ESTIMACIÓN DE SOBRECOSTOS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE INTEGRACION VIAL II - NICARAGUA

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL EXISTENTE EL COMEJÉN-WASLALA

PRESTAMO BID NI-L1097

Septiembre de 2016

**ING. LEONARDO VASQUEZ SAMACA A0013703/542565/11**

El presente documento fue elaborado por el Ing. Leonardo Vásquez Samacá, consultor contratado por el Banco Interamericano de Desarrollo en el marco de la preparación de la presente operación. Cualquier concepto vertido en este análisis es responsabilidad exclusiva del consultor y no refleja la posición oficial del BID

# Contenido

[1 Contenido 2](#_Toc461379985)

[1 Introducción y Antecedentes 5](#_Toc461379986)

[2 Objetivo y Alcance 6](#_Toc461379987)

[3 Metodología 7](#_Toc461379988)

[3.1 Etapas Metodológicas 7](#_Toc461379989)

[3.2 Metodología para el Análisis de Riesgos y Simulación de Montecarlo 9](#_Toc461379990)

[3.3 Rubros de Presupuesto Analizados 13](#_Toc461379991)

[3.4 Información Base 13](#_Toc461379992)

[4 Descripción del Proyecto 15](#_Toc461379993)

[5 Presupuesto del Proyecto 17](#_Toc461379994)

[6 Diagnóstico General de Costos 18](#_Toc461379995)

[6.1 Variación entre precios de referencia y precios ofertados en el proceso licitatorio 18](#_Toc461379996)

[6.2 Principales Insumos y su Incidencia en el Presupuesto de Referencia 20](#_Toc461379997)

[6.3 Variación de Precios de Mercado en el Tiempo 21](#_Toc461379998)

[6.4 Riesgo de Costos Adicionales 24](#_Toc461379999)

[7 Valoración del Riesgo de Costos Adicionales 30](#_Toc461380000)

[7.1 Valoración de variación entre precios de referencia y precios ofertados 37](#_Toc461380001)

[7.2 Valoración de Variación en Precios de Mercado en el Tiempo y Formula de Escalamiento 39](#_Toc461380002)

[7.3 Valoración de Riesgo de Costos Adicionales por Mayores Cantidades de Obra 43](#_Toc461380003)

[7.4 Cálculo del Total Contingente 44](#_Toc461380004)

[8 Conclusiones y Recomendaciones 44](#_Toc461380005)

[9 Lista de referencias 46](#_Toc461380006)

[ANEXOS - Series Históricas de Precios 47](#_Toc461380007)

**INDICE DE TABLAS**

[Tabla 1. Categorías de probabilidad de los riesgos 10](#_Toc461380008)

[Tabla 2. Categorías de clasificación de los impactos 10](#_Toc461380009)

[Tabla 3. Matriz de riesgos e impactos 11](#_Toc461380010)

[Tabla 4. Presupuesto mejoramiento del camino Pantasma-Wiwilí (US$ de 2015) 17](#_Toc461380011)

[Tabla 5. Presupuesto de Referencia vs Presupuesto Contractual Inicial (Oferta licitatoria) – Proyectos de Concreto Asfaltico 19](#_Toc461380012)

[Tabla 6. Insumos Básicos e Incidencias 20](#_Toc461380013)

[Tabla 7. Caracterización de la Variación Anual de Precios de Mercado de Insumos Básicos 21](#_Toc461380014)

[Tabla 8. Caracterización inflación y Devaluación en Nicaragua (2007-2015) 23](#_Toc461380015)

[Tabla 9. Caracterización de la Variación en Costos por Rubro con respecto al presupuesto inicial (en Córdobas) – Proyectos Viales 2007 a 2014 (MTI) 25](#_Toc461380016)

[Tabla 10. Matriz de Coeficientes de Correlación entre variaciones de costos de rubros de obra 29](#_Toc461380017)

[Tabla 11. Riesgos a Evaluar y Calificación 30](#_Toc461380018)

[Tabla 12. Riesgos: Asignación y Mitigación 32](#_Toc461380019)

[Tabla 13. Riesgos: Tratamiento en Modelación 34](#_Toc461380020)

[Tabla 14. Incidencia y Características Curvas de Distribución de Probabilidad de Ocurrencia - Riesgo Estimación de Precios de Referencia 37](#_Toc461380021)

[Tabla 15. Calculo de provisión por Escalamiento de Costos 40](#_Toc461380022)

[Tabla 16. Provisión por Escalamiento de Precios y Contingencias de Costos Adicionales 44](#_Toc461380023)

**INDICE DE ILUSTRACIONES**

[Ilustración 1 –Ubicación del Camino El Comején-Waslala 16](#_Toc461380024)

[Ilustración 3. Histórico Variaciones Ponderadas – Proyectos Viales - MTI 27](#_Toc461380025)

[Ilustración 4. Histórico Variaciones Absolutas – Proyectos Viales - MTI 28](#_Toc461380026)

[Ilustración 5. Curvas de Distribución de Probabilidad de Ocurrencia - Riesgo Variación Precios Ofertados vs Precios de Referencia. 38](#_Toc461380027)

[Ilustración 6. Variación Promedio Anual de Precios de Mercado en el Tiempo - Curva de Distribución de Probabilidad (50% de Cobertura) 39](#_Toc461380028)

[Ilustración 7. Curva de Factor de Escalamiento Calculado (Ejecución de proyecto: 2016-2019), en Cordobas ($C) 41](#_Toc461380029)

[Ilustración 8. Curva de Factor de Escalamiento Calculado (Ejecución de proyecto: 2016-2019), en Dólares (USD) 41](#_Toc461380030)

[Ilustración 9. Costos Adicionales por mayor Cantidad de Obra - Curva de Distribución de Probabilidad – Valor Promedio 43](#_Toc461380031)

[Ilustración 11. Variación Anual Precio de Materiales Asfalticos 47](#_Toc461380032)

[Ilustración 12. Variación Anual Precio de Cemento Portland 48](#_Toc461380033)

[Ilustración 13. Variación Anual Precio de Arena y Grava 49](#_Toc461380034)

[Ilustración 14. Variación Anual Precio de Acero 50](#_Toc461380035)

[Fuente: BCN Ilustración 15. Variación Anual Precio de Salarios 50](#_Toc461380036)

# Introducción y Antecedentes

En noviembre de 2015 fue aprobado el Programa de Integración Vial (NI-L1092) (3577/BL-NI) con el objetivo general del mejoramiento de las condiciones de transporte en zonas rurales con alta incidencia de pobreza y potencial productivo, para facilitar su integración económica y social con el resto del país. En 2016 el Gobierno de Nicaragua (GdN), a través del MTI, y el BID han acordado la preparación de la operación NI-L1097 manteniendo el enfoque de priorizar las intervenciones de mejoramiento vial en áreas rurales identificadas en su Plan Nacional de Desarrollo Humano por su mayor porcentaje de pobreza, dando continuidad a los criterios de elegibilidad de proyectos del NI-L1092, focalizando los criterios de selección de los tramos del programa en la Costa Caribe[[1]](#footnote-1), lo anterior bajo la modalidad de programa de obras múltiples. En este orden, el Gobierno de la República de Nicaragua ha decidido, como muestra representativa, implementar el proyecto de mejoramiento del camino rural existente El Comején-Waslala de una longitud de 30 km, que permite la integración de la RACCN con el departamento de Matagalpa y a la red vial nacional, beneficiando directamente a 16.462 habitantes, con un costo estimado de US$ 30 millones[[2]](#footnote-2).

En este marco, el presente documento contiene el análisis y cuantificación del riesgo de costos adicionales del proyecto de **MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL EXISTENTE EL COMEJÉN-WASLALA**, aspecto que se aborda desde tres perspectivas principales:

* *Variación de precios en el proceso licitatorio:* entendido como la variación entre Precios Unitarios de Referencia (empleados por el Ministerio de Transporte e Infraestructura –MTI- para establecer el presupuesto de referencia en el proceso licitatorio) y los precios unitarios ofertados por el proponente adjudicatario.
* *Riesgo de Costos Adicionales*: o riesgo de que el costo del proyecto se incremente por: i) mayores cantidades de obra; y ii) obras adicionales.
* *Variación de Precios de Mercado en el Tiempo:* o variación en el plazo de ejecución del proyecto de los precios de mercado de los insumos de obra.

# Objetivo y Alcance

El presente estudio tiene por objeto determinar con la mayor precisión, los posibles costos adicionales que se puedan presentar durante la implementación del “Programa de Integración Vial II” en Nicaragua, teniendo en cuenta el comportamiento histórico de las variables más representativas en un proyecto de construcción vial.

El Programa de Integración Vial II (NI-L1097) ha sido concebido bajo la modalidad de programa de obras múltiples con un período de desembolsos de cinco años. En este contexto se analizará como muestra representativa, en el presente estudio, el Proyecto **MEJORAMIENTO DEL CAMINO RURAL EXISTENTE EL COMEJÉN-WASLALA**, con el siguiente alcance:

1. Con base en información histórica de proyectos viales similares en Nicaragua, identificar los costos adicionales que se han tenido, los factores generadores de riesgo de los mismos, y su comportamiento estadístico.
2. Valorar la probabilidad de que se presenten costos adicionales durante la ejecución del proyecto y su cuantía, para lo cual se debe desarrollar un modelo matemático de costos y estimar la probabilidad de ocurrencia y cuantía de costos adicionales, así como efectuar un análisis de sus posibles causas.
3. Finalmente, se deben dar recomendaciones sobre la asignación de riesgos contractual, su cuantificación en proyectos futuros, y estrategias de prevención y mitigación.

# Metodología

## Etapas Metodológicas

Para el análisis objeto de estudio se adoptó la siguiente metodología:

1. **Levantamiento de Información**

Se realizaron entrevistas y levantamiento de información secundaria existente, con el propósito de:

* Relacionarse con las características del proyecto objeto de estudio y su presupuesto de referencia.
* Identificar aspectos clave de la problemática de costos adicionales en proyectos de infraestructura en Nicaragua.
* Obtener series históricas que permitan caracterizar cualitativa y cuantitativamente comportamientos de: variaciones entre presupuestos de referencia y presupuestos adjudicados; costos adicionales en proyectos viales ejecutados por el Ministerio de Transporte e infraestructura; variaciones en el tiempo de costos unitarios de insumos operacionales.

1. **Diagnostico**

Con la información secundaria obtenida se realizó un diagnóstico, abordando los tres aspectos principales de interés:

* **Variación de precios en el proceso licitatorio:** aspecto que se vincula a la variación entre los precios de referencia empleados por la entidad ejecutora (MTI) para la elaboración del presupuesto de referencia, y aquellos que se obtengan en la oferta licitatoria. La estimación de dicha variación parte de la comparación para diferentes proyectos, entre presupuestos de referencia y presupuestos de la oferta licitatoria que resultó adjudicataria. En esta comparación se establecen rangos de variación por rubro de presupuesto, cuestión que se empleará para la simulación de Montecarlo en la siguiente etapa.
* **Riesgo de Costos Adicionales**: o riesgo de que el costo del proyecto se incremente por: i) mayores cantidades de obra a las previstas en el diseño original; y ii) obras adicionales a solicitud de terceros o requerimientos del propietario. La base del análisis corresponde al acontecer histórico y concepto experto de consultores del BID en proyectos de infraestructura ejecutados en Nicaragua y funcionarios de MTI vinculados al seguimiento de la ejecución de proyectos similares al analizado.
  + En entrevistas con consultores y funcionarios del MTI, así como en documentos previos, se identificaron comportamientos asociados a la problemática de costos adicionales en proyectos viales.
  + Partiendo de información de proyectos viales ejecutados por el MTI se establecieron variaciones históricas para diferentes proyectos, entre los presupuestos iniciales contractuales y los presupuestos de finiquito, lo anterior por rubro de presupuesto. Las distribuciones de probabilidad encontradas para dichas variaciones se emplearon para la simulación de Montecarlo en la siguiente etapa.
* **Variación de Precios de Mercado en el Tiempo (Escalamiento)**: punto en el cual se cuantifica la escalabilidad de costos del proyecto en el tiempo, por la variación de tendencia histórica del precio de mercado de sus insumos principales (pueden ser positivas o negativas). Partiendo del presupuesto de referencia del proyecto Mejoramiento del Camino Rural Existente El Comején-Waslala y su desagregación por actividades, y estas a su vez detalladas en insumos, costos unitarios y cantidades de obra, se estableció una “canasta de costos de obra”, que comprende los principales insumos de obra (entre materiales, mano de obra, maquinaria y equipo), y su incidencia o participación porcentual en el costo total de obra.

Por otro lado, para cada uno de los principales insumos identificados anteriormente, se indagó sobre le evolución histórica del precio de mercado, con base en información de fuentes oficiales, y expectativas en el corto plazo, estableciendo tendencias y distribuciones de probabilidad de dichas tendencias, las cuales se emplearon para la simulación de Montecarlo en la siguiente etapa.

1. **Procesamiento y Análisis**

El procesamiento y análisis de la información, parte del diagnóstico realizado, y se enfoca a la obtención de:

* 1. La curva de distribución de probabilidad de la relación entre presupuesto de referencia y presupuesto adjudicado en el proceso licitatorio, lo que representa la probabilidad de obtener economías en el proceso de competencia por el proyecto que se surte en licitación.
  2. La curva de distribución de probabilidad de costos adicionales como porcentaje del valor del presupuesto de referencia, considerando las economías capturadas en el proceso licitatorio.
  3. Propuesta de una fórmula de escalamiento, y estimación de la provisión por este concepto, como porcentaje del presupuesto de referencia.

En análisis se apoyará en modelos matemáticos de costos y modelos probabilísticos de simulación empleando el Método de Montecarlo

Finalmente, se dan recomendaciones sobre la asignación de riesgos contractual, su cuantificación en proyectos futuros, y estrategias de prevención y mitigación.

## Metodología para el Análisis de Riesgos y Simulación de Montecarlo

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[[3]](#footnote-3) en la guía PMBoK[[4]](#footnote-4), 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 1. 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 2. 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 3.

Tabla 1. Categorías de probabilidad de los riesgos



Fuente: Guía PMBoK – Gestión de riesgos. PMI

Tabla 2. Categorías de clasificación de los impactos



Fuente: Guía PMBoK – Gestión de riesgos. PMI

**Tabla 3. Matriz de riesgos e impactos**



Fuente: Guía PMBoK – Gestión de riesgos. PMI

Paso siguiente, es la **evaluación cuantitativa** del riesgo, caso en el cual se cuantifica su probabilidad de ocurrencia con base en el acontecer histórico en proyectos similares al objeto de análisis, definiendo distribuciones de probabilidad; en cuanto a su impacto, se determina como el costo en el proyecto que su ocurrencia acarrea. Específicamente para el caso de análisis, el resultado se resume en una curva de distribución de probabilidad, que indica la probabilidad de ocurrencia de costos adicionales como porcentaje del costo de obra del proyecto, y cuya lectura se realiza en función del valor esperado o de un nivel de certeza o cobertura requerido, cuestión que indica impacto y probabilidad del mismo.

En este contexto, uno de los métodos más utilizados es la simulación de Montecarlo, que parte de un modelo matemático que simula la problemática objeto de análisis (en este caso un modelo de costos del proyecto), sobre el cual se asignan distribuciones de frecuencias a las variables del modelo que tienen riesgo (variables con riesgo de variación, como costos unitarios y cantidades de obra), para posteriormente generar números aleatorios acordes a esas distribuciones “simulando” la posible activación de riesgos en el futuro; por otro lado, se tiene una variable dependiente que mide el impacto de la activación de los diferentes riesgos, a la cual se le hace un seguimiento en el proceso de generación aleatoria de variables de riesgo, y al final de una serie de iteraciones, se obtiene una curva que relaciona impacto con probabilidad de ocurrencia del mismo (costos adicionales).

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.

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 instintivas, 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* – “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.
* *Uniforme* – 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.
* *Extremo Máximo y Extremo Mínimo* – Se definen los valores mínimo, más probable o 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.
* *Discreta* – El usuario define los valores específicos que pueden ocurrir y la probabilidad de cada uno.

## Rubros de Presupuesto Analizados

Los rubros de presupuesto sobre los cuales se realizó el análisis, son los siguientes:

1. Trabajos administrativos
2. Movimiento de tierra
3. Estructura de pavimento
4. Drenaje menor
5. Cajas y muros
6. Drenaje mayor (puentes)
7. Señalización horizontal y vertical
8. Misceláneos
9. Trabajos ambientales y sociales

## Información Base

Con respecto a la información obtenida en el levantamiento y que sirvió de base para el análisis contenido en el presente documento, se tiene

1. Perfil del Proyecto: Programa de Integración Vial II – NI-L1097, BID, Agosto de 2016, programa de obras múltiples con muestra representativa el proyecto: “Mejoramiento del Camino Rural Existente El Comején-Waslala”
2. Presupuesto del proyecto “Mejoramiento del Camino Rural Existente El Comején-Waslala” (30 km), Pavimento en Concreto Asfaltico en Caliente, Ministerio de Transporte e Infraestructura, Nicaragua, agosto de 2016.
3. Estudio “ESTIMACIÓN DE SOBRECOSTOS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE INTEGRACION VIAL - NICARAGUA // PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO PANTASMA-WIWILI // PRESTAMO BID NI-L1092”[[5]](#footnote-5); estudio reciente (2015) sobre estimación de sobrecostos en proyectos viales en Nicaragua, en el marco de ejecución del Programa de Integración Vial financiado por el BID. De este estudio se tomó la metodología de evaluación y la base de datos de proyectos de infraestructura con su respectivo análisis estadístico. Con respecto a la mencionada base de datos, se compone de:
   1. Estudios previos relacionados con Programa de Integración Vial y el proyecto objeto de análisis:
      1. Propuesta para el Ajuste de Precios en Contratos de Obra, Consultor: Alcides Moreno Arréllaga; BID; Nicaragua, diciembre de 2012.
      2. Análisis de Capacidad Institucional y Otros Aspectos de Implementación, Proyecto de Integración Vial – Nicaragua - NI-L1092, Consultor: Alcides Moreno Arréllaga; BID; Nicaragua, Mayo de 2015.
   2. Entrevistas a consultores del BID con experiencia en la ejecución de proyectos de infraestructura en Nicaragua, y con funcionarios del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI):
4. Consultores: Ing. Alcides Moreno Arréllaga, Ing. Felix Talavera, Ing. Fabrizzio Morales.
5. Funcionarios del MTI: Ing. Mauricio Aguilar (Jefe del Programa BID), Ing. Ricardo Mendoza (Director de Planificación), Ing. Jenifer Villanueva.
6. Discusiones y revisiones con el Especialista de Transporte del BID Alfonso Salazar (Jefe de equipo de esta operación)
   1. Información histórica de proyectos viales ejecutados por el MTI (años de 2007 a 2014), la cual abarca:
7. Información de presupuestos de referencia y presupuestos ofertados (se obtuvo información de ocho (8) proyectos viales: 5 proyectos de concreto asfaltico, 3 proyectos de concreto hidráulico).
8. Información de presupuestos contractuales iniciales y presupuesto de finiquito (se obtuvo y empleo información de 24 proyectos viales: 9 de adoquín, 11 de asfalto, 4 de concreto hidráulico)
9. Series históricas de costos unitarios de insumos operacionales (cemento portland, arena, grava, gasolina, diésel, mezcla asfáltica, mano de obra).
10. Información de variación en el tiempo de costos de insumos (cemento portland, arena, grava, gasolina, diésel, mezcla asfáltica, mano de obra), en las bases de datos del Banco Central de Nicaragua[[6]](#footnote-6).
11. Expectativas de precios en el corto plazo de los combustibles, provenientes de la agencia: U.S. Energy Informatión Administration[[7]](#footnote-7).
12. Notas de prensa sobre expectativas de precios de mercado de insumos de construcción.

# Descripción del Proyecto[[8]](#footnote-8)

El proyecto Mejoramiento del Camino Rural Existente El Comején-Waslala tiene como objetivo incrementar la accesibilidad física de zonas rurales de Nicaragua con alta incidencia de pobreza, mediante la mejora de su infraestructura vial, facilitando la integración de zonas productivas a áreas de consumo y de la población a servicios públicos, económicos y sociales. Los objetivos específicos del programa son[[9]](#footnote-9):

1. Sociales y económicos: generar conexiones de integración que contribuyan a la reducción de la pobreza y a la mejora del potencial productivo.
2. Operativos: reducción de costos de operación vehicular y tiempos de viaje, así como la reducción de días de tránsito interrumpido

El camino rural existente El Comején-Waslala tiene una longitud de 30 km, y permite la integración de la Región Autónoma Costa Caribe Norte (RACCN) con el departamento de Matagalpa y a la red vial nacional, beneficiando directamente a 16.462 habitantes. En la actualidad la vía desde Managua hasta El Comején está pavimentada.

“Este camino corresponde a la red vial básica y está clasificado funcionalmente como colectora secundaria. Se localiza en una zona que pasa de ondulada a montañosa presenta algunas pendientes que superan el 15%. La sección del derecho de vía está limitada con cerca y postes, con anchos entre 12,5 a 24 metros. El camino contempla algunos accidentes geológicos, presenta socavación y desprendimiento de hombros por falta de buen funcionamiento del drenaje longitudinal, transversal y bajante en varios sectores. La superficie actual de rodamiento está compuesta por revestimiento de grava granular, la cual se encuentra muy deteriorada, los daños más visibles son los baches,huellas en formas de surcos y erosiones de talud”[[10]](#footnote-10) (ver localización en Ilustración 1).

Ilustración 1 –Ubicación del Camino El Comején-Waslala



Fuente: Perfil del Proyecto: Programa de Integración Vial II – NI-L1097, BID, Agosto de 2016.

La obra en general, consiste en la ejecución de obras preliminares, movimientos de tierras, pavimentación, obras de drenaje, obras complementarias, mitigación ambiental, señalización y seguridad vial. En cuanto a la pavimentación, se empleará el método de “Concreto Asfaltico en Caliente” (carpeta de 7 centímetros de espesor), el cual consiste en aplicar una o dos capas de mezcla bituminosa en caliente a la combinación de áridos (agregados granular pétreo) y un ligante bituminoso; sobre una capa base de la superficie de rodadura.

# Presupuesto del Proyecto

En este numeral se presenta el presupuesto del proyecto “Mejoramiento del Camino Rural Existente El Comején-Waslala” actualizado en agosto de 2016, basado en una solución en pavimento de concreto asfaltico en caliente (e= 7 cms), el cual fue proporcionado por el BID, información proveniente del Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua (MTI) a un nivel de detalle de actividades y costos unitarios, lo que permite establecer los principales insumos básicos del proyecto (materiales, mano de obra y equipos) y su incidencia en el costo total del proyecto.

Tabla 4. Presupuesto mejoramiento del camino Pantasma-Wiwilí (US$ de 2015)



Fuente: MTI

El proyecto tiene un costo de US$ 30,8 millones de dólares, lo que incluye el valor de obra, administración, utilidades, impuestos indirectos, una provisión de escalamiento de 1% sobre costo de obra, y el impuesto al valor agregado de 15%. Las actividades de mayor participación en el costo de obra son: Movimiento de Tierras (17,3%), Pavimentación (24,9%), Drenaje Menor Longitudinal (9,9%), y Drenaje Mayor (22,6%) (Ver Tabla 4). El costo de obra es del orden de US$ 0,87 millones/kilometro con puentes, y US$ 0,67 millones/kilometro sin puentes.

Se estima un plazo de ejecución del proyecto del orden de 3 años iniciando en el primer semestre de 2018, los cuales contemplan contingencia de paro de obra por periodo de lluvias.

# Diagnóstico General de Costos

En este numeral se presenta el diagnóstico de costos encaminado a la identificación y cuantificación de costos adicionales, desarrollando los siguientes aspectos:

1. Variación entre precios de referencia y precios ofertados en el proceso licitatorio
2. Principales insumos y su incidencia en el presupuesto de referencia
3. Variación de precios de mercado en el tiempo
4. Riesgo de costos adicionales

## Variación entre precios de referencia y precios ofertados en el proceso licitatorio

En este punto se evalúa la variación que históricamente se ha presentado entre el presupuesto de referencia empleado por la entidad ejecutora para establecer el precio de referencia del proyecto, y los precios de referencia ofertados por los proponentes, en especial aquellos ofertados por el proponente adjudicatario, estos últimos se convierten en la base contractual para remunerar las diferentes actividades, incluyendo aquellas en las cuales se presenta en ejecución del proyecto mayores cantidades de obra. Por lo general, en este aspecto se logran economías, dada la competencia que se surte en el proceso licitatorio.

El análisis se llevó acabo por grandes rubros sobre una muestra de cinco (5) proyectos de pavimento de concreto asfaltico de los cuales se obtuvo información del presupuesto de referencia y el presupuesto contractual inicial, en la siguiente tabla se presentan las variaciones observadas entre el presupuesto de referencia y el presupuesto:

Tabla 5. Presupuesto de Referencia vs Presupuesto Contractual Inicial (Oferta licitatoria) – Proyectos de Concreto Asfaltico



Fuente: Elaboración propia con base en información MTI

Los proyectos analizados presentan variaciones entre rubros que van desde -100% hasta 92%, siendo el rubro de administración el que presenta mayores variaciones negativas, y el rubro de señalización el que presenta mayores variaciones positivas. En cuanto al costo ofertado total, este presenta un rango de variación con respecto al presupuesto de referencia entre -16% a -8%.

De otra parte se tuvo información de proyectos de tres (3) proyectos de concreto hidráulico (Nejapa - Empalme Puerto Sandino, Circunvalación Masaya, y Rio Blanco –Mulukuku), en los cuales se observa un rango de variaciones entre el presupuesto ofertado y el presupuesto de referencia, de -2,6% a 7,5% (Circunvalación Masaya). Es decir que entre ocho (8) proyectos analizados, se tiene un rango de variación entre el presupuesto ofertado y el de referencia entre -16% a 7,5%, presentándose variaciones positivas en tan solo 1 de los 8 proyectos analizados.

## Principales Insumos y su Incidencia en el Presupuesto de Referencia

Como se mencionó anteriormente, el presupuesto del proyecto “Mejoramiento del Camino Rural Existente El Comején-Waslala” proporcionado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua (MTI) se encuentra a un nivel de detalle de actividades y costos unitarios por insumo básico (materiales, mano de obra y equipos), lo que permite establecer su incidencia en el costo total del proyecto. Dicha identificación de insumos básicos y cuantificación de su incidencia, conlleva a la formulación de la “ecuación de escalamiento”, la cual se emplea para proyectar la variación del costo del proyecto en el plazo de ejecución de su construcción, motivada por la variación en el tiempo de los precios de mercado de los insumos básicos. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 6. Insumos Básicos e Incidencias



Fuente: Elaboración propia con base en presupuesto del proyecto (2016) proporcionado por MTI

Se observa que los materiales de mayor incidencia son Cemento Asfaltico (8,3%), Cemento Portland (11,5%), y grava (12,3%); en total la incidencia del costo de los materiales asciende a 32% sobre el costo total de obra. Por otro lado, la mano de obra calificada y no calificada tiene una incidencia de 17,7%, y los Equipos, Maquinaria y Herramientas tienen una incidencia de 31,2% en el costo total de obra. Con respecto a Equipos, Maquinaria y Herramientas, se tiene que el 48% del costo está asociado al costo de los combustibles y lubricantes, y el 52% a costos fijos y de capital.

## Variación de Precios de Mercado en el Tiempo

Con respecto a la variación en el tiempo de precios de mercado de los insumos básicos, se recurre a la base de datos de series históricas del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) y del Banco Central de Nicaragua (BCN), obteniéndose la siguiente caracterización de las variaciones anuales, con base en series históricas de su comportamiento en los últimos cinco (5) años (Ver Anexo Series Históricas de Precios):

Tabla 7. Caracterización de la Variación Anual de Precios de Mercado de Insumos Básicos



Fuente: Elaboración propia con base en información histórica MTI y BCN

Dicha caracterización permite proyectar escenarios futuros, en especial en el plazo de ejecución de la construcción del proyecto, permitiendo estimar efectos en costo por escalamiento de precios de mercado.

Se anota que las variaciones proyectadas son en moneda local (Córdobas C$) y por lo tanto para estimar la variación en dólares debe ajustarse por el efecto de devaluación.

Para la definición de las variaciones mínimas y máximas por año (2016 a 2020), se tuvieron las siguientes consideraciones:

* Cemento Asfaltico: La variación en precio se iguala a la modelada para el precio del Diesel.
* Cemento Portland: según serie histórica de precios provista por el MTI
* Arena y Grava: según serie histórica de precios provista por el MTI.
* Acero: Se ha considerado que actualmente la sobreproducción de acero proveniente de China ha inundado los mercados internacionales, y deprimido el precio del producto[[11]](#footnote-11) (China produce la misma cantidad de acero que el resto del mundo[[12]](#footnote-12)). En este marco del mercado internacional, se opta en la proyección de precio 2017-2019, por mantener el precio internacional del acero sin variación, aplicando al precio interno la variación por devaluación.
* Señalización y Otros: su variación se iguala a lo modelado para inflación interna
* EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS - costo de capital, mantenimiento y otros: su variación se iguala a lo modelado para inflación interna
* Mano de obra: según serie histórica fuente Banco Central de Nicaragua, se emplea un spread sobre inflación proyectada.
* Equipos, componente combustible: Se tomarán las proyecciones de variación del precio de combustibles (Diesel) de la EIA en dólares nominales[[13]](#footnote-13) a lo cual se le superpone la variación en devaluación para obtener la variación en moneda local (Córdobas C$), la proyección presenta las siguientes particularidades:
  + Si bien en 2016 se espera una reducción en el precio del petróleo y sus derivados de 18%(-), dicha reducción no se ha transferido al precio local, lo anterior a causa de que el precio local se ha incrementado en lo corrido del año (septiembre/2016) en 16%[[14]](#footnote-14), y se encuentra 39% por debajo del precio promedio internacional[[15]](#footnote-15).
  + Para el año 2017 la EIA proyecta un incremento nominal en dólares de 16,3% a lo que debe sobreponérsele el efecto devaluación.
  + Para el año 2018 la EIA proyecta un incremento nominal en dólares de 11,4% a lo que debe sobreponérsele el efecto devaluación.
  + Para el año 2019 la EIA proyecta un incremento nominal en dólares de 14,1% a lo que debe sobreponérsele el efecto devaluación.
  + Para el año 2020 la EIA proyecta un incremento nominal en dólares de 6,6% a lo que debe sobreponérsele el efecto devaluación.
  + El promedio de incremento anual en Nicaragua entre 1998 y 2014 fue de 7,04%[[16]](#footnote-16)
  + Bajo estas consideraciones, se opta por un rango de variación anual entre 2016 y 2020 entre 7% y 16%.
* Equipos, componente capital, mano de obra, otros: Su variación en precio se iguala a lo modelado para inflación interna.
* Otros: La variación en el precio de “otros” componentes se iguala a la proyección de inflación interna.

La información histórica y de expectativas se presenta en el ANEXO: Series Históricas de Precios.

Con respecto a la inflación y devaluación de Nicaragua, variables importantes en el escalamiento de costos fijos y relación del presupuesto en moneda local y dólares americanos, se tiene la siguiente caracterización:

Tabla 8. Caracterización inflación y Devaluación en Nicaragua (2007-2015)



Fuente: Elaboración propia con base en información histórica BCN

Se observa lo siguiente:

* La devaluación en Nicaragua se ajusta a una política de deslizamiento monetario anual definida por el Banco Central de Nicaragua (BCN). Desde el año 2004 se fijó en una tasa de devaluación anual del Cordoba ($C) frente al dólar (USD) de 5% anual, la cual se mantiene hasta la actualidad.
* La Inflación interna nacional promedio de los últimos 5 años es del orden de 6,5% anual

## Riesgo de Costos Adicionales

De los documentos y bases de datos analizadas, se concluye lo siguiente:

1. Existencia de costos adicionales en ejecución generados en especial por deficiencias en los diseños, motivadas por carencias o ausencia de estudios de campo en etapa de preinversión.
2. Se observa problemas en estimación y calificación en la funcionalidad de los bancos de préstamo de materiales.
3. Por lo general el impacto en costos adicionales generado por ajustes en diseños, mayores movimientos de tierra, costo de consecución y acarreo de materiales, y drenajes, se ha corregido mediante optimización en diseño, y especificación de los proyectos. Labor en la cual se destaca la gestión en ejecución de obra, enfocada al control de costos y optimización de diseños, apoyada por el asesor técnico contratado por MTI para dicho fin, entre otros.
4. No se presenta especulación de precios por poca provisión de materiales.
5. No es frecuente que la comunidad solicite obras adicionales en ejecución, por lo general esto se concilia en etapa de prinversión.

En conclusión, los riesgos de costos adicionales inherentes al proyecto se asocian básicamente a mayores cantidades de obra en rubros como movimiento de tierras, y drenajes, los cuales por lo general son compensados en ejecución por optimización en diseños y especificaciones. En este orden de ideas, se procede a analizar la variación histórica por rubro entre el presupuesto inicial contractual y el finiquito, para los diferentes proyectos ejecutados por MTI en los que se cuenta con información, de igual forma resulta importante establecer la correlación entre dichas variaciones, con el propósito de demostrar y simular la dinámica de compensación entre rubros que se manifiesta en las entrevistas y documentos previos

A continuación se caracteriza la variación de rubros con respecto al presupuesto inicial contractual, anotando que variaciones positivas indican costos adicionales por mayores cantidades de obra, y variaciones negativas disminución en el presupuesto inicial, en esencia por optimización en diseños y especificaciones[[17]](#footnote-17):

Tabla 9. Caracterización de la Variación en Costos por Rubro con respecto al presupuesto inicial (en Córdobas) – Proyectos Viales 2007 a 2014 (MTI)

| **RUBRO** | **MIN** | **MAX** | **PROMEDIO** | **DESV. ESTANDAR** | **DISTRIBUCION DATOS HISTORICOS** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| COSTOS FIJOS Y ADMINISTRATIVOS | -76,3% | 94,1% | -4,6% | 39,2% | Logística  Media: -0,04  Escala: 0,21 |
| OBRAS EN LA VÍA Y REMOCION DE TIERRAS | -35,7% | 233,0% | 61,6% | 81,7% | Logarítmico – normal  Ubicación: 0,74  Media: 0,77  Desv. Estandar: 0,90 |
| ESTRUCTURA DE PAVIMENTO | -8,2% | 17,1% | -1,1% | 6,9% | Extremo Mínimo  Más Probable: 0,02  Escala: 0,09 |
| OBRAS DE DRENAJE MENOR | -100,0% | 493,8% | 30,2% | 154,6% | Logarítmico – normal  Ubicación: -1,40  Media: 0,65  Desv. Estandar: 1,37 |
| OBRAS DE DRENAJE MAYOR | -55,6% | 298,2% | -3,8% | 84,4% | Logarítmico – normal  Ubicación: -0,72  Media: 0,12  Desv. Estandar: 0,59 |
| SEÑALIZACION VIAL | -43,2% | 125,3% | -8,2% | 36,8% | Extremo Máximo  Más Probable: -0,10  Escala: 0,25 |
| MONITOREO AMBIENTAL | -82,4% | 64,2% | -8,3% | 31,6% | Logística  Media: -0,07  Escala: 0,16 |
| OBRAS COMPLEMENTARIAS | -100,0% | 64,1% | -18,6% | 43,0% | Logística  Media: -0,17  Escala: 0,23 |
| **VARIACION TOTAL** | -3,0% | 35,1% | 7,3% | 9,6% | Variable a Monitorear, función de la variación por rubro y su incidencia en el costo total de obra. |

Fuente: Elaboración propia con base en información histórica provista por MTI

Se observa que las mayores variaciones positivas con respecto al presupuesto inicial se tiene en los rubros de: “Obras en la vía y remocion de tierras” y “Obras de drenaje menor”; los rubros con mayores variaciones negativas son: “Obras Complementarias”, “Monitoreo Ambiental” y “Señalización Vial”; por otro lado, los rubros de menor variación con respecto al presupuesto inicial son “estructura de pavimento” y “obras de drenaje mayor”; lo cual ya da brinda idea de entre que rubros se da la compensación de variaciones. Finalmente, la variación total observada en el periodo 2007 a 2014 en los proyectos viales del MTI se encuentra en promedio en 7,3% con respecto al presupuesto inicial de obra.

Históricamente se ha dado una compensación entre rubros, lo cual se evidencia en las entrevistas, estudios previos[[18]](#footnote-18), y datos históricos, tal y como observa en las ilustraciones a continuación (Ilustración 2,

Ilustración 3), en las cuales se debe tener en cuenta para su lectura las siguientes convenciones:

* Variación positiva: suma de las variaciones positivas de diferentes rubros.
* Variación negativa: idem, pero sobre variaciones negativas.
* Variación total: diferencia entre el costo final y el costo inicial del proyecto (suma de variaciones positivas y negativas
* Variaciones Ponderadas: Muestra las variaciones ponderadas por rubro, es decir indica la contribución de variaciones positivas y negativas a la variación total del observada en el costo del proyecto.
* Variaciones Absolutas: No se ponderan las variaciones observadas en los rubros por su incidencia en el costo del proyecto, es decir muestra la variación absoluta observada por rubro.
* En el eje y se presentan las variaciones de los diferentes proyectos, en el eje x el año de ejecución del proyecto.

Ilustración 2. Histórico Variaciones Ponderadas – Proyectos Viales - MTI



Fuente: Elaboración propia con base en información histórica provista por MTI

Ilustración 3. Histórico Variaciones Absolutas – Proyectos Viales - MTI



Fuente: Elaboración propia con base en información histórica provista por MTI

Se observa lo siguiente:

Variaciones Ponderadas:

* Contribuciones en variación positivas con máximos de 40% sobre el presupuesto inicial total del proyecto.
* Promedio de variaciones positivas de 13,6% sobre el presupuesto inicial total del proyecto.
* Contribuciones en variación negativas con mínimos de -40% sobre el presupuesto inicial total del proyecto
* Promedio de variaciones negativas de -6,5% sobre el presupuesto inicial total del proyecto.
* Se debe resaltar que: i) el promedio de variación total con respecto al presupuesto inicial del proyecto de 7,2%; ii) el 50% de los proyectos presentaron variaciones inferiores a 0,8%.

Variaciones Absolutas:

* Contribuciones en variación positivas con máximos de 233% sobre el presupuesto inicial de los rubros que las presentan.
* Promedio de variaciones positivas de 44% sobre el presupuesto inicial de los rubros que las presentan.
* Contribuciones en variación negativas con mínimos de -77% sobre el presupuesto inicial de los rubros que las presentan.
* Promedio de variaciones negativas de -18,4% sobre el presupuesto inicial de los rubros que las presentan.

Se anota que las variaciones presentadas no incluyen efectos de escalamiento de precios en moneda local y devaluación, las variaciones corresponden a las observadas manteniendo precios constantes de la fecha de inicio de contrato (aplica para moneda local y dólares), por lo que tienen el mismo valor tanto en moneda local como en dólares, reflejando exclusivamente el efecto por variación (positiva o negativa) en cantidades de obra con respecto a lo presupuestado inicialmente.

Se llama la atención sobre la volatilidad observada en las variaciones tanto positivas como negativas, y el alto grado de compensación entre las mismas, de forma tal que el promedio de porcentaje de costos adicionales con respecto al presupuesto inicial total del proyecto es de 7,2%. Destacando nuevamente la gestión de control de costos y optimización de diseños y especificaciones e ejecución de obra.

La compensación entre rubros se cuantifica mediante coeficientes de correlación entre las series históricas de variación por rubro entre los diferentes proyectos, en la siguiente tabla se muestra la matriz de correlación obtenida:

Tabla 10. Matriz de Coeficientes de Correlación entre variaciones de costos de rubros de obra

Fuente: Elaboración propia con base en información histórica provista por MTI

Recordando que las mayores variaciones positivas con respecto al presupuesto inicial se tiene en los rubros de: “Obras en la vía y remoción de tierras” y “Obras de drenaje menor” (ver Tabla 9. Caracterización de la Variación en Costos por Rubro con respecto al presupuesto inicial (en Córdobas) – Proyectos Viales 2007 a 2014 (MTI)), se resalta lo siguiente:

* Existe una correlación negativa entre la variación en costo con respecto al presupuesto inicial del rubro “obras en la vía y remoción de tierras” y los rubros: estructura de pavimento, obras de drenaje mayor, señalización vial, y obras complementarias.
* Existe una correlación negativa entre la variación en costo con respecto al presupuesto inicial del rubro “Obras de drenaje menor” y los rubros: estructura de pavimento, obras de drenaje mayor, y obras complementarias.
* La correlación negativa indica que los rubros mencionados son os que históricamente se están compensando en variaciones. Es decir que la labor de optimización de diseños y especificaciones, ha recaído históricamente, de manera especial en los rubros de: estructura de pavimento, obras de drenaje mayor, y obras complementarias.

Finalmente se anota que la caracterización de distribuciones de probabilidad y coeficientes de correlación presentados en la Tabla 9 y Tabla 10, se emplearán en la simulación de Montecarlo, cuyos resultados se presentan en el siguiente capítulo.

# Valoración del Riesgo de Costos Adicionales

En este apartado se presenta, sobre los riesgos identificados, los aspectos a considerar en su análisis y cuantificación. A continuación se enumeran, describen, y califican de manera cualitativa en cuanto a probabilidad de ocurrencia e impacto:

Tabla 11. Riesgos a Evaluar y Calificación

| **RIESGO** | **DESCRIPCION** | **Probabilidad de Ocurrencia** | **Impacto de la Ocurrencia** |
| --- | --- | --- | --- |
| Costos Unitarios  Precios de Referencia vs Adjudicados | Se refiere a la variación existente entre los costos de referencia y los adjudicados, | Muy Probable | 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 Obra | Mayores cantidades de obra a las previstas.  Se desprende de deficiencias en estudios previos de detalle. | Muy Probable | Impacto Menor.  Históricamente se ha demostrado una gestión de costos en ejecución de proyectos, de tal forma que costos adicionales por mayores cantidades de obra en algunos rubros, son compensados de buena manera por optimización de diseños y especificaciones en otros, mitigando su impacto. |
| Obras Adicionales NO Previstas | Obras No previstas, que en el momento de ejecución se encuentra necesario realizar, tales como:   * Paraderos * Obras de tipo social solicitadas por la comunidad | Improbable  Por lo general la interacción con la comunidad se da en la etapa de preinversión. No se observa influencia de este riesgo en ejecución. | Impacto Menor |
| 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 | Altamente Probable | Impacto Menor a Moderado. |
| 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 Cordobas), la variación en tasa de cambio puede jugar a favor o en contra del equilibrio económico del contrato. | Improbable a Poco Probable.  La devaluación es controlada y se ha fijado en 5% anual. | Impacto Menor (Estado interviene en el control de tasa de cambio)  La devaluación es controlada y se ha fijado en 5% anual. |
| Retrasos en tiempos de ejecución de obra por motivos ajenos al contratista | En este tópico se tiene el paro de obra por inundaciones  . | Altamente Probable | Impacto Menor, en la medida que ya se ha estimado sus implicaciones en costo y plazo para el proyecto. |

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 presentarán, 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 12. Riesgos: Asignación y Mitigación

| RIESGO | ASIGNACION DE RIESGO  (sugerida) | | OBSERVACIONES / MECANISMO DE MITIGACION (sugerido) |
| --- | --- | --- | --- |
| ESTADO | PRIVADO |
| Costos Unitarios Ofertados |  | X | Asumido completamente por el contratista, como conocedor del sector y negociador directo. |
| Variación en Cantidades de Obra | X | X | Considerando que en entrevistas con expertos consultores y funcionarios del MTI, así como el análisis de información histórica, se ha evidenciado que la variación por mayores cantidades de obra se origina en deficiencia de los estudios previos, en especial en levantamiento de información de campo, se sugiere este riesgo sea compartido entre el Estado y el Privado. Por el Estado cubriendo el costo por mayores cantidades de obra, y en conjunto bajo el compromiso de aplicar una adecuada gestión de control de costos y optimización de diseños y especificaciones en ejecución del proyecto, encaminada a minimizar el impacto en costo de mayores cantidades de obra en rubros sensibles como “obras en la vía y remoción de tierras” y “obras de drenaje menor”  En este orden, es conveniente continuar con la figura del asesor técnico contratado por MTI para este fin específico. |
| Obras Adicionales NO Previstas | X |  | Se sugiere cubrir dicho riesgo con cargo a un fondo de imprevistos. |
| Variación en el tiempo de Costos Unitarios | X | X | Los costos de mercado varían con la ley de oferta y demanda, y dinámica inflacionaria, es algo previsible en algunos rangos, pero no gestionable por el constructor.  Se recomienda la existencia de una ecuación de ajuste (o formula de escalamiento) 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. |

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, se tratarán los riesgos a analizar de la siguiente forma:

Tabla 13. Riesgos: Tratamiento en Modelación

| **RIESGO** | **TRATAMIENTO EN MODELACION** |
| --- | --- |
|
|  |
| Costos Unitarios  Precios de Referencia vs Adjudicados | *Variables Aleatorias:* Oferta licitatoria por rubro presupuestal, simula la diferencia porcentual con respecto a presupuesto de referencia.  (ver rubros presupuestales en numeral 3.3 Rubros de Presupuesto Analizados)  *Variable Resultado:* Oferta licitatoria como porcentaje del valor total del costo de obra, se obtiene la diferencia porcentual con respecto a presupuesto de referencia.  *Variables Aleatorias:*  Se cuantificara con base en la diferencia encontrada entre el presupuesto de referencia vs presupuesto de proyectos similares  .  Se determinan variaciones máximas y mínimas para cada rubro de presupuesto y se asume una distribución de probabilidad uniforme en el rango así definido (los valores observados en la muestra histórica se asumen igualmente probables). Ver rangos empleados en: Tabla 5. Presupuesto de Referencia vs Presupuesto Contractual Inicial (Oferta licitatoria) – Proyectos de Concreto Asfaltico.  *Variable Resultado:*  Límite inferior libre, en función de resultados de simulación de variables aleatorias.  Límite superior acotado empleando variable aleatoria: probabilidad de que sea cero (0%) 87,5%, probabilidad de que sea mayor que cero hasta un máximo igual al observado histórico de 7,5% de 12,5%. |
| Variación en el tiempo de Costos Unitarios desde elaboración del presupuesto inicial hasta finalización de obra. | *Variables Aleatorias:* Variación en el tiempo de precios de mercado por insumo básico (escalamiento de precios).  *Variable Resultado:* Variación en el tiempo del costo total de obra por escalamiento de precios de insumos básicos.  *Variables Aleatorias:*  Se trabaja con la “canasta de costos de obra”, ver Tabla 6. Insumos Básicos e Incidencias.  Se evalúa la información histórica con el fin de determinar tendencias, correlaciones y volatilidad.  Se asume una distribución de probabilidad normal con desviación estándar igual a lo observado en la serie histórica del indicador del MTI o del BCN que se relacione con el insumo objeto de análisis, y acotado a máximos y mínimos históricos, ver Tabla 7. Caracterización de la Variación Anual de Precios de Mercado de Insumos Básicos.  Se tomará un plazo base sobre el cual se aplicaran factores de ajuste en función de expectativas en la variación promedio de costos de los insumos de obra y variación en tasa cambiaria (Cordoba/USD). El plazo es igual al plazo de ejecución del proyecto de 3 años iniciando en el primer semestre de 2018. Se modelaran periodos semestrales con igual ejecución (16,7% por semestre) |
| Variación en Cantidades de Obra | *Variables Aleatorias:* Variación en el tiempo de cantidades de obra por rubro de presupuesto.  *Variable Resultado:* Variación en el tiempo del costo total de obra por variaciones en cantidades de obra.  *Variables Aleatorias:*  Se trabaja con distribuciones de probabilidad seleccionadas en función de los datos históricos de muestra (24 proyectos), acotadas a máximos y mínimos históricos (ver Tabla 9. Caracterización de la Variación en Costos por Rubro con respecto al presupuesto inicial (en Córdobas) – Proyectos Viales 2007 a 2014 (MTI)).  Históricamente se nota una compensación de variaciones a nivel de impacto en costo entre rubros, producto de una gestión de costos y optimización en ejecución de diseños y especificaciones, este comportamiento se simula considerando:   * Las variaciones entre rubros se han correlacionado en función de lo observado histórico (ver Tabla 10). * Si las variables de mayor variación positiva histórica superan el presupuesto inicial (obras en la vía y remoción de tierras, Obras de drenaje menor), se acota a un máximo de cero la variación en rubros de compensación (obras de drenaje mayor, y obras complementarias ) con la probabilidad histórica observada, a saber:   + obras de drenaje mayor: 57% probabilidad de control   + obras complementarias: 72% probabilidad de control |
| Obras Adicionales NO Previstas | Dado que la evidencia demuestra la baja probabilidad e impacto del evento, se asumió impacto cero (0). |
| Riesgo Cambiario | La devaluación del Córdoba vs el Dólar se considera en el reporte de provisión de riesgo en dólares, contrarrestando los valores estimados en córdobas.  La devaluación en Nicaragua se ajusta a una política de deslizamiento monetario anual definida por el Banco Central de Nicaragua (BCN). Desde el año 2004 se fijó en una tasa anual de 5% anual, la cual se mantiene hasta la actualidad. |

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, con base en los presupuestos hasta el momento oficiales suministrados por el MTI. Finalmente, se encontró la curva de distribución de probabilidad del porcentaje de costos adicionales sobre el valor base de la obra.

## Valoración de variación entre precios de referencia y precios ofertados

En el siguiente cuadro se presenta por insumo de obra su incidencia, y la variación máxima y mínima empleados en la modelación

Tabla 14. Incidencia y Características Curvas de Distribución de Probabilidad de Ocurrencia - Riesgo Estimación de Precios de Referencia

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **RUBRO** | **INCIDENCIA**  **(%)** | **DISTRIBUCION** | **MIN** | **MAX** |
| COSTOS FIJOS Y ADMINISTRATIVOS | -76,3% | UNIFORME | -100,0% | 0,0% |
| OBRAS EN LA VÍA Y REMOCION DE TIERRAS | -35,7% | UNIFORME | -41,4% | 32,5% |
| ESTRUCTURA DE PAVIMENTO | -8,2% | UNIFORME | -18,3% | -4,4% |
| OBRAS DE DRENAJE MENOR | -100,0% | UNIFORME | -26,7% | 34,3% |
| OBRAS DE DRENAJE MAYOR | -55,6% | UNIFORME | -9,6% | 16,9% |
| SEÑALIZACION VIAL | -43,2% | UNIFORME | 44,8% | 92,2% |
| MONITOREO AMBIENTAL | -82,4% | UNIFORME | -29,1% | 84,0% |
| OBRAS COMPLEMENTARIAS | -100,0% | UNIFORME | -14% | 21% |
| **TOTAL**  **(VARIABLE RESULTADO)** |  | RESULTADO DE PONDERACIÓN | LIBRE | ACOTADO - DISCRETO  MAX: 7,5%, PROBABILIDAD:12,5%  MAX: 0,0%, PROBABILIDAD:87,5% |

Fuente: Elaboración propia

De la simulación de Montecarlo se obtiene entonces la siguiente curva de distribución de probabilidad:

Ilustración 4. Curvas de Distribución de Probabilidad de Ocurrencia - Riesgo Variación Precios Ofertados vs Precios de Referencia.



Fuente: Elaboración propia

Se observa lo siguiente:

* Existe un 90% de certeza de obtener una propuesta entre 91% y 100% del presupuesto de referencia
* Existe un 6% de probabilidad de tener ofertas entre 91% y 88% del precio de referencia.
* La probabilidad de tener ofertas superiores al 100% del precio de referencia es 4%.

## Valoración de Variación en Precios de Mercado en el Tiempo y Formula de Escalamiento

En cuanto a la valoración de la provisión en costo del proyecto por la variación en el tiempo de los precios de mercado de los principales insumos, se procede a estimar la provisión de escalamiento, para lo cual se simula un flujo semestral de ejecución del proyecto (% EJEC) durante 3 años de ejecución (iniciando en el primer semestre de 2018), calculando el factor de variación de precios de mercado (FACTOR ESC) en moneda local (C$) y Dólares Americanos

En la Tabla 6 y Tabla 7 se presentan para los insumos que hacen parte de la “canasta de costos” del proyecto, su incidencia, su valor promedio, desviación estándar, y máximos y mínimos empleados en la simulación. Se trabajó con curvas de distribución normal.

Se obtiene entonces un estimado de variación anual promedio en costos de 8,8% en moneda local (C$) con la siguiente curva de distribución de probabilidad:

Ilustración 5. Variación Promedio Anual de Precios de Mercado en el Tiempo - Curva de Distribución de Probabilidad (50% de Cobertura)



Fuente: Elaboración propia

Con respecto al acumulado durante los 3 años de ejecución a partir del primer semestre de 2018, en la siguiente tabla se ilustra el cálculo a seguir:

Tabla 15. Calculo de provisión por Escalamiento de Costos



Fuente: Elaboración propia

Se observa lo siguiente:

* Se trabaja en unidades de tiempo semestrales
* Se parte de un supuesto de ejecución de seis semestres, iniciando ejecución en el primer semestre de 2018.
* Se escalan precios sobre saldo no ejecutado
* Se calcula el factor de escalamiento en moneda local (córdobas) y en dólares americanos (devaluación 5% anual).

En las siguientes ilustraciones se presenta la curva de distribución de probabilidad obtenida para el factor de escalamiento así calculado:

Ilustración 6. Curva de Factor de Escalamiento Calculado (Ejecución de proyecto: 2016-2019), en Cordobas ($C)



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 7. Curva de Factor de Escalamiento Calculado (Ejecución de proyecto: 2016-2019), en Dólares (USD)



Fuente: Elaboración propia

Se tiene que la provisión de Escalamiento considerando un plazo de 3 años (Diseño+Construcción) e inicio de ejecución en el primer semestre de 2018, se estima un valor promedio de 11% en USD. Se recomienda cubrir el valor promedio dada la tendencia histórica bien definida de variación de precios, y devaluación controlada por el Gobierno.

Con respecto a la fórmula de escalamiento, la base es la incidencia de los insumos básicos en el costo total de obra, en ese orden se sugiere siguiente ecuación:

Ecuación 1 Formula de Escalamiento

Escalamiento (%) = [0,083 Variación% Precio Cemento Asfaltico + 0,115 Variación% Precio Cemento Portland + 0,03 Variación% Precio Arena + 0,123 Variación% Precio Grava) + 0,077 Variación% Precio Acero Estructural+ 0,177 Variación% Salario Mano de Obra + 0,148 Variación% Precio Diesel + 0,247 Inflación)]

La fórmula se recomienda aplicarla semestralmente, ajustando saldo del proyecto sin ejecutar.

## Valoración de Riesgo de Costos Adicionales por Mayores Cantidades de Obra

Partiendo de los supuestos reportados en la Tabla 13. Riesgos: Tratamiento en Modelación, se obtiene la siguiente distribución de probabilidad para costos adicionales por mayores cantidades de obra, expresados como porcentaje sobre el presupuesto de referencia del costo de obra

Ilustración 8. Costos Adicionales por mayor Cantidad de Obra - Curva de Distribución de Probabilidad – Valor Promedio



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos indican lo siguiente:

* El valor esperado (50% de probabilidad de ocurrencia) por mayores cantidades de obra, incluyendo los efectos de menor costo ofertado, es de 8,5% sobre el costo del proyecto, en moneda local.

## Cálculo del Total Contingente

A continuación se presenta el cuadro resumen del cálculo de valores esperados, en moneda local y en dólares americanos, considerando una devaluación del cordoba frente al dólar de 5% anual.

Tabla 16. Provisión por Escalamiento de Precios y Contingencias de Costos Adicionales

|  |  |
| --- | --- |
| **FACTOR** | **PROVISION DOLARES**  **(% SOBRE COSTO DE REFERENCIA)** |
| ESCALAMIENTO (ajuste de costos en ejecución 2016 a 2020) | 11% |
| COSTOS ADICIONALES (Mayores Cantidades de Obra, Incluye Economía esperada en proceso licitatorio) | 8% |
| **TOTAL** | **19%** |

Fuente: Elaboración propia

# Conclusiones y Recomendaciones

Con base en los análisis realizados y resultados obtenidos se tienen las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. Adoptar una provisión por escalamiento de precios equivalente a 11% en dólares americanos.
2. Con respecto a la fórmula de escalamiento, se sugiere adoptar una ecuación de la siguiente forma:

Escalamiento (%) = [0,083 Variación% Precio Cemento Asfaltico + 0,115 Variación% Precio Cemento Portland + 0,03 Variación% Precio Arena + 0,123 Variación% Precio Grava) + 0,077 Variación% Precio Acero Estructural+ 0,177 Variación% Salario Mano de Obra + 0,148 Variación% Precio Diesel + 0,247 Inflación)]

La fórmula se recomienda aplicarla semestralmente, ajustando saldo del proyecto sin ejecutar.

En cualquier caso, de contar con un presupuesto de referencia de mayor detalle en cuanto a composición de insumos (materiales, mano de obra y equipos) en rubros como: remoción de tierras, estructura de pavimentos y drenajes; se sugiere revisar la composición de la “canasta de costos de obra” y ajustar los coeficientes asociados en la ecuación de escalamiento.

1. En cuanto a la valoración del riesgo de costos adicionales por mayores cantidades de obra, el análisis basado en la simulación de Montecarlo arroja un 8% sobre el presupuesto de referencia; para este indicador el registro histórico sobre una muestra de 24 proyectos ejecutados en el periodo 2007 a 2014 arroja un promedio de 7,2%, en dicha muestra el 50% de los proyectos presentaron variaciones inferiores a 0,8%, producto de una gestión de control de costos y optimización de diseño y especificaciones en etapa de ejecución. En este orden de ideas, se concluye que aplicando un estricto seguimiento a la ejecución, y continuando con las prácticas de control, gestión de costos, y optimización de diseños y especificaciones, se puede minimizar el porcentaje de costos adicionales acercándolo a cero (0%), por lo que se recomienda presionar la realidad de dicha gestión por parte del contratista y la administración pública, eliminando la provisión para costos adicionales.
2. Con respecto a los mecanismos de mitigación del riesgo de costos adicionales por mayores cantidades de obra se recomienda:
   1. Profundizar en estudios de campo en etapa de preinversión.
   2. Continuar con la figura del asesor técnico contratado por MTI para apoyar la gestión de control de costos y optimización de diseños.
3. Con respecto a la recomendación de asignación de riesgos analizados ver Tabla 12. Riesgos: Asignación y Mitigación

# Lista de referencias

* Análisis de Capacidad Institucional y Otros Aspectos de Implementación, Proyecto de Integración Vial – Nicaragua - NI-L1092, Consultor: Alcides Moreno Arréllaga; BID; Nicaragua, Mayo de 2015.
* Estudio “ESTIMACIÓN DE SOBRECOSTOS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE INTEGRACION VIAL - NICARAGUA // PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO PANTASMA-WIWILI // PRESTAMO BID NI-L1092”, BID. Consultor Ing. Leonardo Vásquez, Ago/2015.
* Perfil del Proyecto: Programa de Integración Vial II – NI-L1097, BID, Agosto de 2016, programa de obras múltiples con muestra representativa el proyecto: “Mejoramiento del Camino Rural Existente El Comején-Waslala”
* Presupuesto del proyecto “Mejoramiento del Camino Rural Existente El Comején-Waslala” (30 km), Pavimento en Concreto Asfaltico en Caliente, Ministerio de Transporte e Infraestructura, Nicaragua, agosto de 2016.
* Project Management Body of Knowledge del Project Management Institute
* Propuesta para el Ajuste de Precios en Contratos de Obra, Consultor: Alcides Moreno Arréllaga; BID; Nicaragua, diciembre de 2012.

# ANEXOS - Series Históricas de Precios

A continuación se presentan las gráficas normalizadas de variación de precios de los principales insumos operacionales y su caracterización:

Ilustración 9. Variación Anual Precio de Materiales Asfalticos





Fuente: MTI

Ilustración 10. Variación Anual Precio de Cemento Portland





Fuente: MTI

Ilustración 11. Variación Anual Precio de Arena y Grava





Fuente: MTI y BCN

Ilustración 12. Variación Anual Precio de Acero





Fuente: BCN Ilustración 13. Variación Anual Precio de Salarios





Fuente: BCN

1. perfil del proyecto: Programa de Integración Vial II – NI-L1097, BID, Agosto de 2016. [↑](#footnote-ref-1)
2. Idem [↑](#footnote-ref-2)
3. Project Management Institute [↑](#footnote-ref-3)
4. Project Management Body of Knowledge del Project Management Institute, guía ampliamente aceptada como estándar en la gestión de proyectos. [↑](#footnote-ref-4)
5. Ing. Leonardo Vásquez para BID, agosto de 2015. [↑](#footnote-ref-5)
6. <http://www.bcn.gob.ni/> ; Estadísticas y Estudios [↑](#footnote-ref-6)
7. <http://www.eia.gov/analysis/projection-data.cfm#annualproj>. [↑](#footnote-ref-7)
8. Perfil del Proyecto: Programa de Integración Vial II – NI-L1097, BID, Agosto de 2016, programa de obras múltiples con muestra representativa el proyecto: “Mejoramiento del Camino Rural Existente El Comején-Waslala” [↑](#footnote-ref-8)
9. Idem [↑](#footnote-ref-9)
10. Idem [↑](#footnote-ref-10)
11. http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160426\_economia\_precios\_acero\_efectos\_consumidor\_lf [↑](#footnote-ref-11)
12. http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/03/150327\_china\_inunda\_acero\_barato\_ac [↑](#footnote-ref-12)
13. <http://www.eia.gov/analysis/projection-data.cfm#annualproj>, Annual projections to 2040 - Petroleum product prices. Consultada 3 /08/2016. [↑](#footnote-ref-13)
14. INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGÍA DIRECCIÓN GENERAL DE HIDROCARBUROS: <http://www.ine.gob.ni/DGH/monitoreos/2015/12/RES_diciembre_31.pdf> ; http://www.ine.gob.ni/DGH/monitoreos/2016/09/RES\_septiembre\_05.pdf. [↑](#footnote-ref-14)
15. <http://es.globalpetrolprices.com/Nicaragua/diesel_prices/>, consultado 11/09/2016. [↑](#footnote-ref-15)
16. Cálculos propios de acuerdo a información de precio del Diesel en Peru, Banco Mundial, http://datos.bancomundial.org/indicador/EP.PMP.DESL.CD [↑](#footnote-ref-16)
17. Información de ejecución presupuestal provista por MTI de 24 proyectos viales: 9 de adoquín, 11 de asfalto, 4 de concreto hidráulico [↑](#footnote-ref-17)
18. Análisis de Capacidad Institucional y Otros Aspectos de Implementación, Proyecto de Integración Vial – Nicaragua - NI-L1092, Consultor: Alcides Moreno Arréllaga; BID; Nicaragua, Mayo de 2015. [↑](#footnote-ref-18)