuanto al incremento en salarios se tiene que para 2013 el mínimo incremento para el sector privado estipulado por el Gobierno Nacional fue de 8%, por lo que se ha decidido variar para 2014 entre 5% y 8%.