

第6章 事業の運営・維持管理計画

6-1 プロジェクト実施体制

6-1-1 組織・人員

6-1-1-1 MTI

ニカラグアの本事業の主管官庁及び実施機関は陸・海・空のインフラ整備を所管する MTI であり、本事業に係る部局は計画総局と道路総局である。

計画総局は道路建設、整備計画の企画立案（協力準備調査段階）を行い、道路総局は技術仕様の設定、積算、工事入札、発注業務（事業実施段階）を行う。

ニカラグア MTI の職員数を表 6-1-1 に、組織図を次頁 図 6-1-1 に示す。

表 6-1-1 MTI 職員数

	DIRECCIONES GENERALES	No. TRABAJADORES	SEXO	
			F	M
1	DESPACHO DEL MINISTRO 大臣室	12	6	6
2	DESPACHO DEL VICE MINISTRO 副大臣室	6	3	3
3	DESPACHO DEL VICE MINISTRO TRANSPORTE 運輸副大臣室	7	4	3
4	DESPACHO DE LA SECRETARIA GENERAL 事務次官室	6	5	1
5	DIVISION DE ASESORIA LEGAL 法律顧問部	8	7	1
6	CENTRO DE ACCESO A LA INFORMACION 情報提供室	19	13	6
7	UNIDAD DE GESTION AMBIENTAL 環境管理室	18	10	8
8	DIVISION DE AUDITORIA INTERNA 内部監査局	14	10	4
9	DIVISION DE RELACIONES PUBLICAS 公共サービス局	9	6	3
10	DIVISION DE TECNOLOGIA DE LA INFORMATICA 情報技術部	23	5	18
11	DIVISION GRAL DE PLANIFICACION 計画総局	66	26	40
12	DIVISION DE ADQUISICIONES 調達部	29	23	6
13	DIVISION GRAL ADMITIVA FINANCIERA 財務管理総局	173	86	87
14	DIVISION GRAL DE RECURSOS HUMANOS 人事総局	30	22	8
15	DIRECCION GENERAL DE VIALIDAD 道路総局	5	2	3
16	UNIDAD COORDINADORA RECURSOS BCIE CABE資金工事調整室	43	12	31
17	UNIDAD COORDINADORA BANCO MUNDIAL 世銀資金工事調整室	56	10	46
18	UNIDAD COORDINADORA PROYECTOS BID IDB資金工事調整室	23	9	14
19	DIRECCION DE CONSERVACION VIAL 道路保全部	150	32	118
20	DIRECCION GRAL TRANSPORTE TERRESTRE 陸運総局	304	103	201
21	DIRECCION GRAL DE TRANSPORTE ACUATICO 水運総局	63	23	40
22	DIRECCION GRAL NORMAS DE LA CONSTRUCCION 建設および都市開発基準総局	39	17	22
TOTAL		1,103	434	669
			39.35%	60.65%

現時点で本事業に対する人員は確保されていないものの、計画総局長によればプロジェクト開始後に、道路総局の中に各ドナー担当室（表 6-1-1 の番号 16～18）程度の担当部署（20名～50名規模）が組織されることが計画されている。

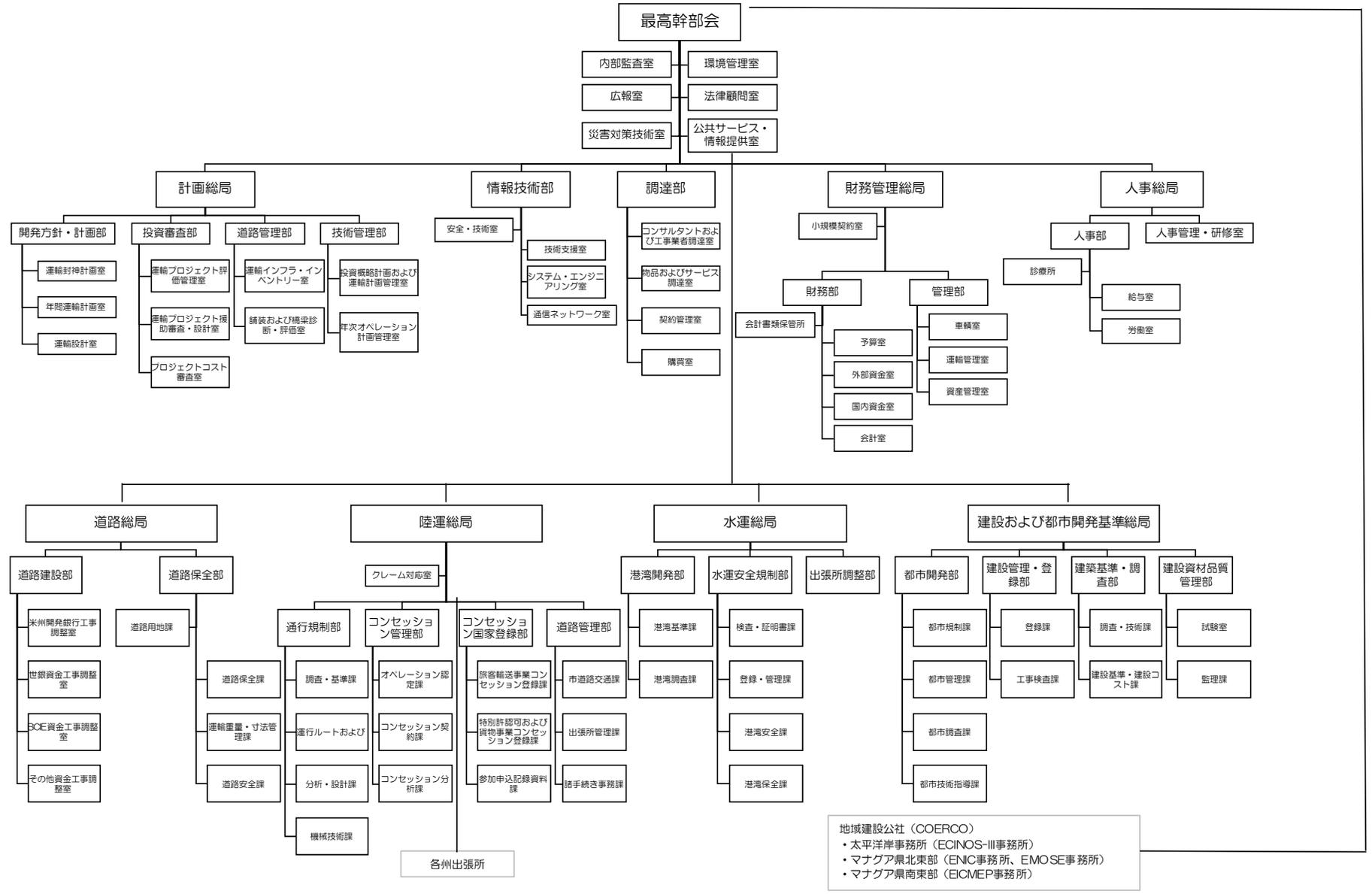


図 6-1-1 MTI 組織図 (2016)

6-1-2 財政・予算

実施機関である MTI の 2011 年から 2015 年にかけての 5 年間の予算は表 6-1-2 のとおりである。2008 年以降、年 1 億 US ドル以上の予算が確保され、2011 年からは、毎年増加傾向にあり 2015 年は 2011 年比 40% の増加となっている。予算のうち維持管理に充てている費用については、2008 年から 2010 年までほぼ同額で推移していた。しかし、2011 年より大西洋側へのアクセスの重要性に鑑みて、国道上に架橋されている橋梁の補修を開始したため、2011 年、2012 年については大幅に維持管理予算が増額され、2015 年では 2011 年比 120.9% の予算が確保されている。

表 6-1-2 MTI 過去 5 力年の予算及び維持管理費

年	MTI 予算		維持管理費率	予算伸び (2011年比)	維持管理費伸び (2011年比)
	うち維持管理費				
2011	116,819,035	19,756,508	16.9%	-	-
2012	124,308,612	29,484,005	23.7%	6.4%	49.2%
2013	127,631,006	37,748,757	29.6%	9.3%	91.1%
2014	149,333,886	41,213,062	27.6%	27.8%	108.6%
2015	163,727,665	43,644,018	26.7%	40.2%	120.9%

(USD)

出典：MTI

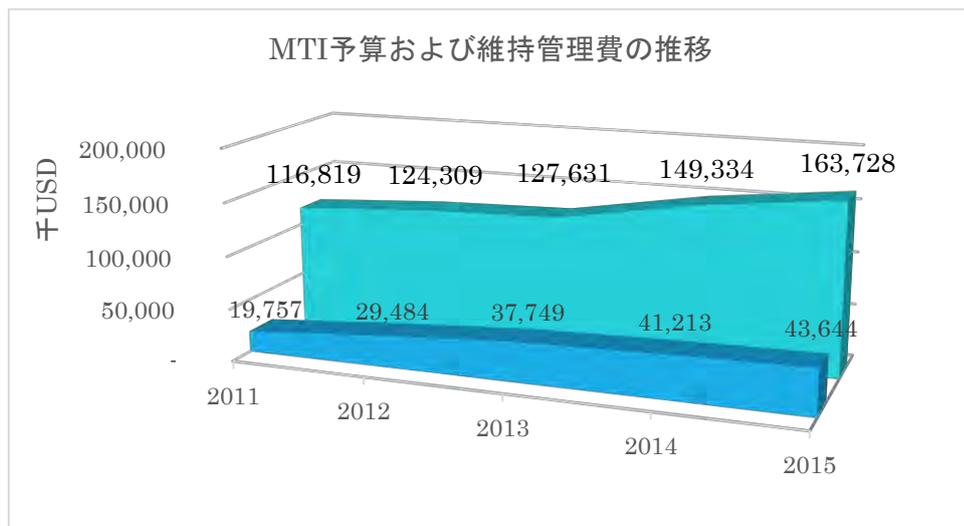


図 6-1-2 MTI 予算及び維持管理費の推移

6-1-3 技術水準

6-1-3-1 建設工事

ニカラグア側の主管官庁及び実施機関となる MTI は、日本をはじめとする外国からの援助による道路・橋梁整備事業を数多く実施した実績を有している。また、前述のとおり我が国の無償資金協力による橋梁建設事業を数多く実施している。直近では 2009 年度～2014 年度サンタフェ橋建設計画、2010 年度～2013 年度マナグアーエル・ラマ間橋梁架け替え計画の実施機関であり、問題なく工事の実施を完了している。また、現在同路線である国道 21B 号線においてパソ・レアル橋建設計画及びリオ・ブランコーシウナ間の道路建設計画が進められているが、各プロジェクトに MTI の技術者が現場常駐で監理を行っているなど案件への取り組み意識も高い。

MTI 道路総局には、国際機関の援助を調整する部署があり、前述のとおり各ドナーに対して、20～50 名程度の職員を配置してプロジェクトを遂行しており、人員の割当も十分であると考えられる。

6-1-3-2 維持管理

MTI が行う道路・橋梁の維持管理方法は、各県から補修・改良の要請が上がった道路・橋梁について MTI のスクリーニングにより、要請内容の優先順位を決め、MTI の技術者が現場における点検調査を行い、その結果、補修・補強が必要であるかどうかを判断している。補修・補強が必要であると判断された場合、コンサルタントに補修・補強箇所のインベントリ作成から、その施工方法、積算までを発注し、予算申請を行う。そして、予算化されたものから工事を行っている。通常、主要幹線道路及び都市近郊の道路整備事業は民間企業に発注され、収益性の低い地方、遠隔地の地方道路整備事業は MTI 傘下の国営企業である地域建設公社 (COERCO) に委託されている。

道路損傷の著しくない箇所の維持管理業務は、道路維持管理基金 (Fondo De Mantenimiento Vial: FOMAV) により道路の日常保守と定期保守が行われている。日常保守は舗装の初期修理、側溝やカルバートのような道路排水施設、法面を含む道路用地内の清掃を日常的に行う。また、定期保守はアスファルト舗装のオーバーレイを含む舗装面の修理、道路交通標識・街路灯の保守、バスベイ等のバス施設設置等を定期的に行う。

前後道路区間も含め、本事業が完成したあとは、道路全体の軽微な日常管理については、FOMAV が実施することとなる。一方、COERCO へのヒアリングにより、橋梁部など高度な技術や機材が必要とされる補修等については COERCO が主体となって実施する予定であることを確認した。

6-1-3-3 構造物管理システム

橋梁の維持管理は、2001 年から DANIDA の技術移転により、2003 年に完成した NICASAP (ニカラグア橋梁管理システム: Nicaragua Sistema de Administracion Puente) を使い、全国橋梁のデータベース化を開始、現時点でも毎年データベースの更新 (橋長、幅員、構造、目視調査による橋梁状況のインベントリ) が行われ、MTI 計画総局 道路管理部 舗装及び橋梁診断・評価室にて運用されている。完了後の維持管理についても、このデータベースの橋梁状況により維持管理、補修・更新等の必要性を判断しており、本事業対象橋梁の定期点検の実施においても問題ないと考えられる。

6-1-4 既存施設・機材

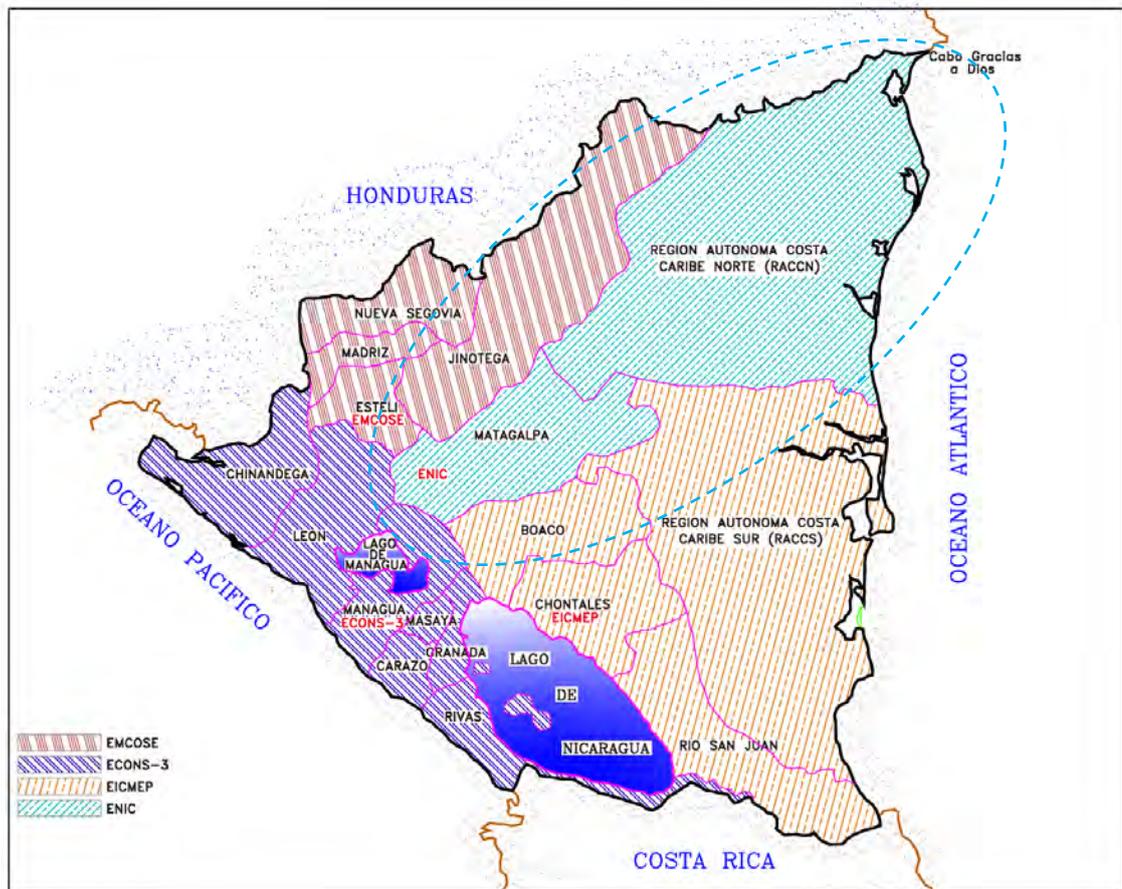
(1) COERCO

MTI は工事、維持管理を全て外部機関や民間会社に委託しているため既存機材は有していないものの、所管する COERCO が下記に示す機材を所有しており、MTI が管理主体となる維持管理や建設工事を COERCO に発注し実施している。

COERCO は 1980 年代前半に運輸インフラ省の地方道路整備事務所が国営企業として独立したもので、所有の道路建設機材を使用し、収益性の低い地方部における道路整備や緊急的な補修等を行っている。COERCO は過去に我が国の無償資金協力によって整備された機材等を用いて道路整備、維持管理を行っている。次頁表 6-1-3 に COERCO の保有する機材一覧を示す。

本事業完了後の維持管理は、実施機関である MTI 道路総局が管理主体となり、運輸インフラ省の下部組織でありマナグア県北東部を管轄する COERCO の ENIC 事務所が点検・清掃・補修等を実施する計画である。

COERCO は、図 6-1-3 に示す通り、太平洋岸事業所 (ECONOS-III)、マナグア県から北東部を 2 事業所 (ENIC、EMOSE)、マナグア県南東 1 事業所 (EICMEP) の 4 事業所でニカラグア全土の上記維持管理を行っている。



出典：COERCO

図 6-1-3 COERCO 管内図

表 6-1-3 COERCO 保有機材一覧

機材	ECONS-3	EMCOSE	ENIC	EICMEP	Total
Barredora 【路面清掃車】	1			1	2
Cabezal 【トレーラーの車の部分】	4	4	4	3	15
Camión Cisterna de Agua 【散水車】	3				3
Camión Cisterna de Combustible 【燃料タンクトラック】	1				1
Camión Dosificador 【トラック】				1	1
Camión Grúa 【ユニック】	2	1	1		4
Camión Lúbrico 【注油トラック】		1	1		2
Camión Mezclador 【アジテータ】		1	2	2	5
Camión Plataforma 【トレーラー】	3	1	1	9	14
Camión Taller 【トラック】	2	1	3	2	8
Camión Volquete 【ダンプ車】	17	18	19	29	83
Cargadora Frontal 【ホイールローダー】	4	4	7	4	19
Cisterna Asfáltica 【アスファルトタンカー】	1		1	2	4
Cisterna de Agua 【散水車】	3	5	6	5	19
Cisterna de Combustible 【燃料タンク】				1	1
Compactadora 【ロードローラー】	3				3
Compactadora Neumática 【タイヤローラー】	2		1	1	4
Compactadora Doble Rodo 【ロードローラー】	1				1
Compresor 【コンプレッサー】	1				1
Estabilizador 【スタビライザー】	1	1	1		3
Excavadoras 【バックホウ】	3	6	5	8	22
Grúas 【クレーン】		2		2	4
Low Boy 【セミトレーラー】	2				2
Luminaria Rodante 【移動式照明】	4				4
Minicargadora 【小型ホイールローダー】		2		2	4
Montacarga 【フォークリフト】			1	1	2
Motoniveladora 【モーターグレーダ】	5	4	7	5	21
Pavimentadora 【フィニッシャー】	1				1
Perforadora de Pilotes 【杭打機】				1	1
Rastras 【トラクター（土を攪拌する機械）】	2				2
Recicladora 【再生材製造機】				1	1
Retroexcavadora 【ホイールローダー+バックホウ】	2	5	1	5	13
Tractor de Oruga 【ブルドーザー】	4	7	5	8	24
Vibrocompactadora Manual 【ランマ】				1	1
Vibrocompactadora Neumática 【振動タイヤローラー】		1			1
Vibrocompactadora 【振動ローラー】	4	7	7	11	29
Total	76	71	73	105	325

出典：CERCO

ECONS-3：Empresa Constructora Tres

EMCOSE：Empresa Constructora Las Segovias

ENIC：Empresa Nicaragüense de Construcciones

EICMEP：Empresa Integral de Construcción Manuel Escobar Pereira

表 6-1-4 COERCO 各社の職員数 (2016 年)

EMPRESA: EMPRESA NICARAGUENSE DE CONSTRUCCION (ENIC)

正規職員 Trabajadores Permanentes			臨時職員 Trabajadores Temporales			正規・臨時別計 Total Admitivo, talleres y Proyectos.		総計 Total General de trabaj. Administrativo, talleres y de proyectos
管理 Admitivo.	修理・機械 Talleres y Equipos	事業 Proyecto	管理 Admitivo.	修理・機械 Talleres y Equipos	事業 Proyecto	正規 Perm.	臨時 Temp.	
29	87	123	9	39	148	239	196	435

EMPRESA: EMPRESA INTEGRAL DE LA CONSTRUCCIÓN "MANUEL ESCOBAR PEREIRA" (EICMEP)

正規職員 Trabajadores Permanentes			臨時職員 Trabajadores Temporales			正規・臨時別計 Total Admitivo, talleres y Proyectos.		総計 Total General de trabaj. Administrativo, talleres y de proyectos
管理 Admitivo.	修理・機械 Talleres y Equipos	事業 Proyecto	管理 Admitivo.	修理・機械 Talleres y Equipos	事業 Proyecto	正規 Perm.	臨時 Temp.	
28	38	225	13	12	102	291	127	418

EMPRESA: EMPRESA CONSTRUCTURA TRES (ECONS-3)

正規職員 Trabajadores Permanentes			臨時職員 Trabajadores Temporales			正規・臨時別計 Total Admitivo, talleres y Proyectos.		総計 Total General de trabaj. Administrativo, talleres y de proyectos
管理 Admitivo.	修理・機械 Talleres y Equipos	事業 Proyecto	管理 Admitivo.	修理・機械 Talleres y Equipos	事業 Proyecto	正規 Perm.	臨時 Temp.	
48	58	62	6	34	165	168	205	373

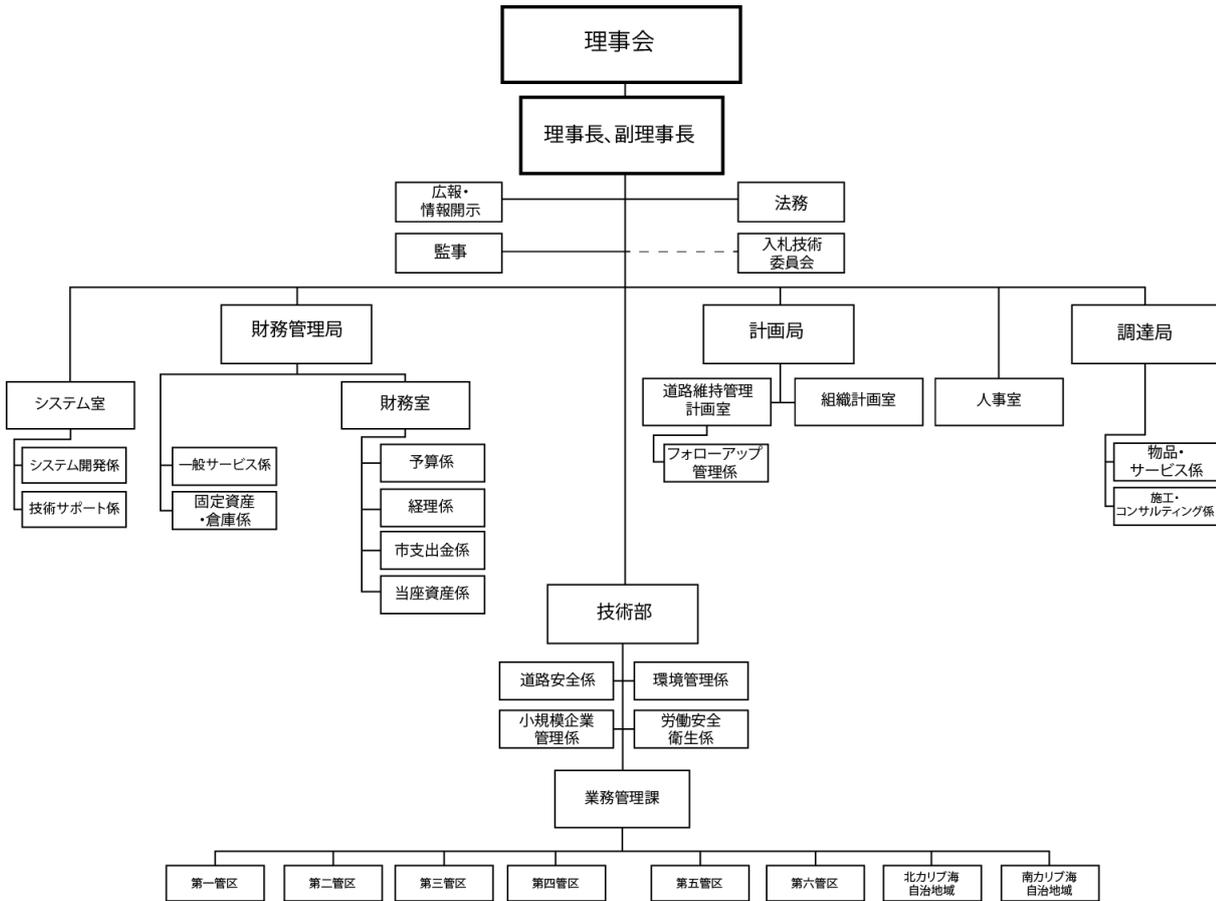
EMPRESA: EMPRESA CONSTRUCTORA LAS SEGOVIAS (EMCOSE)

正規職員 Trabajadores Permanentes			臨時職員 Trabajadores Temporales			正規・臨時別計 Total Admitivo, talleres y Proyectos.		総計 Total General de trabaj. Administrativo, talleres y de proyectos
管理 Admitivo.	修理・機械 Talleres y Equipos	事業 Proyecto	管理 Admitivo.	修理・機械 Talleres y Equipos	事業 Proyecto	正規 Perm.	臨時 Temp.	
29	14	26	35	19	405	69	459	528

出典 : COERCO

(2) FOMAV

以下に FOMAV の組織図および予算を示す。



出典：FOMAV

図 6-1-4 FOMAV 組織図

表 6-1-5 FOMAV の年間予算の推移

収入				
年度	Fomav税（事業費及びプロジェクト）	FOMAV税利息、FOMAV税資金再評価益、その他	外部資金	合計
2011	806,618,114.56	13,629,994.74	64,876,196.43	885,124,305.73
2012	842,320,831.92	8,786,535.38	105,924,891.67	957,032,258.97
2013	980,811,231.82	9,918,304.88	137,639,824.88	1,128,369,361.58
2014	1,028,358,584.86	14,133,393.10	221,288,236.98	1,263,780,214.94
2015	1,207,716,184.12	24,157,563.59	170,359,337.51	1,402,233,085.22
合計	4,865,824,947.28	70,625,791.69	700,088,487.47	5,636,539,226.44

出典：FOMAV

6-2 本プロジェクトにおける維持管理・運営計画

6-2-1 維持管理に関する総論

開通後、良好な状態を維持しスムーズな交通を実現する為に適切な維持管理を行うことが必要不可欠である。一般的に橋梁の維持管理は、設計図などの初期データ・調査データ・補修作業の優先順位づけ・その他活動データの記録の4つの要素によって構成される。

図 6-2-1 は維持管理・運営システムの手順を示す。維持管理・運営システムとは修理作業、日常及び定期点検、管理活動を含むものである。

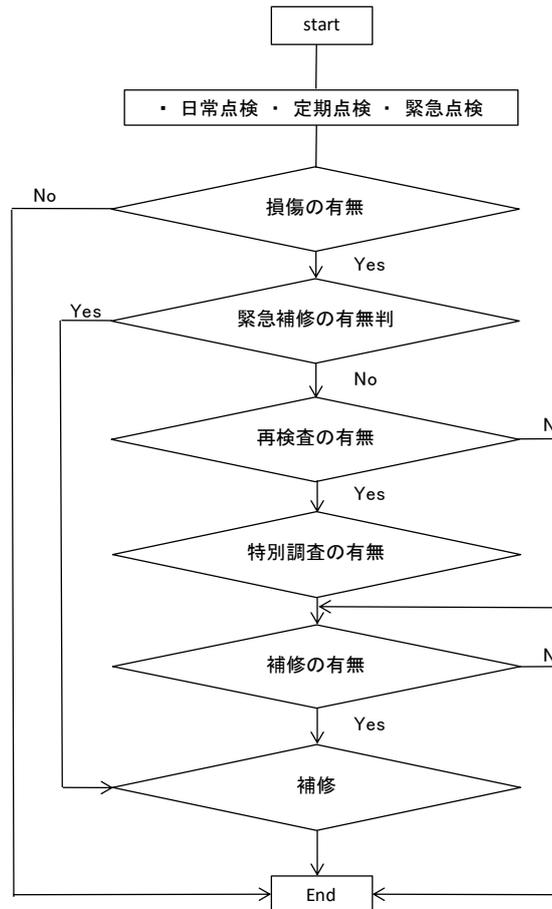


図 6-2-1 維持管理・運営システムの手順

6-2-2 点検

(1) 点検の目的

- ・ 橋梁の損傷箇所の特定
- ・ 橋梁の損傷度の判定
- ・ 補修の優先順位の判定

(2) 点検方法

適切な運営を行う上で必要な点検方法の種類を下記に示す。

表 6-2-1 点検方法の種類

点検種類		対象	目的	方法
日常点検	1/2日程度	路面	安全性の確認	車両からの目視による点検
定期点検	5年毎	構造物全般	損傷度、安全性の確認	目視及びひび割れ測定定規、ハンドテープ等の器具を使った点検
臨時点検	地震、台風、集中豪雨等の災害や大きな事故が発生した場合、予期していなかった異常が発見された場合	損傷を受けたと思われる部分	<ul style="list-style-type: none"> ・ 構造物の状態の把握 ・ 対応策の検証 ・ 損傷過程のモニタリング ・ 損傷原因の特定 	目視及びひび割れ測定定規、ハンドテープ等の器具を使った点検

出典:調査団

1) 日常点検

車両が走行するのに安全な状態が確保されているか、異常な劣化損傷の進行が無い確認するために行う。最外側車線または路肩を走行中の車両から目視により点検する。よって確認は車両から目視で確認できる項目にのみに留めることとする。確認項目を以下に示す。

橋面舗装の状態、排水施設の湛水の有無、付帯物の異常（ガードレール、伸縮継ぎ手等）

2) 定期点検

日常点検では確認することができない橋梁の状態を詳細に知るために行う。近距離からの目視による点検、及び器具を用いて行う。定期点検では、過去の点検データと実施した点検結果を照らし、劣化の進行状態を把握、補修の優先順位を設定することとなる。

3) 臨時点検（非常時のみ）

事故や自然災害などによって構造物が深刻なダメージを受けた可能性がある場合に行う。橋梁の機能を維持できないような深刻な問題を抱えている可能性があり、通常の点検では確認できない点を確認する。手法としては近接からの目視を行うことが望ましい。

6-2-3 維持管理

(1) 維持管理の目的

橋梁の健全性を維持するとともに、交通の安全性を確保するために行う。

(2) 維持管理内容

プロジェクト橋梁開通後、日常点検及び定期点検から得られたデータを収集、分析し、分析結果から今後の維持管理計画を作成し実行に移すことが重要である。

想定される損傷は、以下の通りである。

- ・ 橋面舗装の縦断凹凸、轍ぼれ、ひび割れやポットホールといった損傷（補修の目安：10年ごと、道路維持管理の一貫として実施）
- ・ 床版、橋台、橋脚などコンクリートのひび割れ

- ・ 耐候性鋼材を用いた桁の腐食の進行
- ・ 車両防護柵の衝突等による損傷
- ・ 伸縮継ぎ手の損傷及び漏水（取り換え目安：40 年ごと）
- ・ 支承の損傷

6-2-4 維持管理及び運営費

将来的に生じる維持管理費を下記に示す。なお、耐用年数は 100 年である。

建設から 30 年間の維持管理に必要な予算の総額の年平均額は 4 万 US ドルである。この額は、2015 年の MTI の維持管理費用の 0.1%程度であり、MTI が十分に賄える金額と考えられる。

表 6-2-2 維持管理・運営費

維持管理項目	インターバル	費用 (US ドル)
点検		
日常点検	2 日	MTI が実施
定期点検	5 年	200,000
臨時点検	————	————
補修又は取り替え費用		
伸縮継ぎ手取り替え	40 年	326,700

出典:調査団

第 7 章 概算事業費

7-1 積算条件

非公開

7-2 積算結果

非公開

非公開

第 8 章 事業実施計画

8-1 事業実施機関

本事業は、6-1 プロジェクト実施体制に示す MTI が実施する。

8-2 事業実施のスケジュール

以下に事業実施のスケジュールを示す。なお、Utility Relocation は、既設道路沿線住民の移転に合わせ橋梁完成後に行う。

8-3 事業のパッケージ分け

本事業は 4 橋（ムルクク橋、リサウエ橋、ラブー橋、プリンサポルカ橋）とも同じ形式の橋梁である。そのため、施工方法や使用機材が同じであり、技術者や架設機材等の転用が可能である。本事業を効率的かつ経済的に施工を行うため 4 橋の建設、およびこれらに付属する工事を 1 つのパッケージとして実施することを提案する。

表 8-3-1 事業実施スケジュール

非公開

第9章 事業の評価

9-1 評価手法

本事業の評価は、数量的に把握可能な定量的効果と数量化は困難であるが効果が期待される定性的効果に分類して行う。定量的効果は、経済分析により算出される純現在価値（NPV）、費用便益比（B/C）及び経済的内部収益率（EIRR）を指標として評価する。事業を実施することにより得られる間接的な便益を定性的な効果として評価する。また、事前から事後まで一貫した指標を使って事業をモニタリング・評価するために運用効果指標を設定する。

なお、本事業は通行料等を徴収するような収入を期待する事業ではない。したがって、ここでは料金収入でどこまで投資が回収できるかという意味の財務分析は行わない。

9-2 経済分析（基本）

9-2-1 基本方針

本事業の経済分析は、本事業が実施された場合の“With Project”と本事業が実施されなかった場合の“Without Project”の2ケースを比較して検討する。本事業の対象区間は、現在、他ドナーにより道路整備が実施中で、本事業が実施された場合は道路整備も完了している。“With Project”は4橋架け替えのケース、“Without Project”は4橋の架け替えは実施されず10年後の2026年にムルクク橋が落橋し、その後残り3橋も5年毎に落橋とするケースとする。

9-2-2 前提条件

経済分析を実施するにあたり、設定した前提条件を以下に示す。

- 実施スケジュール：建設工事工期 2019年から2021年、2022年から供用開始
- 評価期間：供用開始後、25年間（通常の評価期間は20~25年間であるが、新橋の耐用年数（100年）と長いことから25年間とした）。
- 割引率：12%（国道21B号線道路整備プロジェクトの経済分析の条件と同様であり、インフラストラクチャープロジェクトで一般的に使われている率）
- インフレーション：考慮しない（便益、費用双方に平等に影響を及ぼすため除外する）。
- VAT及び輸入関税：除外する

9-2-3 経済費用（建設費用、運営維持管理費）

本事業の建経済費用は、第7章7-2積算結果に示すとおりである。運営維持管理費用は、下記の費用を計上した。

橋梁：5年に1度を点検→20万USドルを計上

9-2-4 経済便益

9-2-4-1 便益の種類

本事業実施によって期待される数量化可能な経済便益を以下に示す。

- 走行費用節約便益
- 旅行時間短縮便益

- ・ 橋梁通行止めによる農畜産物の経済的損失の削減便益

9-2-4-2 橋梁落橋時の便益の考え方

本事業の対象区間の橋梁が落橋した場合（例としてムルクク橋が落橋した場合）、下記に示す迂回路を通行するものとする（Without ケース）。With ケースは、迂回路を通行せず NIC-21B 号線を通行するものとする。出発地から目的地に向かう交通の流れは3パターンが考えられる。交通量の配分は、利用頻度が高いリオ・ブランコとムルクク橋の間で発生（集中）するパターン1は対象区間の交通量の50%、パターン2と3は各25%の交通量が配分されるとした。

- ・ パターン1は、地点A及びBの間を行き来する場合（ムルクク橋の落橋による影響はないため With及びWithout Projectに差はない）
- ・ パターン2は、地点C及びDの間を行き来する場合（With Projectの場合はムルクク橋を通行できるが、Without Projectの場合はムルクク橋の落橋により、迂回路を使用する必要がある）
- ・ パターン3は地点A及びDの間を行き来する場合（With Projectの場合はムルクク橋を通行できるが、Without Projectの場合は迂回路を使用する必要がある）

以下のとおり、各パターンの Without project の迂回方法を示す。



出典：google map を基に調査団にて加工

図 9-2-1 各パターンの区間（ムルクク橋）

表 9-2-1 各パターンの区間と距離（ムルクク橋）

パターン	区間	距離
Without		
パターン 1	Rio Blanco と Mulukuku 間⇔ 域内または Muymuy	$(48 + 53) / 2 = 50.5\text{km}$
パターン 2	Mulukuku- Siuna 間⇔迂回路⇔ Mulukuku-Muymuy 間	$69/2 + 201 + (48 + 53) / 2 = 286\text{km}$
パターン 3	Mulukuku- Siuna 間⇔迂回路⇔ Muymuy	$69/2 + 201 = 235.5\text{km}$
With		
パターン 1	Rio Blanco と Mulukuku 間⇔ 域内または Muymuy	$(48 + 53) / 2 = 50.5\text{km}$
パターン 2	Mulukuku- Siuna 間⇔橋梁⇔ Mulukuku-Muymuy 間	$69/2 + (48 + 53) / 2 = 85.0\text{km}$
パターン 3	Mulukuku- Siuna 間⇔橋梁⇔ Muymuy	$69/2 + 48 + 53 = 135.5\text{km}$

* “～と～の間” は、～と～の間のどこから発生（集中）すること意味する。

** 区間のどこから発生（集中）したかは不明のため、平均値として中間距離を採用した。

出典：調査団

迂回路の道路状況は未舗装、迂回路道路以外は舗装整備されている条件下で下記の平均速度を設定した。

表 9-2-2 迂回路と迂回路以外の平均速度

平均速度 (km/h)	乗用車	大型車
迂回路	25.0	20.0
迂回路以外	70.0	55.0

出典：調査団

パターン 1 は、落橋の影響を受けないため、パターン 2 とパターン 3 における走行時間の差を算出した。

表 9-2-3 パターン 2 とパターン 3 における走行時間（ムルクク橋）

走行時間	区間	乗用車	大型車
パターン 2			
Without	(1) Mulukuku- Siuna 間⇔迂回路	34.5km/70km/h=0.49 時間	34.5km/55km/h=0.63 時間
	(2) 迂回路	201km/25km/h=8.04 時間	201km/20km/h=10.05 時間
	(3) 迂回路⇔Mulukuku-Muymuy 間	50.5km/70km/h=0.72 時間 小計 9.25 時間	50.5km/55km/h=0.92 時間 小計 11.60 時間
With	(4) Mulukuku- Siuna 間⇔橋梁	34.5km/70km/h=0.49 時間	34.5km/55km/h=0.63 時間
	(5) 橋梁⇔Mulukuku-Muymuy 間	50.5km/70km/h=0.72 時間 小計 1.21 時間	50.5km/55km/h=0.92 時間 小計 1.55 時間
パターン 2 の走行時間差		8.04 時間	10.05 時間
パターン 3			
Without	(6) Mulukuku- Siuna 間⇔迂回路	34.5km/70km/h=0.49 時間	34.5km/55km/h=0.63 時間
	(7) 迂回路	201km/25km/h=8.04 時間 小計 8.53 時間	201km/20km/h=10.05 時間 小計 10.68 時間
	(8) Mulukuku- Siuna 間⇔橋梁	34.5km/70km/h=0.49 時間	34.5km/55km/h=0.63 時間
With	(9) 橋梁⇔Muymuy	101km/70km/h=1.44 時間 小計 1.93 時間	101km/55km/h=1.8 時間 小計 2.43 時間
	パターン 3 の走行時間差		6.60 時間

出典：調査団

上記同様に、他の3橋梁についても走行距離と走行時間を算出し、まとめたものを下表に示す。

表 9-2-4 各橋梁の Without と With ケースの走行距離と走行時間（パターン別）

橋梁	パターン	ケース	走行距離 (km)		走行時間 (h)			
			迂回路	NIC-21B	車種	迂回路	NIC-21B	
ムルクク橋	パターン2	Without	201	34.5+50.5	乗用車	8.04	1.21	
		With	0	34.5+50.5	乗用車	0	1.21	
	パターン3	Without	201	34.5	乗用車	8.04	0.49	
		With	0	34.5+101	乗用車	0	1.93	
	リサウエ橋	パターン2	Without	201	28+57	乗用車	8.04	1.21
			With	0	28+57	乗用車	0	1.21
パターン3		Without	201	28	乗用車	8.04	0.40	
		With	0	28+114	乗用車	0	2.03	
ラプー橋		パターン2	Without	201	11.5+73.5	乗用車	8.04	1.21
			With	0	11.5+73.5	乗用車	0	1.21
	パターン3	Without	201	11.5	乗用車	8.04	0.16	
		With	0	11.5+201	乗用車	0	2.26	
	プリンサボルカ橋	パターン2	Without	201	8+77	乗用車	8.04	1.21
			With	0	8+77	乗用車	0	1.21
パターン3		Without	201	8	乗用車	8.04	0.11	
		With	0	8+154	乗用車	0	2.31	

上記の走行距離は走行費用節約便益、走行時間は旅行時間短縮便益を算出に必要なデータである。また、落橋時の走行費用節約便益と旅行時間短縮便益は、落橋後から栈橋建設完成までの間とする。ムルクク橋の栈橋建設期間は6.5ヶ月、他の3橋の栈橋建設期間は5ヶ月とする。

9-2-4-3 走行費用節約便益

国道21B号線道路整備プロジェクトにおいて走行費用原単位は、Highway Development and Management Model (道路開発管理システム：HDM-4 Model)*1 を用いて算定されている。

車種別の走行費用原単位は、本事業の対象区間の国道21B号線道路整備プロジェクトの調査時に使用したHDM-4 Model*2 のデータを参考に本調査では、インフレ率5.9%（積算条件と同じ）を考慮して2016年の値とした。

*1：HDM-4 Modelは、主に道路投資選択を評価するための道路開発・管理システムであり、道路管理・道路工事計画の作成・融資条件の評価・予算配分の検討・道路ネットワーク性能の予測・プロジェクト評価・政策影響の検討に適用することができる。

*2：HDM-4 Modelは、国際的融資機関によって推奨されることもあること、ニカラグアでの使用実績より本調査の走行費用の原単位はHDM-4 Modelを基に算定する。

Basic Input Data

Country/Region	REPUBLICA DE NICARAGUA
Year	2016

Terrain Types

Code	Description	Rise & Fall (m/km)	Horizontal Curvature (deg/km)	Number of Rises & Falls (#)	Super_elevation (%)
A	Flat	10	50	1	2
B	Rolling	20	150	2	3
C	Mountainous	40	300	4	5

Road Types

Code	Description	Surface Type 1-Bituminous 2-Concrete 3-Unsealed	Carriageway Width (m)	Speed Limit (km/hour)	Speed Limit Enforcement (#)	Roadside Friction (#)	NMT Friction (#)
X	Paved	1	6.0	80.0	1.1	1.0	1.0
Y	Gravel	3	5.0	60.0	1.1	1.0	1.0
Z	Earth	3	5.0	50.0	1.1	1.0	1.0

Vehicle Types

Code	Description	Number of Wheels	Number of Axles
1	Car Small	4	2
2	Four-Wheel Drive	4	2
3	Delivery Vehicle	4	2
4	Motorcycle	2	2
5	Bus Medium	6	2
6	Truck Light	4	2
7	Truck Medium	6	2
8	Truck Heavy	10	3
9	Truck Articulated	18	5

Vehicle Fleet Characteristics	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Car Small	Four-Wheel Drive	Delivery Vehicle	Motorcycle	Bus Medium	Truck Light	Truck Medium	Truck Heavy	Truck Articulated
Economic Unit Costs									
New Vehicle Cost (\$/vehicle)	13904.35	25703.49	17435.62	628.81	63859.37	31161.34	44399.43	46756.23	79522.85
Fuel Cost (\$/liter for MT, \$/MJ for NMT)	0.59	0.54	0.54	1.01	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
Lubricant Cost (\$/liter)	4.51	4.51	4.51	3.92	4.46	4.46	4.46	4.46	4.46
New Tire Cost (\$/tire)	104.51	208.44	176.07	20.40	423.01	205.68	423.01	455.75	467.58
Maintenance Labor Cost (\$/hour)	2.73	2.73	2.73	0.79	4.82	4.82	4.82	4.82	4.82
Crew Cost (\$/hour)	0.40	0.45	0.89	0.00	3.53	1.73	2.55	2.81	5.06
Interest Rate (%)	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
Utilization and Loading									
Kilometers Driven per Year (km)	30000	32000	32000	18000	80000	30000	30000	30000	38000
Hours Driven per Year (hr)	500	533	800	500	2000	750	750	750	950
Service Life (years)	15	15	15	10	20	20	25	20	25
Percent of Time for Private Use (%)	75.00	50.00	50.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gross Vehicle Weight (tons)	1.20	1.80	1.50	1.20	12.65	4.96	12.34	18.18	31.11

出典：国道 21B 号線道路整備プロジェクト（世銀、CABEI 等）

図 9-2-2 走行費用原単位用の基礎データ

HDM-4 Model による計算結果（道路プロジェクト実施時）を以下に示す。

表 9-2-5 HDM-4 Model による計算結果

コード	地形	タイプ	国際ラフネス	乗用車 (\$/veh-km)	4駆車 (\$/veh-km)	バン (\$/veh-km)	二輪車 (\$/veh-km)	バス (\$/veh-km)	小型トラック (\$/veh-km)	中型トラック (\$/veh-km)	大型トラック (\$/veh-km)
BX-02	Terrain B / Type X - Roughness 02			0.14	0.20	0.16	0.06	0.40	0.29	0.44	0.59
BX-03	Terrain B / Type X - Roughness 03			0.15	0.20	0.16	0.06	0.41	0.29	0.44	0.60
BX-04	Terrain B / Type X - Roughness 04			0.15	0.21	0.17	0.06	0.43	0.31	0.46	0.62
BX-05	Terrain B / Type X - Roughness 05			0.15	0.21	0.18	0.06	0.46	0.32	0.48	0.64
BX-06	Terrain B / Type X - Roughness 06			0.16	0.22	0.18	0.06	0.49	0.34	0.50	0.66
BX-07	Terrain B / Type X - Roughness 07			0.17	0.24	0.19	0.06	0.51	0.35	0.52	0.68
BX-08	Terrain B / Type X - Roughness 08			0.17	0.25	0.20	0.06	0.53	0.37	0.54	0.70
BX-09	Terrain B / Type X - Roughness 09			0.18	0.26	0.20	0.06	0.56	0.38	0.56	0.72
BX-10	Terrain B / Type X - Roughness 10			0.19	0.27	0.21	0.06	0.58	0.40	0.58	0.74
BX-11	Terrain B / Type X - Roughness 11			0.19	0.28	0.22	0.06	0.61	0.42	0.60	0.77
BX-12	Terrain B / Type X - Roughness 12			0.20	0.30	0.23	0.06	0.63	0.43	0.63	0.80
BX-13	Terrain B / Type X - Roughness 13			0.21	0.31	0.24	0.06	0.66	0.45	0.65	0.83
BX-14	Terrain B / Type X - Roughness 14			0.22	0.33	0.25	0.06	0.69	0.47	0.68	0.87
BX-15	Terrain B / Type X - Roughness 15			0.23	0.34	0.26	0.06	0.71	0.49	0.70	0.90
BX-16	Terrain B / Type X - Roughness 16			0.24	0.36	0.27	0.06	0.74	0.51	0.73	0.94
BX-17	Terrain B / Type X - Roughness 17			0.25	0.37	0.28	0.06	0.77	0.53	0.76	0.97
BX-18	Terrain B / Type X - Roughness 18			0.26	0.39	0.29	0.06	0.80	0.55	0.78	1.01
BX-19	Terrain B / Type X - Roughness 19			0.26	0.40	0.30	0.06	0.83	0.56	0.81	1.04
BX-20	Terrain B / Type X - Roughness 20			0.27	0.41	0.31	0.06	0.86	0.58	0.84	1.07
BX-21	Terrain B / Type X - Roughness 21			0.28	0.43	0.32	0.06	0.89	0.60	0.86	1.11
BX-22	Terrain B / Type X - Roughness 22			0.29	0.44	0.33	0.07	0.91	0.62	0.89	1.14
BX-23	Terrain B / Type X - Roughness 23			0.30	0.45	0.34	0.07	0.94	0.64	0.92	1.18
BX-24	Terrain B / Type X - Roughness 24			0.31	0.47	0.35	0.07	0.97	0.66	0.94	1.21
BX-25	Terrain B / Type X - Roughness 25			0.31	0.48	0.36	0.07	1.00	0.67	0.97	1.24
BY-02	Terrain B / Type Y - Roughness 02			0.15	0.20	0.16	0.05	0.41	0.29	0.45	0.59
BY-03	Terrain B / Type Y - Roughness 03			0.15	0.20	0.17	0.05	0.42	0.30	0.45	0.60
BY-04	Terrain B / Type Y - Roughness 04			0.15	0.21	0.17	0.06	0.45	0.31	0.48	0.63
BY-05	Terrain B / Type Y - Roughness 05			0.16	0.22	0.18	0.06	0.48	0.33	0.50	0.66
BY-06	Terrain B / Type Y - Roughness 06			0.17	0.23	0.19	0.06	0.51	0.35	0.53	0.69
BY-07	Terrain B / Type Y - Roughness 07			0.18	0.25	0.20	0.06	0.54	0.37	0.55	0.71
BY-08	Terrain B / Type Y - Roughness 08			0.18	0.26	0.21	0.07	0.57	0.39	0.57	0.74
BY-09	Terrain B / Type Y - Roughness 09			0.19	0.27	0.22	0.07	0.60	0.40	0.60	0.77
BY-10	Terrain B / Type Y - Roughness 10			0.20	0.29	0.23	0.07	0.62	0.42	0.62	0.80
BY-11	Terrain B / Type Y - Roughness 11			0.21	0.30	0.23	0.07	0.65	0.44	0.65	0.83
BY-12	Terrain B / Type Y - Roughness 12			0.22	0.31	0.24	0.08	0.68	0.46	0.68	0.87
BY-13	Terrain B / Type Y - Roughness 13			0.23	0.33	0.25	0.08	0.71	0.48	0.70	0.91
BY-14	Terrain B / Type Y - Roughness 14			0.24	0.34	0.27	0.08	0.75	0.50	0.73	0.94
BY-15	Terrain B / Type Y - Roughness 15			0.25	0.36	0.28	0.08	0.78	0.52	0.76	0.98
BY-16	Terrain B / Type Y - Roughness 16			0.25	0.38	0.29	0.08	0.81	0.54	0.79	1.02
BY-17	Terrain B / Type Y - Roughness 17			0.26	0.39	0.30	0.09	0.84	0.56	0.82	1.07
BY-18	Terrain B / Type Y - Roughness 18			0.27	0.41	0.31	0.09	0.87	0.58	0.85	1.11
BY-19	Terrain B / Type Y - Roughness 19			0.28	0.42	0.32	0.09	0.91	0.60	0.88	1.15
BY-20	Terrain B / Type Y - Roughness 20			0.29	0.44	0.33	0.09	0.94	0.63	0.91	1.19
BY-21	Terrain B / Type Y - Roughness 21			0.30	0.45	0.34	0.10	0.97	0.65	0.94	1.23
BY-22	Terrain B / Type Y - Roughness 22			0.31	0.47	0.35	0.10	1.01	0.67	0.98	1.27
BY-23	Terrain B / Type Y - Roughness 23			0.32	0.48	0.36	0.10	1.04	0.69	1.01	1.31
BY-24	Terrain B / Type Y - Roughness 24			0.33	0.50	0.37	0.11	1.07	0.71	1.04	1.35
BY-25	Terrain B / Type Y - Roughness 25			0.34	0.51	0.38	0.11	1.11	0.73	1.07	1.39
BZ-02	Terrain B / Type Z - Roughness 02			0.15	0.21	0.17	0.05	0.42	0.30	0.46	0.60
BZ-03	Terrain B / Type Z - Roughness 03			0.15	0.21	0.17	0.05	0.43	0.31	0.46	0.61
BZ-04	Terrain B / Type Z - Roughness 04			0.16	0.22	0.18	0.05	0.46	0.32	0.49	0.63

*上記の結果は、“With”ケースと“Without”ケースの速度及び道路地形、舗装状況から、“With”ケースはコード BX-08、“Without”ケースはコード BY-24 の各走行費用原単位を採用した。

“With”ケース：約 70km/h、丘陵地帯、舗装ありとすると BX-08 Terrain B(Rolling)/Type X(Paved)-Roughness 8

“Without”ケース：約 25km/h、丘陵地帯、砂利道とすると BY-24 Terrain B(Rolling)/Type Y(Gravel)-Roughness 24

Code (label)	Name (label)	Car Small (km/hr)	Bus Medium (km/hr)	Truck Heavy (km/hr)
BX-08	Terrain B / Type X - Roughness 08	71.41	57.81	66.58
BY-25	Terrain B / Type Y - Roughness 25	24.96	24.11	22.14

	速度
Terrain B / Type Z - Roughness 02	53.82
Terrain B / Type Z - Roughness 03	53.81
Terrain B / Type Z - Roughness 04	53.79
Terrain B / Type Z - Roughness 05	53.76
Terrain B / Type Z - Roughness 06	53.67
Terrain B / Type Z - Roughness 07	53.48
Terrain B / Type Z - Roughness 08	53.08
Terrain B / Type Z - Roughness 09	52.36
Terrain B / Type Z - Roughness 10	51.21
Terrain B / Type Z - Roughness 11	49.57
Terrain B / Type Z - Roughness 12	47.54
Terrain B / Type Z - Roughness 13	45.25
Terrain B / Type Z - Roughness 14	42.87
Terrain B / Type Z - Roughness 15	40.54
Terrain B / Type Z - Roughness 16	38.33
Terrain B / Type Z - Roughness 17	36.28
Terrain B / Type Z - Roughness 18	34.39
Terrain B / Type Z - Roughness 19	32.66
Terrain B / Type Z - Roughness 20	31.07
Terrain B / Type Z - Roughness 21	29.63
Terrain B / Type Z - Roughness 22	28.30
Terrain B / Type Z - Roughness 23	27.09
Terrain B / Type Z - Roughness 24	25.97
Terrain B / Type Z - Roughness 25	24.94

**コードは、道路地形－舗装状況－国際ラフネス指数の順で表示している。例)

Terrain B－TypeX－Roughness8 の場合は、BX-8 となる。各条件は、図 10-2-1 に記載されているとおりである。

***国際ラフネス指数は、世界各国において、舗装の共用性能に乗り心地を取り入れる際の指標である。

国際ラフネス指数は、地形と舗装の条件が一緒のグループの中で速度が速いものから順にナンバリングされている。例) BZ のグループは、53.83km/h 国際ラフネス 2、24.94km/h で 25 となる。

出典：国道 21B 号線道路整備プロジェクトのデータを基に 2016 年値に再計算

走行費用原単位を下記に示す。

表 9-2-6 走行費用原単位

走行費用原単位 (US\$/veh-km)	二輪車	乗用車	バス	トラック	トレーラー
Without ケース	0.11	0.33	1.07	1.04	1.35
With ケース	0.06	0.17	0.53	0.54	0.70

出典：国道 21B 号線道路整備プロジェクト（世銀、CABEI 等）を基に 2016 年値に再計算

9-2-4-4 旅行時間短縮便益

旅行時間節約便益とは、本事業の実施により、本事業が実施されないケースよりも所要時間が短縮される事を経済価値に換算した値である。短縮された時間に時間価値を乗じて旅行時間短縮便益を計上する。MTI 実施のプレ FS 報告書の中で時間価値は、下記に示す 2014 年のニカラグアの平均月収と労働時間から算定されている。本調査では、インフレ率 5.9%（積算条件と同じ）を考慮して 2016 年の値とした。

表 9-2-7 時間価値算定の基礎データ

平均月収	C\$9136.82
月労働時間	192 時間
時間賃金	C\$47.59
交換レート	1 US\$ = C\$28.7
時間価値 (US\$/人・時間) *	US\$1.66

出典：MTI 実施のプレ FS 報告書を基に 2016 年値に計算

9-2-4-5 橋梁通行止め時に発生する農畜産物の経済的損失の削減便益

本事業の対象区間は農畜産物の輸送に使われており、橋梁が通行止めになった場合は経済的な損失が発生する。本調査実施前に実施された MTI によるプレ FS 報告書では、“Without Project” ケースでは橋梁が通行止めとなった場合の農畜産物の経済的損失の削減便益を計上している。本調査においても同様の便益を計上する。但し、価格についてはインフレ率 5.9%（積算条件と同じ）を考慮して 2016 年の値とした。

農畜産物の経済的損失は、米、豆、トウモロコシといった農産物、牛乳、牛肉の流通量と販売価格から流通価格を算出し、その内、農産物の流通価格の 5%、牛乳と牛肉の流通価格の 10% が橋梁通行止め時に発生すると設定している。

橋梁の通行止めのシナリオは、プリンサポルカ以北からリオ・ブランコ方面へと向かう輸送量を対象としているため、4 橋梁のうちどこかの橋梁が通行止めになった場合として農畜産物の経済的損失の削減便益を計上している。

表 9-2-8 米の経済的損失の削減便益

年	米生産量	70%	30%	販売価格	流通価格	米の経済的損失の削減便益
		域内消費量	流通量			
2019	1130942.0	791659.4	339282.6	US\$21.03	\$7,134,356.05	\$356,717.80
2020	1142251.4	799576.0	342675.4	US\$21.03	\$7,205,699.07	\$360,284.95
2021	1153673.9	807571.7	346102.2	US\$21.03	\$7,277,757.03	\$363,887.85
2022	1165210.6	815647.5	349563.2	US\$21.03	\$7,350,534.13	\$367,526.71
2023	1176862.8	823803.9	353058.8	US\$21.03	\$7,424,038.80	\$371,201.94
2024	1188631.4	832042.0	356589.4	US\$21.03	\$7,498,279.44	\$374,913.97
2025	1200517.7	840362.4	360155.3	US\$21.03	\$7,573,262.36	\$378,663.12
2026	1212522.9	848766.0	363756.9	US\$21.03	\$7,648,995.97	\$382,449.80
2027	1224648.1	857253.7	367394.4	US\$21.03	\$7,725,484.48	\$386,274.22
2028	1236894.6	865826.2	371068.4	US\$21.03	\$7,802,740.51	\$390,137.03
2029	1249263.5	874484.5	374779.1	US\$21.03	\$7,880,768.25	\$394,038.41
2030	1261756.2	883229.3	378526.8	US\$21.03	\$7,959,574.02	\$397,978.70
2031	1274373.7	892061.6	382312.1	US\$21.03	\$8,039,170.43	\$401,958.52
2032	1287117.5	900982.2	386135.2	US\$21.03	\$8,119,561.69	\$405,978.08
2033	1299988.6	909992.0	389996.6	US\$21.03	\$8,200,758.32	\$410,037.92
2034	1312988.5	919092.0	393896.6	US\$21.03	\$8,282,766.62	\$414,138.33
2035	1326118.4	928282.9	397835.5	US\$21.03	\$8,365,592.89	\$418,279.64
2036	1339379.6	937565.7	401813.9	US\$21.03	\$8,449,249.77	\$422,462.49
2037	1352773.4	946941.4	405832.0	US\$21.03	\$8,533,741.45	\$426,687.07
2038	1366301.1	956410.8	409890.3	US\$21.03	\$8,619,078.44	\$430,953.92

*単位: quintal = 46kg

出典: MTI プレ FS 報告書を基に 2016 年値に計算

表 9-2-9 豆の経済的損失の削減便益

年	豆生産量	域内消費量	流通量	販売価格	流通価格	5%
						豆の経済的損失の削減便益
2019	381002.4	266701.7	114300.73	US\$22.43	\$2,563,721.94	\$128,186.10
2020	384812.5	269368.7	115443.74	US\$22.43	\$2,589,359.22	\$129,467.96
2021	388660.6	272062.4	116598.17	US\$22.43	\$2,615,252.65	\$130,762.63
2022	392547.2	274783.0	117764.16	US\$22.43	\$2,641,405.36	\$132,070.27
2023	396472.7	277530.9	118941.80	US\$22.43	\$2,667,819.38	\$133,390.97
2024	400437.4	280306.2	120131.22	US\$22.43	\$2,694,497.61	\$134,724.88
2025	404441.8	283109.2	121332.53	US\$22.43	\$2,721,442.54	\$136,072.13
2026	408486.2	285940.3	122545.85	US\$22.43	\$2,748,656.85	\$137,432.84
2027	412571.0	288799.7	123771.31	US\$22.43	\$2,776,143.45	\$138,807.17
2028	416696.7	291687.7	125009.02	US\$22.43	\$2,803,904.82	\$140,195.24
2029	420863.7	294604.6	126259.11	US\$22.43	\$2,831,943.86	\$141,597.19
2030	425072.4	297550.6	127521.71	US\$22.43	\$2,860,263.50	\$143,013.17
2031	429323.1	300526.2	128796.92	US\$22.43	\$2,888,865.97	\$144,443.30
2032	433616.3	303531.4	130084.89	US\$22.43	\$2,917,754.65	\$145,887.73
2033	437952.5	306566.7	131385.74	US\$22.43	\$2,946,932.22	\$147,346.61
2034	442332.0	309632.4	132699.60	US\$22.43	\$2,976,401.60	\$148,820.08
2035	455735.1	312728.7	134026.59	US\$22.43	\$3,006,165.48	\$150,308.27
2036	451222.9	315856.0	135366.86	US\$22.43	\$3,036,227.23	\$151,811.36
2037	455735.1	319014.6	136720.53	US\$22.43	\$3,066,589.53	\$153,329.48
2038	460292.4	322204.7	138087.73	US\$22.43	\$3,097,255.31	\$154,862.77

*単位: quintal = 46kg

出典: MTI プレ FS 報告書を基に 2016 年値に計算

表 9-2-10 トウモロコシの経済的損失の削減便益

年	トウモロコシ生産量	域内消費量	流通量	販売価格	流通価格	トウモロコシの経済的損失の削減便益
2019	975362.2	390144.9	585217.3	US\$20.19	\$11,813,581.49	\$590,679.07
2020	985115.8	394046.3	591069.5	US\$20.19	\$11,931,717.85	\$596,585.89
2021	994967.0	397986.8	596980.2	US\$20.19	\$12,051,035.13	\$602,551.76
2022	1004916.7	401966.7	602950.0	US\$20.19	\$12,171,545.44	\$608,577.27
2023	1014965.8	405986.3	608979.5	US\$20.19	\$12,293,260.90	\$614,663.04
2024	1025115.5	410046.2	615069.3	US\$20.19	\$12,416,193.61	\$620,809.68
2025	1035366.6	414146.7	621220.0	US\$20.19	\$12,540,355.68	\$627,017.78
2026	1045720.3	418288.1	627432.2	US\$20.19	\$12,665,759.24	\$633,287.96
2027	1056177.5	422471.0	633706.5	US\$20.19	\$12,792,416.39	\$639,620.82
2028	1066739.3	426695.7	640043.6	US\$20.19	\$12,920,341.26	\$646,017.06
2029	1077406.7	430962.7	646444.0	US\$20.19	\$13,049,543.94	\$652,477.20
2030	1088180.7	435272.3	652908.4	US\$20.19	\$13,180,038.58	\$659,001.93
2031	1099062.6	439625.0	659437.5	US\$20.19	\$13,311,839.28	\$665,591.96
2032	1110053.2	444021.3	666031.9	US\$20.19	\$13,444,958.18	\$672,247.91
2033	1121153.7	448461.5	672692.2	US\$20.19	\$13,579,407.38	\$678,970.37
2034	1132365.3	452946.1	679419.2	US\$20.19	\$13,715,203.03	\$685,760.15
2035	1143688.9	457475.6	686213.3	US\$20.19	\$13,852,353.20	\$692,617.66
2036	1155125.8	462050.3	693075.5	US\$20.19	\$13,990,878.09	\$699,543.90
2037	1166677.1	466670.8	700006.2	US\$20.19	\$14,130,785.76	\$706,539.29
2038	1178343.8	471337.5	707006.3	US\$20.19	\$14,272,094.38	\$713,604.72

*単位: quintal = 46kg

出典: MTI プレ FS 報告書を基に 2016 年値に計算

表 9-2-11 牛乳の経済的損失の削減便益

10%

年	牛乳生産量	販売価格	流通価格	牛乳の経済的損失の削減便益
2019	2726067.9	US\$0.070	\$191,077.08	\$19,107.71
2020	2753328.6	US\$0.070	\$192,987.86	\$19,298.79
2021	2780861.8	US\$0.070	\$194,917.73	\$19,491.77
2022	2808670.5	US\$0.070	\$196,866.91	\$19,686.69
2023	2836757.2	US\$0.070	\$198,835.58	\$19,883.56
2024	2865124.7	US\$0.070	\$200,823.93	\$20,082.39
2025	2893776.0	US\$0.070	\$202,832.18	\$20,283.22
2026	2922713.7	US\$0.070	\$204,860.49	\$20,486.05
2027	2951940.9	US\$0.070	\$206,909.10	\$20,690.91
2028	2981460.3	US\$0.070	\$208,978.19	\$20,897.82
2029	3011274.9	US\$0.070	\$211,067.97	\$21,106.80
2030	3041387.6	US\$0.070	\$213,178.65	\$21,317.87
2031	3071801.5	US\$0.070	\$215,310.44	\$21,531.04
2032	3102519.5	US\$0.070	\$217,463.54	\$21,746.35
2033	3133544.7	US\$0.070	\$219,638.18	\$21,963.82
2034	3164880.2	US\$0.070	\$221,834.56	\$22,183.46
2035	3196529.0	US\$0.070	\$224,052.91	\$22,405.29
2036	3228494.3	US\$0.070	\$226,293.44	\$22,629.34
2037	3260779.2	US\$0.070	\$228,556.37	\$22,855.64
2038	3293387.0	US\$0.070	\$230,841.93	\$23,084.19

*単位: リットル

出典: MTI プレ FS 報告書を基に 2016 年値に計算

表 9-2-12 牛肉の経済的損失の削減便益

年	牛肉生産量	販売価格	流通価格	牛肉の経済的損失 の削減便益
2019	6919561.6	US\$1.6486	\$11,407,430.59	\$1,140,743.06
2020	6988757.2	US\$1.6486	\$11,521,504.87	\$1,152,150.49
2021	7058644.7	US\$1.6486	\$11,636,719.80	\$1,163,671.98
2022	7129231.2	US\$1.6486	\$11,753,087.08	\$1,175,308.71
2023	7200523.5	US\$1.6486	\$11,870,617.93	\$1,187,061.79
2024	7272528.7	US\$1.6486	\$11,989,324.06	\$1,198,932.41
2025	7345254.0	US\$1.6486	\$12,109,217.32	\$1,210,921.73
2026	7418706.6	US\$1.6486	\$12,230,309.59	\$1,223,030.96
2027	7492893.6	US\$1.6486	\$12,352,612.58	\$1,235,261.26
2028	7567822.6	US\$1.6486	\$12,476,138.81	\$1,247,613.88
2029	7643500.8	US\$1.6486	\$12,600,900.15	\$1,260,090.02
2030	7719935.8	US\$1.6486	\$12,726,909.14	\$1,272,690.91
2031	7797135.2	US\$1.6486	\$12,854,178.30	\$1,285,417.83
2032	7875106.5	US\$1.6486	\$12,982,720.00	\$1,298,272.00
2033	7953857.6	US\$1.6486	\$13,112,547.26	\$1,311,254.73
2034	8033396.2	US\$1.6486	\$13,243,672.77	\$1,324,367.28
2035	8113730.1	US\$1.6486	\$13,376,109.40	\$1,337,610.94
2036	8194867.4	US\$1.6486	\$13,509,870.49	\$1,350,987.05
2037	8276816.1	US\$1.6486	\$13,644,969.24	\$1,364,496.92
2038	8359584.3	US\$1.6486	\$13,781,418.99	\$1,378,141.90

*単位: pounds = 0.454kg

出典: MTI プレ FS 報告書を基に 2016 年値に計算

表 9-2-13 橋梁通行止め時に発生する農畜産物の経済的損失の削減便益

年	農産物	牛乳	牛肉	合計
2018	\$1,064,665	\$18,914	\$1,129,164	\$2,212,743
2019	\$1,075,583	\$19,108	\$1,140,743	\$2,235,434
2020	\$1,086,339	\$19,299	\$1,152,150	\$2,257,788
2021	\$1,097,202	\$19,492	\$1,163,672	\$2,280,366
2022	\$1,108,174	\$19,687	\$1,175,309	\$2,303,170
2023	\$1,119,256	\$19,884	\$1,187,062	\$2,326,201
2024	\$1,130,449	\$20,082	\$1,198,932	\$2,349,463
2025	\$1,141,753	\$20,283	\$1,210,922	\$2,372,958
2026	\$1,153,171	\$20,486	\$1,223,031	\$2,396,688
2027	\$1,164,702	\$20,691	\$1,235,261	\$2,420,654
2028	\$1,176,349	\$20,898	\$1,247,614	\$2,444,861
2029	\$1,188,113	\$21,107	\$1,260,090	\$2,469,310
2030	\$1,199,994	\$21,318	\$1,272,691	\$2,494,003
2031	\$1,211,994	\$21,531	\$1,285,418	\$2,518,943
2032	\$1,224,114	\$21,746	\$1,298,272	\$2,544,132
2033	\$1,236,355	\$21,964	\$1,311,255	\$2,569,573
2034	\$1,248,719	\$22,183	\$1,324,367	\$2,595,269
2035	\$1,261,206	\$22,405	\$1,337,611	\$2,621,222
2036	\$1,273,818	\$22,629	\$1,350,987	\$2,647,434
2037	\$1,286,556	\$22,856	\$1,364,497	\$2,673,908
2038	\$1,299,421	\$23,084	\$1,378,142	\$2,700,647
2039	\$1,307,801	\$23,233	\$1,387,029	\$2,718,063
2040	\$1,319,576	\$23,442	\$1,399,518	\$2,742,536
2041	\$1,331,351	\$23,651	\$1,412,006	\$2,767,008
2042	\$1,343,126	\$23,861	\$1,424,494	\$2,791,481
2043	\$1,354,901	\$24,070	\$1,436,983	\$2,815,954
2044	\$1,366,676	\$24,279	\$1,449,471	\$2,840,426
2045	\$1,378,451	\$24,488	\$1,461,959	\$2,864,899
2046	\$1,390,226	\$24,697	\$1,474,448	\$2,889,371

出典: MTI プレ FS 報告書を基に 2016 年値に計算

*なお、2018 年から 2021 年は上述のとおり、発生する便益の 50%を計上して経済分析を行った。

9-2-5 経済分析の結果

上記で算出した経済便益と経済費用から、経済分析を行った。経済的妥当性は、算定された EIRR11.9%と用いられる社会的割引率 12%との比較によって評価される。算定された EIRR11.9%は社会的割引率 12%を下回っているため、本プロジェクトは経済的に妥当であると判断できない。

表 9-2-14 経済分析の結果

非公開				
-----	--	--	--	--

出典：調査団

9-2-6 感度分析

本分析を行なうにあたり設定した投資費用や保守運営費及び便益には、それぞれ変動要素がある。そこで、感度分析として、それぞれの変動要素に応じて一定の幅を与え、分析結果がどのように変化するかを把握することにより、本プロジェクトのフィージビリティについて安定性を確認する。

この結果、いずれのケースも事業はフィージブルとはならない。

表 9-2-15 感度分析結果

EIRR		便益		
		100%	90%	80%
費用	100%	11.9%	10.7%	9.4%
	110%	10.8%	9.7%	8.5%
	120%	9.9%	8.8%	7.6%

出典：調査団

9-3 経済分析（補足）

補足ケースとして国道21B号線道路整備プロジェクトを含めたケースにおいて経済分析と実施した。

9-3-1 基本方針（補足）

本事業の対象区間は、現在、他ドナーにより道路整備が実施中で、本事業が実施された場合は道路整備も完了している。経済分析を実施するにあたり、道路整備の効果も考慮する必要があるため、“With Project”は4橋の架け替えに加えて道路も整備されているケース、“Without Project”は4橋の架け替えは実施されておらず道路も整備されていないケースとする。このため、経済費用には本事業の建設費用及び運営維持費に加えて道路整備費及び運営維持費も考慮する。

9-3-2 前提条件（補足）

9-2-2の前提条件と同様とした。

9-3-3 経済費用（建設費用、運営維持管理費）（補足）

本事業の建経済費用は、第7章7-2積算結果に示すとおりである。運営維持管理費用は、下記の費用を計上した。

橋梁：5年に1度を点検→20万USドルを計上

道路：10年に1度補修→道路事業費の10%（約700万US\$）

9-3-4 経済便益（補足）

9-3-4-1 便益の種類（補足）

本事業実施によって期待される定量化可能な経済便益を以下に示す。

- 走行費用節約便益
- 旅行時間短縮便益
- 橋梁通行止めによる農畜産物の経済的損失の削減便益

国道21B号線道路整備プロジェクト（Estudio de Factibilidad del Proyecto de Mejoramiento de la Carretera, 2014, MTI）の第一期（リオ・ブランコ～ムルクク）は既に工事完成に近いため、第一期の工事完成の次年度から本事業の完成（2021年）までは、通常発生する便益の50%の便益を計上する。

9-3-4-2 走行費用節約便益（補足）

走行費用節約便益は、車種別の走行費用原単位と将来交通量から”With Project”と”Without Project”のケースにおいて道路区間83.6km（世銀、CABEI等の支援による国道21B号線道路整備プロジェクトの区間、リオ・ブランコ～シウナ）の走行費用を算出し、両者の差を走行費用節約便益として計上する。なお、道路区間83.6kmは、国道21B号線道路整備プロジェクトと同様の整備区間である。

走行費用原単位は、9-2-4-3に示したとおりである。

9-3-4-3 旅行時間短縮便益（補足）

旅行時間節約便益とは、本事業の実施により、本事業が実施されないケースよりも、同一の旅

客トリップに対して所要時間が短縮される事を経済価値に換算した値である。短縮された時間に時間価値を乗じて旅行時間短縮便益を計上する。道路区間は、世銀、CABEI等の支援による国道21B号線道路整備プロジェクトの区間（リオ・ブランコ～シウナ）と同様の83.6kmとした。下記に、車種別の走行時間を示す。なお、時間価値原単位は、9-2-4-3に示したとおりである。

表 9-3-1 車種別走行時間（補足）

ケース	乗用車	バス	トラック、トレーラー
Without ケース	3.3	4.2	4.2
With ケース	1.2	1.7	1.7

出典：MTI実施のプレFS報告書及び現地調査結果より算出

9-3-4-4 橋梁通行止め時に発生する農畜産物の経済的損失の削減便益（補足）

9-2-4-4と同様の便益とする。

9-3-5 経済分析の結果（補足）

上記で算出した経済便益と経済費用から、経済分析を行った。経済的妥当性は、算定されたEIRR14.4%と用いられる社会的割引率12%との比較によって評価される。算定されたEIRR14.4%は社会的割引率12%を上回っているため、本プロジェクトは経済的に妥当であると判断される。

表 9-3-2 経済分析の結果（補足）

非公開

出典：調査団

9-3-6 感度分析（補足）

本分析を行なうにあたり設定した投資費用や保守運営費及び便益には、それぞれ変動要素がある。そこで、感度分析として、それぞれの変動要素に応じて一定の幅を与え、分析結果がどのように変化するかを把握することにより、本プロジェクトのフィージビリティについて安定性を確認する。

この結果、建設費用及び保守運営費 10%増または便益 10%減のケースにおいては、経済的内部収益率（EIRR）は、設定した評価基準値である 12%を満たしている。建設費用及び保守運営費 20%増及び便益 10%減のケース、あるいは便益 20%減のケースにおいては、事業はフィージブルとはならない。

但し、費用は、橋梁と道路プロジェクトの建設費用が共に増加した場合の感度分析となっている。全体の建設費用の約 60%を占める道路プロジェクトはすでに多くの工事が完了しているため、費用が大きく増加する可能性は低く、感度分析の結果はより良くなると考えられる。

表 9-3-3 感度分析結果（補足）

EIRR		便益		
		100%	90%	80%
費用	100%	14.4%	13.2%	11.9%
	110%	13.3%	12.1%	10.8%
	120%	12.3%	11.2%	10.0%

出典：調査団

9-4 間接的な便益（定性的効果）

定量化できない間接的な便益を下記に示す。

1) 交通事故減少便益

本事業の完成により、各橋梁の車両の走行環境の改善により、歩行者が安全に橋を横断できる効果が期待できる。結果として、橋梁横断時の交通事故の減少にもつながる。

2) 落橋による交通障害発生確率の減少便益

本事業の対象 4 橋梁は、事業が完成しない場合は落橋または老朽化による障害により、交通が遮断される可能性がある。対象橋梁区間周辺は代替となる路線がないため、橋梁が原因の交通障害が発生した場合の地域住民のアクセシビリティは著しく低下することが考えられる。本事業を実施することで、交通障害が発生する確率は低くなる効果が期待できる。

3) 地域間経済交流拡大便益

本事業の完成は、リオ・ブランコーシウナ間のみならず、ニカラグアの中心であるマナグアやプエルト・カベザスといった主要な地点を結ぶ役割を担う道路区間の一部である。橋梁の完成により、安定した輸送路が確保されることで、今後、これまで以上の輸送量が増加することが期待できる。また輸送のみならず、地域間の交流が拡大する効果も期待できる。

9-5 運用効果指標

事業効果を確認・評価するために導入されている運用効果指標の定義は以下のとおりである。

- 1) 運用指標：事業の運営状況を定量的に測る指標
- 2) 事業の効果発現状況を定量的に測る指標

本事業を定量的に評価するために、現況実績値（ベースライン）と事業完成2年後の目標値として設定した運用効果指標（提案）を次表に示す。

表 9-5-1 運用指標（提案）

指標		ベースライン 2015	事業完成2年後 2023年
運用指標	年平均日交通量 (AADT)*1	721	1,156

出典：調査団（2015年6月2日～8日の現地調査に基づく）

*1 AADT: Annual Daily Traffic Volume（年平均日交通量）

表 9-5-2 効果指標（提案）

指標		ベースライン 2015	事業完成2年後 2023年
効果指標	アクセス時間（時間）*2	1.3	0.8

出典：調査団

*2 条件

●ムルクク橋ープリンサポルカ橋（53km）

□2016: 40km/h, 4 駆車

□2023: 70km/h, 4 駆車

□制限速度: 80km/h

第 10 章 結論と提言

10-1 結論

本調査の結論を以下に示す。

- サイト調査の結果では、各橋梁ともに劣化状態が激しく、特にムルクク橋梁においては、片側交合通行が行われる等、落橋の不安が高まっており、早急な架け替えが必要であると判断された。
- 環境社会配慮に関する調査では、事業にかかる自然及び社会環境への負の影響が確認され、これに対する緩和策及び環境モニタリング計画、実施機関、実施スケジュール等が設定された。また、用地取得及び住民移転の必要性が確認され、これに対する補償方針及び補償プロセス、責任機関、補償スケジュール等が設定された。
- 将来交通量については、2015年の交通量と将来交通の伸び率から、供用開始25年後の2046年時点において3,881台/日と推計された。なお、この結果より必要車線数は、2車線となった。
- 橋梁形式の検討では、耐久性、経済性、施工性、技術移転の有効性等に配慮し、プレキャストPC床版を持つ鋼少数主桁形式を選定、主桁鋼材には経済性に優れる橋梁用高性能鋼材（SBHS鋼材）を採用した。また、耐震性向上に向けた、免震支承やねじふし鉄筋、及び、景観性、耐久性、経済性に優れた景観配慮型のアルミ製車両防護柵を採用した。表10-1-1に各橋梁の橋梁諸元を示す。
- 事業の運営維持管理に関する調査、計画では、ニカラグア国MTIの運営維持管理能力を確認するとともに、橋梁の維持管理運営計画を提案した。
- 概算事業費は、
- 表10-1-2に示す通りである。
- 事業実施計画では、事業実施スケジュールの策定、事業のパッケージ分けの提案を行った。
- 事業評価に関する検討では、経済分析の結果EIRRが14.4%となった。この結果より本事業は、フィージブルであると判定された。

表 10-1-1 プロジェクト概要

橋 梁 名	ムルクク橋	リサウエ橋	ラブー橋	プリンサ ポルカ橋
取付道路延長	200m	200m	200m	200m
橋長	176.0m	80.0m	92.0m	105.0m
支間配置	53.0+70.0+53.0m	32.0+48.0m	52.0+40.0m	40.0+65.0m
斜角	80°	90°	90°	80°
総幅員	12.100m			
道路規格	2次幹線道路			
設計速度	80km/h			
設計震度	Level I	I種地盤：135gal、II種地盤：160gal		
	Level II	I種地盤：1350gal、II種地盤：1120gal		

設計活荷重			HS20-44 の25%増し相当	
上部構造	形式		鋼連続板桁	
	使用材料	主桁	鋼材 SMA400W、SBHS400W、SBHS500W	
		床版	コンクリート	$\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$
	鉄筋		Grade60、SD345	
	地覆	コンクリート	$\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$	
		鉄筋	Grade60、SD345	
下部構造	橋台形式		逆T式橋台	
	橋脚形式		小判型壁式橋脚	
	杭基礎形式		場所打ち杭（全回転式オールケーシング工法）	
	使用材料	躯体	コンクリート	$\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$
			鉄筋	Grade60、SD345
	杭基礎	躯体	コンクリート	$\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$
鉄筋			Grade60、SD345	

出典：調査団

表 10-1-2 概算事業費

非公開

出典：調査団

10-2 提言

本調査における提言を以下に示す。

- 耐候性鋼材の使用は、維持管理の簡略化に対して有効であるが、局部的な滞水や漏水等により腐食が進行してしまうことも有るため、詳細設計時には細部の構造詳細について十分な検討を行う必要がある。
- 現地製作となるPCプレキャスト床版については、実物大試験の実施や専門技術者の派遣等、品質確保に向けた条件を工事仕様書に確実に記載しておく必要がある。
- 本計画では、住民移転の減少を目的に架橋位置を比較的大きく変更している。このため、今回実施したボーリング調査位置と架橋位置とが離れている箇所が有り、詳細設計においては必要により追加ボーリングを実施する必要がある。
- MTIは、EIAおよびARAPに係る業務を事業期間に亘り実施し、事業の円滑な運営を図る必要がある。
- MTIは、本橋梁計画で変更となった道路線形を、確実にMTI側の道路設計に反映するとともに、本橋梁計画で実施する範囲外の道路を橋梁線形と合致するように、本工事開始までに正確に施工する必要がある。(少なくとも本工事開始までに工事用車両が進入可能な状態としておく。)
- 本橋梁計画では、取付道路盛り土により道路の横断に支障をきたす箇所があるため、MTIは、本報告書内の道路計画も参考として、適切な機能補償を道路工事内で行う必要がある。