

ボリヴィア国

サンボルハ〜トリニダ道路改良調査(PHASE II)

ファイナルレポート

技術参考資料

(骨材調査)

平成元年1月

国際協力事業団

開 一



89-015(5/7)





JICA LIBRARY



1075263121

19323



ボリヴィア国

サンボルハ～トリニダ道路改良調査(PHASE II)

ファイナルレポート

技術参考資料

(骨材調査)

平成元年1月

国際協力事業団



## 目 次

1. 骨材調査の目的 .....	1
1.1 骨材に求められる一般的材質 .....	1
1.2 概算必要骨材量 .....	4
2. 骨材採取候補地 .....	6
2.1 サンボルハ側 .....	6
2.2 トニリダ側 .....	8
3. カリボ丘砂利採取場 .....	10
4. リオカリボ川砂利採取場 .....	14
5. リオダルタグニャン川砂利採取場 .....	16
6. 石山No.3 採石場 .....	21
7. リオキキベイ川砂利採取場 .....	24
8. リオアルトベニ川砂利採取場 .....	29
9. セロチコ採石場 .....	31
10. セロサンホルへ採石場 .....	33
11. セログランデ採石場 .....	39
12. リオブランコ川砂採取場 .....	40
13. リオマモレ砂採取場 .....	42
14. 舗装用骨材の選定 .....	43
14.1 下層路盤の材料 .....	43
14.2 上層路盤及び表層の材料 .....	45
15. 構造物用骨材の選定 .....	46
15.1 橋梁コンクリートの骨材 .....	46
15.2 その他 .....	47



## 1. 骨材調査の目的

プロジェクトサイトの周囲には岩石を有する山や丘陵が無く、また河川も緩く、砂利、玉石等も存在しないため、計画路線沿いからは、舗装用あるいはコンクリート構造物用の骨材を得ることは難しい。よって、マモレ川の細砂が路床改良材あるいは構造物の裏込材として利用可能であるほかは、計画道路の建設に必要とする骨材は、全て他地域から求める必要がある。

他地域に存在する骨材の採取場あるいは採石場の候補地は、これまでの調査から、サンボルハから50～150km離れたサンボルハ側の6ヶ所（カリボ、リオカリボ、リオダルタグニャン、石山No.3、リオキキベイ、リオアルトベニ）、及びトリニダから170～310km離れたトリニダ側の4ヶ所（セロチコ、セロサンホルヘ、セログランデ、リオブランコ）に絞られることが判明している。これらの候補地の中には、他のプロジェクトによりすでに使用されているものもあるが、まだ未開発のものもある。いずれにしてもこれらの採取場あるいは採石場の材質、量、運搬距離、その他立地条件等も十分に調査し、これらの中から、プロジェクトの建設に必要とする骨材の最適な供給地を確保していかなければならない。

### 1. 1 骨材に求められる一般の材質

骨材の品質や粒度は、舗装やコンクリートの性状に大きな影響を与える。ここに示す骨材の品質や粒度についての規格は一般的な標準を示すものである。

#### 1. 1. 1 舗装用骨材

##### 1) Especificacion M-147 de AASHTO

- ・石材は、繰返す乾燥・湿潤や凍結・融解によって破壊されてはならない。
- ・ロスアンゼルス試験によるすりへりは、50%以下でなければならない。（nota : De acuerdo a los materiales en el terreno se puede cambiar el valor de la abrasion）
- ・0.075mm (No.200)フルイ通過分は、0.425mm (No.40)フルイ通過分の2/3以下でなければならない。
- ・0.425mmフルイ通過分の液性限界は25以下、そして塑性指数は6以下でなければならない。
- ・表1-1に示される粒径を上・下層路盤及び表層に適用する。

表1-1 上層路盤、下層路盤、表層材の粒度範囲 (AASHTO)

DESIGNACION DEL TAMIZ STANDARD ALTERNO		PORCENTAJE QUE PASA GRADACION					
		A	B	C	D	E	F
50	2"	100	100	....	....	....	....
25.0	1"	....	75-95	100	100	100	100
9.5	3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	....	....
4.75	No. 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	70-100
2.00	No. 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100
0.425	No. 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70
0.075	No. 200	2-8	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

subbase y base : Gradación A, B, C, D, E o F.

capa superficial : Gradación C, D, E o F.

• Cuando no se cubre la capa subbase (como capa de rodadura de ripio)

No. 200 (0.075mm) Minimo= 8%

Limite Liquido Maximo=35%

Indice Plastico= 4 - 9%

2) 日本アスファルト舗装要綱

日本のアスファルト舗装要綱による碎石及び砂利の標準的な品質を表1-2に示す。

表1-2 碎石及び砂利の品質 (MPAJ)

Caracteristicas	Superficie	Base	Subbase
Peso especifico	> 2.45	-	-
Absorción %	< 3.0	-	-
Abrasión (L.A.) (%)	< 35	< 50	-
C B R	-	> 80	> 30
Tamaño máximo (mm)	-	< 40	< 50*
Indice Plástico (fracción <0.4mm)	-	< 4	< 6

\*やむをえないときは、一層仕上げ厚の1/2以下で100 mmまで許容してよい。

1. 1. 2 コンクリート用粗骨材

1) Especificación M-80 de AASHTO

- ・粗骨材の有害物及び物理特性は表1-3の値を限度とする。

表1-3 コンクリート用粗骨材の有害物含有量及び物理特性の限度 (AASHTO)

Designación Clase	PORCENTAJE MÁXIMO PERMISIBLE				
	Contenido de Partículas de arcilla y material quebradizo	Material que pasa el tamiz 0.075mm (No. 200)	Contenido de carbón y lignito	Abrasión	Desintegración media por sulfato sódico (5 ciclos)
B1	3.0	1.0	0.5	50	12

\* Meteorización moderada

2) 日本コンクリート標準示方書

- ・粗骨材は清浄、強硬、耐久的で、適当な粒度をもち、うすっぺらな石片、細長い石片、有機物、等の有害物を含んでいてはならない。
- ・粗骨材の有害物は、表1-4の値を限度とする。

表1-4 コンクリート用粗骨材の有害物含有量の限度 (SSCJ)

種 類	最大値 (重量百分率)
粘土塊	0.25
洗い試験で失われるもの	1.0
石炭、亜炭等で比重1.95の液体に浮くもの	1.0

1. 1. 3 コンクリート用細骨材

1) Especificación M-6 de AASHTO

- ・細骨材の有害物の含有量は表1-5の限度をこえてはならない。

表1-5 コンクリート用細骨材の有害物質含有量の限度 (AASHTO)

Sustancias	Límite Máximo permisible (% de volumen)
Partículas friables	1.0
Carbón y lignito	1.0
Material que pasa el tamiz de 0.075mm (No.200)	
a) Hormigones sujetos a la abrasión superficial	4.0*
b) Demás clases de hormigón	5.0
Impurezas orgánicas	Color más claro que el normal.

\*日本コンクリート標準示方書の場合は3%である。

・細骨材は大小粒が適度に混合しているもので、その粒度は表1-6の範囲を標準とする。

表1-6 コンクリート用細骨材の粒度の標準 (AASHTO)

Tamiz	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8 in.)	100
4.75 mm (No. 4)	95 - 100
1.18 mm (No. 16)	45 - 80
0.300 mm (No. 50)	10 - 30
0.150 mm (No. 100)	1 - 10

2) 日本コンクリート標準示方書

- ・細骨材の有害物は、表1-5の‘注’に示した事項以外はAASHTOと同じである。
- ・細骨材の粒度の標準を表1-7に示す。

表1-7 コンクリート用細骨材の粒度の標準 (SSCJ)

Tamiz (mm.)	Porcentaje que pasa
10	100
5	90 - 100
2.5	80 - 100
1.2	50 - 90
0.6	25 - 65
0.3	10 - 35
0.15	2 - 10

1. 1. 4 骨材量の変化率

骨材は地山にあるときと、それをほぐしたとき、ほぐしてから締め固めたときでは体積が異なる。  
一般的な骨材の変化率を下記に示す。

Agregados	Suelto (L)	Compactado (C)
Roca dura	<u>1.70</u> ～ 2.00	<u>1.30</u> ～ 1.50
Roca Intermedia	<u>1.55</u> ～ 1.70	<u>1.20</u> ～ 1.40
Gravas	<u>1.10</u> ～ 1.20	<u>1.00</u> ～ 1.05
Arena	<u>1.10</u> ～ 1.20	<u>0.85</u> ～ 0.95

Nota:  $L = \frac{\text{Volumen suelto (m}^3\text{)}}{\text{Volumen banco natural (m}^3\text{)}}$

$C = \frac{\text{Volumen compactado (m}^3\text{)}}{\text{Volumen banco natural (m}^3\text{)}}$

1. 2 概算必要骨材量

表1-8に舗装及び橋梁に使用される骨材の概算数量を示す。骨材採取場の選定に当っては、この表中に示される数値以上の埋蔵量(採取可能量)がなければならない。

表1-8 CANTIDAD ESTIMADA DE REQUERIMIENTO DE AGREGADOS

ITEM	LADO SAN BORJA	LADO TRINIDAD	TOTAL
Pavimento	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Capa Superficial (Piedra Triturada)	---	7.000 (Trinidad-Río Manoré: 10.5km)	7.000
Capa Base (Piedra Triturada)	---	8.000 (Trinidad-Río Manoré: 10.5km)	8.000
Capa subbase (Grava o Piedra Triturada sin seleccionar)	250.000 (Fátima-San Borja: 172km)	80.000 (Trinidad-Fátima: 50km)	320.000
Bermas (Grava o Piedra Triturada sin seleccionar)	---	6.000 (Trinidad-Río Manoré: 10.5km)	6.000
Total	250.000	81.000	341.000
Fuente	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Agregado grueso	800 (Tigre, Mururita, Curiraba, Curirabita)	700 (San Juan, San Gregorio, Pto. Almacén)	1.400
Agregado Fino	600 (Tigre, Mururita, Curiraba, Curirabita)	500 (San Juan, San Gregorio, Pto. Almacén)	1.100
Total	1.400	1.200	2.500

## 2. 骨材採取候補地

計画道路の建設に必要とする骨材の採取候補地は、サンボルハ側の6ヶ所とトリニダ側の5ヶ所に絞られる。これらの採取候補地は、全て、相当な距離をもって互いに隔てられていると同時に、それらの所存場所は、ある大きな川、森、山の一地域に限られている。また、各採取場から得られる材料は、河床の砂や砂利であったり、森の中の丘砂利であったり、山の岩石や破碎岩である場合など種々違っている。以下に各採取候補地の所在地と産出する材料を示す。そして、各採取候補地は、この章の中で、堆積材料を利用の対象とした場合は‘採取場’として、また、山の岩石は破碎岩のような砕石材料を利用の対象とした場合は、‘砕石場’として、名称を使い分けることとする。なお、各採取候補地の技術的な特徴は3～13を参照のこと。

### 2.1 サンボルハ側（採取場5ヶ所、砕石場1ヶ所）

サンボルハ側の採取候補地の内訳を表2-1に、それらの所在位置を図2-1に示す。また、各候補地の所在位置の明確さをきすため、周辺部を含めた概略地図を図2-2に示す。

#### サンボルハ側採取候補地

1. カリポ丘砂利採取場 .....	下層路盤材
2. リオカリポ川砂利採取場 .....	下層路盤材、リーコンクリート材（砂利、砂）
3. リオダルクニアン川砂利採取場 .....	下層路盤材、リーコンクリート材（砂利、砂）
4. 石山No.3 砕石場 .....	下層路盤材
5. リオキキベイ川砂利採取場 .....	コンクリート材（砂利、砂）
6. リオアルトベニ川砂利採取場 .....	コンクリート材（砂利）

表2-1 BANCOS DE PRESTAMO DE AGREGADOS PROPUESTOS EN EL LADO DE SAN BORJA

FUENTE	BANCO O CANTERA	DISTANCIA A SAN BORJA	ACCIDENTE GEOGRAFICO	TIPO DE MATERIAL	U S O	OBSERVACIONES
Caripo	Banco de Préstamo Caripo (B.P.C.)	54 km	Plano boscoso	Gravoso	Subbase	- Carretera Nacional No.2 (Camino Plano) - Resultados actuales.
Río Caripo	Banco de Préstamo Río Caripo (B.P.R-C)	54	Río	Grava y arena	Sub-base, Hor- migon pobre.	- Carretera Nacional No.2 (Camino plano) - Resultados actuales.
Río Dartagnan	Banco de Préstamo Río Dartagnan (B.P.R-D)	59	Río	Grava y arena	Sub-base, Hor- migon pobre.	- Carretera Nacional No.2 (Camino plano) - No tiene resultados actuales.
Yshiyama No. 3	Cantera Yshiyama No. 3 (C.Y. No.3)	66	Montaña	*Coluvial y roca	Sub-base	- Carretera Nacional No.3 (Camino montañoso) - No tiene resultados actuales.
Río Quiquibey	Banco de Préstamo Río Quiquibey (B.P.R-Q)	80	Río	Grava y arena	Hornigón	- Carretera Nacional No.3 (Camino montañoso) - Resultados actuales.
Río Alto Beni	Banco de Préstamo Río Alto Beni (B.P.R-A.B.)	148	Río	Grava	Hornigón	- Carretera Nacional No.3 (Camino montañoso) - Resultados actuales.

\* Mezcla de roca y arcilla

## 2. 2 トリニダ側 (採取場 2ヶ所、碎石場 3ヶ所)

トリニダ側の採取候補地の内訳を表 2-2 に、それらの所在位置を図 2-1 に示す。また、各候補地の所在位置の明確さをきすため、周辺部を含めた概略地図を図 2-3 に示す。

### トリニダ側採取候補地

1. セロチコ碎石場 .....	下層路盤材
2. セロサンホルへ碎石場 .....	舗装材、コンクリート材 (碎石)
3. セログランデ碎石場 .....	舗装材、コンクリート材 (碎石)
4. リオブランコ川砂採取場 .....	コンクリート材 (砂)
5. リオマモレ川砂採取場 .....	路床改良材

表2-2 BANCOS DE PRESTAMO DE AGREGADOS PROPUESTOS EN EL LADO DE TRINIDAD

FUENTE	BANCO O CANTERA	DISTANCIA A TRINIDAD	ACCIDENTE GEOGRAFICO	TIPO DE MATERIAL	U S O	OBSERVACIONES
Cerro Chico	Cantera Cerro Chico (C.C-C.)	172 km	Cerro	Roca (Arenisca y Cuarcita)	Subbase	- Carretera Nacional No. 9 (Camino Plano) - Resultados actuales.
Cerro San Jorge	Cantera Cerro San Jorge (C.C-S) Yac. No.1, Yac. No.2, Yac. No.3	180 y 185	Cerro	Roca (Cuarcita y Gneís)	Pavimento, Hormigón	- Carretera Nacional No. 9 (Camino plano) - No tiene resultados actuales.
Cerro Grande	Cantera Cerro Grande (C.C-G.)	200	Cerro	Roca (Granito)	Pavimento, Hormigón.	- Carretera Nacional No. 9 (Camino plano) - No tiene resultados actuales.
Río Blanco	Banco de Préstamo Río Blanco (B.P.R-8) Urubicha, Once Por ciento	290 y 270	Río	Arena	Hormigón	- Camino vecinal, senda (Camino plano) - Resultados actuales.
Río Mamoré	Banco de Préstamo Río Mamoré (B.P.R-N.)	-	Río	Arena Fina.	-	- Sobre el Proyecto - No tiene resultados actuales.

### 3. カリボ丘砂利採取場

#### 3. 1 地形及び地質

図2-1に示されるように、カリボ採取場、ユクモから国道2号線沿いに6km北上した所に位置し、サンボルハ側にある他の採取場に比べてプロジェクトサイトに最も近い。サンボルハからの距離は、54kmであり、その道路状態は、国道としての正規の幅員を持つ平坦な砂利道である。

図3-1から解るように、この採取場はカリボ川左岸側の国道を挟んで森の中にある。そして、そこに滞積している立砂利は昔のカリボ川の本流や支流によって運ばれて来たものと考えられる。森全体としては平らな地形であるが、局所的には数じょうの段丘や数本のArroyoが見られる。段丘は現在の川とほぼ平行に高低差1~2mであり、また、Arroyoの大きさは幅1~3m、深さ1~2mである。カリボ川への排水状態は良好であるので湿地帯はない。カリボ川本流及び支流の河床との高低差はほぼ全域で2m以上有り、雨季の増水時において、森の中へ氾濫した痕跡は見受けられない。

この森の中に滞積している砂利は、ほぼ現在の川の河床砂利と同様の粒度分布を示している。即ち、上流に向かうほど、わずかずつであるが粒径が大きくなり、その割合も増す(表3-1参照)。第1採取場の下流は小砂利混りの砂が現れて来ている。

砂利の岩質は泥岩まじりの砂岩であり、多少軟質である。砂利層及び表土の厚さは、場所によってかなりちがうが平均すると、おおむね、砂利は1.5m、表土は1.3m程度である。また砂利滞積層に厚さ数10cmの粘性土や砂質の層を挟んでいる場合もある。図3-1の各調査穴に記載されている砂利層の厚さには介在する粘性土や砂質土の厚さが、15cm以下で、かつ全厚に占める割合が少ない場合は、それらの厚さ分も含めている。しかし、介在する層が厚く、明らかに複数の砂利層にわかれて滞積している場合は、第一番目の砂利層の厚さを記載している。いずれにしろ、砂利の滞積状態は一律的分布はしていない。地下水位が2m前後の深さで確認されている場合もあるが、その数は少ない。

なお、カリボ河の対岸の森の中にも砂利滞積層があるが、その分布範囲は、地形的に多くは望めない。

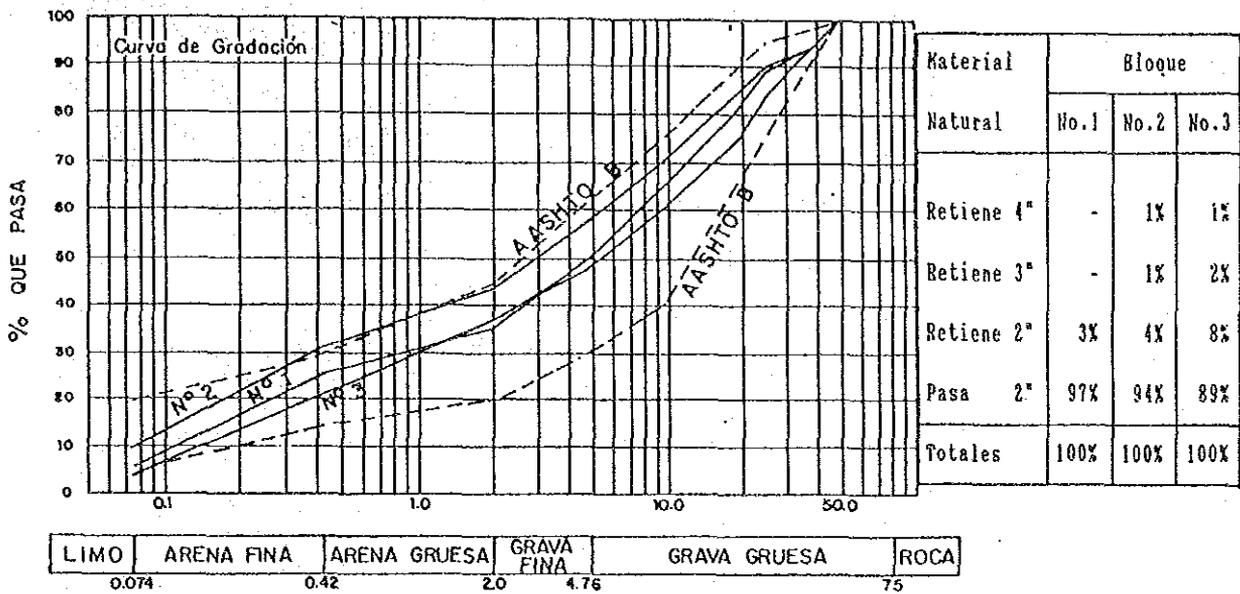
#### 3. 2 材質と材料の用途範囲

表3-1にカリボ採取場から得られる丘砂利の材質とその用途を示す。

表3-1 カリボ丘砂利の材質と用途

地区	比重	吸水	スリヘリ	液性限界	塑性指数	含水比	適水比	最大乾燥密度	CBR <sub>100</sub>	用途
No.1	2.36	5.6	62	14	N.P.	7.5	2.135	73	Subbase	
No.2	3.38	5.2	64	15	N.P.	7.0	2.165	77	Subbase	
No.3	2.42	4.8	62	16	N.P.	7.4	2.152	78	Subbase	

† Fracción gruesa  
 †† Pasa tamiz No. 40 (0.425mm)



各々のBloqueに滞積している砂利は、すりへり量や吸水量が、高目の値を示していることから、多少軟質で、多孔質の砂岩であると考えられる。しかし、その粒度分布や 0.425mm以下の細粒分の性質及び、これらの材料が示す CBR値をみると、ある一定の水準に達しており、路盤材料の必要条件を完全に満すものではないが、下層路盤材料としては有効である。また、この砂利は、ユクモ〜サンボルハ間及びユクモ〜ルネバツケ間の路面砂利（下層路盤）として使用され、良好な路面を維持している実績がある。

### 3. 3 埋蔵量と採取可能量

表3-2は、カリボの森の中に埋もれている砂利の滞積量（埋蔵量）及び、下層路盤材として使用する場合の、有効掘削量（採取可能量）を示す。これらの量は図3-1に示した試験坑による調査から推定したものである。

表3-2 砂利の埋蔵量と採取可能量 (カリボ)

Bloque	Extensión (m <sup>2</sup> )	Espesor de estrato de grava (m)	Espesor de capa superficial (m)	Volumen de depósito de grava (m <sup>3</sup> )	Volumen posible de extracción (m <sup>3</sup> )	Agua Sub- terránea	Nivel freático (m) Promedio
No.1	150,000	1.3	1.5	195,000	136,000	En pocos lugares	2.0†
No.2	160,000	1.6	1.2	256,000	179,000	"	2.2†
No.3	190,000	1.6	1.2	304,000	212,000	"	2.0†
Total	500,000	-	-	785,000	527,000	"	-

骨材料の変化率(締固め後の量÷地山量)を1.00、舗設工事におけるロス率を3%と仮定すると、  
下層路盤材の確保量は、下記のようになる。

Bloque No.1	132,000 m <sup>3</sup>
" No.2	173,000 m <sup>3</sup>
" No.3	205,000 m <sup>3</sup>
Total	510,000 m <sup>3</sup>

### 3.4 採取場の立地条件

カリボ丘砂利採取場は、下層路盤材の入手先としては、材質的にも、また、量的にも優れた採取場である。この採取場の中でも砂利の滞積厚さや、その上にかぶる表土の厚さから採取時の効率を考えれば、Bloque No.2とNo.3はNo.1よりまさる。

採取に当っては、次の点を考慮する必要がある。

- 1) 効率のよい採取を行う為に、各Bloque内は、1~2 ha程度の小区域に分割し、地形の低い所から、又はカリボ川に近い所から作業を進めるとよい。但し、技開作業及び場内排水施設工事は、数区域先を先行する必要がある。
- 2) この採取場の地形は平坦であるが、小さな段丘や起伏があり、またそれらにそって小川などの自然排水路がある。よって区域割は、これらの地域特性を利用するとよい。
- 3) 人工的に設けられる排水溝は、砂利滞積層の確認や観察にも役立つので、計画的に配置するとよい。

4) 使用重機と各作業との関係は次のようになる。

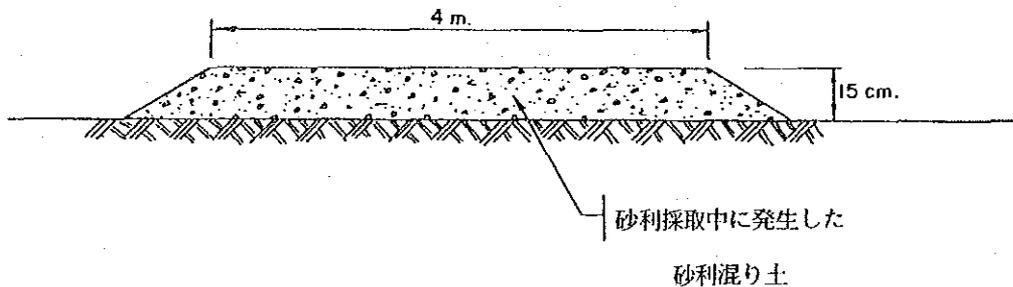
重 機	主 作 業
ブルドーザー (D6)	技開、表土はぎ、砂利掘削、場内搬路
タイヤショベル (2.6m <sup>3</sup> )	集積、積込み、場内搬路
バックホー (0.6m <sup>3</sup> ) ※	排水溝
排水ポンプ (3 m <sup>3</sup> /min) ※	排水

※ 必要時のみ使用

5) 砂利層は2層又は3層で形成されている場合がある。多層の砂利が確認された溝やArroyoの壁は、極力保存につとめ、2層目や3層目の採取時の目印とし、土の混入を防ぐのに役立つとよい。

6) 掘削に伴う地下水の湧出は少ないと思われる。むしろ、降雨による影響に注意を払うべきであり、池になるような採取は避けるべきである。

7) 場内搬路は多少の雨後でもダンプが容易に走行できるように下図に示す程度の規模は必要である。



#### 4. リオカリボ川砂利採取場

リオカリボ採取場は、カリボ丘砂利採取場に隣接し、カリボ河の本流及び交流の河床に滞積している砂利及び砂を採取の対象にした候補地である。したがって、この採取場はカリボ採取場と同様にサンボルハ側にある他の採取場に比べプロジェクトサイトに最も近い距離にある。しかし、河床にある砂利は、図3-1に示されているように国道2号線建設のために使用され、その残量は非常に少ない。また、現在は、サンボルハの町の住宅団地の建設など近隣の工事に使用する材料の供給地として利用が続いている。この為、この採取場単独にて、プロジェクトの必要とする骨材をまかなうことは不可能である。

表4-1は、上流1,000m付近の砂利及び下流550m付近の砂について行った、材質試験の結果である。ここの砂利は、カリボの丘砂利やリオダルトグニャンの川砂利と同様の軟質の砂岩から成っており、その材質も、リオダルトグニャンのものに非常類似している。すりへり量は高目であるが、液性限界、塑性指数、CBR は下層路盤材料として十分使用できる値を示している。

表4-1 リオカリボの砂利及び砂の材質

骨材の種類	比重	吸水	液性限界	塑性指数	有機物	抄り	最適含水比	最大乾燥密度	CBR 100	用途
砂利	2.53	5.0	N.P.	N.P.	—	6.3	7.3	2,170	75	下層路盤用
砂	2.57	2.2	—	—	0.6	—	—	—	—	コンクリート用

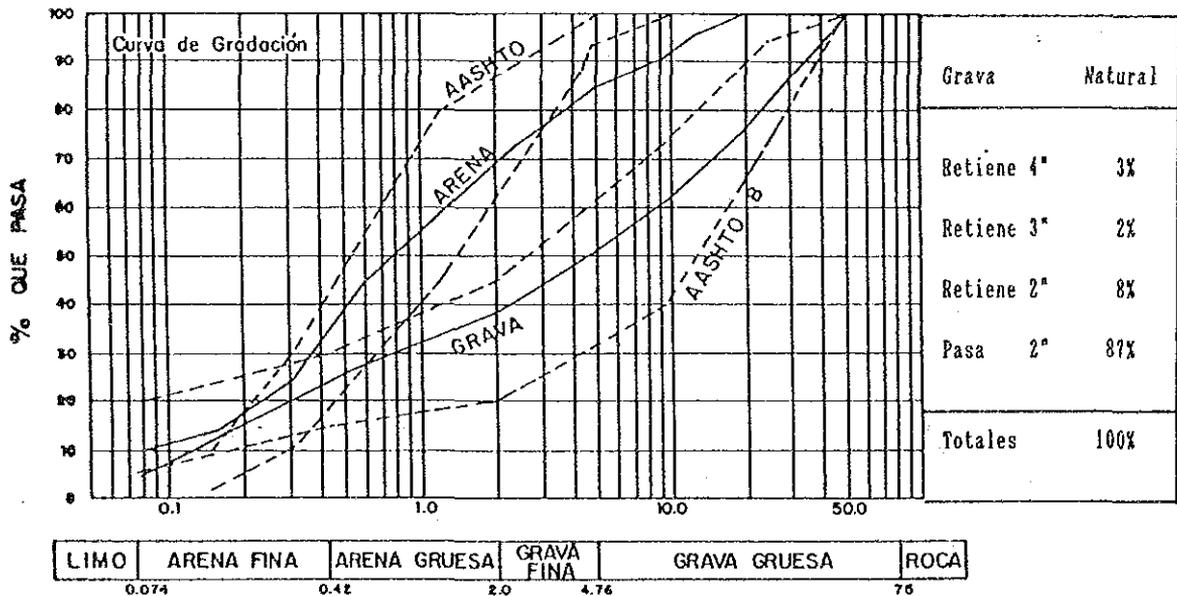


表4-2はリオカリポの本流及び支流に滞積する未採取の砂利の量及び下層路盤材としての採取可能な量を示す。なお、表中に示されていない上流あるいは下流は、巨礫や玉石の混入割合が高かったり、あるいは逆に砂が増加する地域であり、砂利採取としては不適當な地域である。

表4-2 砂利の滞積量と採取可能量（リオカリポ）

区間及び 区間長	平均河床中 m	河床面積 ha	砂利分布積 面 ha	砂利層厚 m	砂利堆積量 m <sup>3</sup>	採取可能量 m <sup>3</sup>	備 考
支流 ℓ=500m	15	0.75	0.75	2.00	15,000	10,000	・粒径20 <sup>cm</sup> 以上の玉石はない。 ・本流に比べ粒径は小さい。 ・100m区間採取中。
上流1.0-1.5 <sup>km</sup> ℓ=500m	25	1.25	1.25	2.00	25,000	13,000	・粒径10 <sup>cm</sup> 以上の砂利の混入率20% ・1.5 <sup>km</sup> 以上上流は1 <sup>m</sup> 以上の玉石が混じる。
上流0.6-1.0 <sup>km</sup> ℓ=400m	45	1.80	0.90	1.00	9,000	4,000	・殆ど採取済で残量は少ない。
下流0.1-0.5 <sup>km</sup> ℓ=400m	40	1.60	1.28	1.50	19,000	13,000	・0.5 <sup>km</sup> 以上下流は砂が堆積。
全体 ℓ=1800m	—	5.40	4.20	—	68,000	40,000	

強度を余り要求されないリーコンクリートに利用可能な砂が、0.5km下流以降に約200m区間滞積している。その滞積量は、概ね16,000m<sup>3</sup>あり、そのうちの10,000m<sup>3</sup>程度は、採取可能と推定される。

## 5. リオダルタグニャン川砂利採取場

### 5. 1 地形及び地質

図2-1に示されるようにダルタグニャン川はユクモから国道2号線沿いに11km北上した所に位置し、また、同じ路線にあるカリボ採取場とは5km離れている(図2-2参照)。サンボルハからの距離は59kmであり、その全区間は、平地部の砂利道が完成している。

この骨材採取場、河床に滞積している砂利が採取の対象となる。国道2号線の上流500mの位置から下流は、砂利以外に砂だけの滞積(砂丘)もあるが、その砂は非常に細い、軟質な粒子から成っており、重要構造物用の細骨材としては不適當である。

砂利の滞積は、下流1km、上流側7kmまで踏査により確認されている。下流1km地点では、河床滞積物のうちの5%程度の砂利を見いだすことはできるが、もう、この地点では採取の対象となる砂利はないと判断される。また、下流0.5km~1km間は、小粒の砂利が川の流心付近に滞積し、その両側を砂丘が占めている。砂利の分布面積は割合は、40~50%、また、混入する玉石最大粒径が15cm程度で主体が小粒の砂利であることを考え合わせると、補修、維持工事などに伴う小規模な採取に向いている。

上流側の砂利の滞積地域は奥が深い。上流側7km地点まで、河幅や砂利の粒度分布などの河相の特徴から区間割りをする、大きく3つに分けられる。この内、上流3kmまでは、下流の0.5kmまでを含め、河床に滞積している砂利を採取するのに最も適した区間であり、また幸いにも、国道2号線に接し、材料の搬出を容易である。表5-1にこの区間の河床状態を示す。砂利の岩質はカリボやリオカリボと同様に砂岩系である。

3~5km区間は、砂利の滞積状態や分布割合、あるいは、粒度分布に代表される材質的な面において、ほとんど採取場最適区間の上流部とかわりはない。しかし、3.2km付近から河幅は急激に20m程度狭くなり、兩岸に台地がせまる地形となる。このため、乾期においても、河幅全面にはぼ水が流れ、流速も速い。このような地形が約600mほど続き、その上流は、また河幅が広がる。

5~7km区間は、河幅は20m程度に一律化し、河川勾配も多少大きくなる。また、ほとんどが砂利の滞積物で、河面をおおうようになると同時に、その砂利には粒径10cm~30cmの玉石を3割ほど含むようになる。

なお、国道沿いの岸側低地部には、数mの厚さを有する丘砂利が滞積している。この低地部の最大幅は約900mにも及ぶものであり、その端部は大きな段丘となっている。道路沿いの5ヶ所において調査掘りを行った結果、全てのヶ所において砂利層が確認された。しかし地下水のため全ての穴の坑壁が掘削中くずれてしまうため、その厚さは不明である。また、砂質土からなる表土は1~2.5mの厚さを示し、おおむね2m以上の表土が全体にかぶっているものと思われる。

表5-1 リオダルタグニャンの河床状態

道路からの 河川長 m	区間表 m	河道巾 m	河床巾 m	平均河床巾 m	記 述				
3,000	1,000	60	60	55	<ul style="list-style-type: none"> <li>・両岸の地形が全体に高くなり、河川領域が明確になる。</li> <li>・河床全域に砂利が堆積する。</li> <li>・40cm程度の玉石も混じるが粒径20cm以上の混入率は5%程度</li> <li>・砂利の堆積厚は平均3.5m</li> <li>・2450m 地点の左岸側から砂利をもつ支流が流入。(河床巾10m)</li> </ul>				
		60	60						
		60	60						
		60	60						
		60	60						
		50	50						
		40	40						
		40	40						
		60	60						
		20	60						
2,000	1,000	20	90	61	<ul style="list-style-type: none"> <li>・両岸の地形に起伏が所々生じ、河床巾が下流部に比べ狭くなる。</li> <li>・河床全域にまだ小砂利や砂を相当量含む砂利が堆積。砂利層表面に砂が覆うところが少なくなる。</li> <li>・粒径20~40cmの玉石が表層部を中心に1m<sup>3</sup>当たり数個混入。</li> <li>・砂利堆積厚は平均 3.5m</li> </ul>				
		40	40						
		30	60						
		40	60						
		30	55						
		20	50						
		40	80						
		50	65						
		20	50						
		20	60						
1,500	500	30	100	97	<ul style="list-style-type: none"> <li>・河床の最も広がった区間。</li> <li>・砂利層表面に砂がかぶっている場合もあるが河床全域に砂利が分布する。</li> <li>・砂利堆積厚約3.0m</li> <li>・最大粒径20cm</li> </ul>				
		40	100						
		60	90						
		50	120						
		45	75						
		75	75						
		80	125						
		55	55						
		45	65						
		35	80						
1,000	500	( 90 )	( 90 )	80	<ul style="list-style-type: none"> <li>・河道、河床ともに大きく広がる。</li> <li>・分布面積；砂利約90%、砂丘約10%</li> <li>・砂利堆積厚平均2.5m</li> <li>・砂丘は流れの背向地点に点在。</li> </ul>				
		40	100						
		10	50						
		20	30						
		20	35						
		40	60						
		500	500			40	100	55	<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂丘は流速の遅くなる両岸を中心に20%程度分布(堆積厚1.5m前後)</li> <li>・砂利堆積厚平均2m、分布面積率約80%</li> <li>・最大粒径15cm</li> </ul>
						10	50		
						20	30		
						20	35		
40	60								
0	500			40	100	55	<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂丘は流速の遅くなる両岸を中心に20%程度分布(堆積厚1.5m前後)</li> <li>・砂利堆積厚平均2m、分布面積率約80%</li> <li>・最大粒径15cm</li> </ul>		
				10	50				
				20	30				
				20	35				
				40	60				
		-500	500	40	100			55	<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂丘は流速の遅くなる両岸を中心に20%程度分布(堆積厚1.5m前後)</li> <li>・砂利堆積厚平均2m、分布面積率約80%</li> <li>・最大粒径15cm</li> </ul>
				10	50				
				20	30				
				20	35				
				40	60				

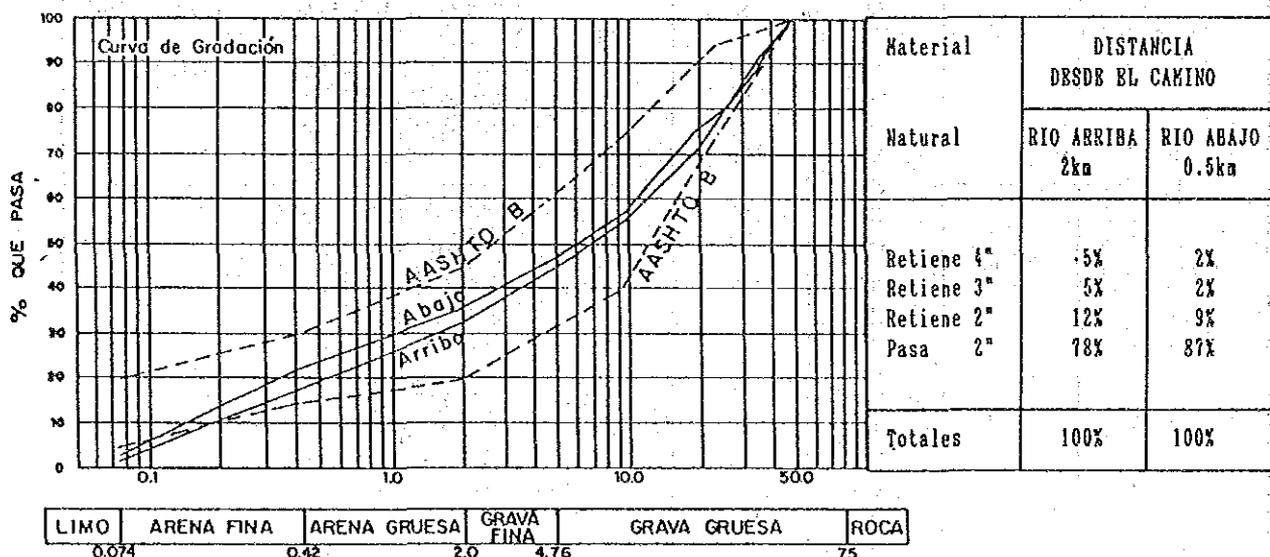
5. 2 材質と材料の用途範囲

表5-2にリオダルトグニャンから得られる川砂利の材質とその用途を示す。

表5-2 リオダルトグニャンの材質と用途

採取場所	比重	吸水	スリヘリ	L. L	P. I	最適含水比	最大乾燥密度	CBR <sub>100</sub>	用途
上流2km	2.42	3.8	77	14	N.P.	7.9	2.150	75	Subbase hormi-gón pobre.
下流 0.5km	2.39	4.9	64	N.P.	N.P.	7.6	2.145	105	Subbase, hormi-gón pobre.

‡ Fracción gruesa  
 †† Pasa tamiz No. 40 (0.425mm)



リオダルトグニャンの川砂利は、カリボの丘砂利やカリボ川の川砂利と同様に多少軟質で多孔質の砂岩である。すりへり量や吸水量は高いが、その粒度分布や0.425mm以下の細粒分の液性限界や塑性指数の各値及び CBRの値をみると、路盤材料としての必要条件を完全に満たすものではないが、下層路盤材料としては有効である。

### 5. 3 滞積量と採取可能量

表5-3は、リオダルトグニャンの上流3km～下流0.5kmの間の河床に滞積する砂利の量及び下層路盤材として、その砂利を採取する場合の採取可能な量を示す。

表5-3 砂利の滞積量と採取可能量 (リオダルトグニャン)

区間及び 区間長	平均河床巾 m	河床面積 ha	砂利分布 面積 ha	砂利層厚 m	砂利堆積量 m <sup>3</sup>	採取可能量 m <sup>3</sup>
上流2.0-3.0 <sup>km</sup> φ=1,000m	55	5.50	5.50	3.00	165,000	104,000
上流1.0-2.0 <sup>km</sup> φ=1,000m	61	6.10	6.10	3.00	183,000	122,000
上流0.5-1.0 <sup>km</sup> φ=500m	97	4.85	4.85	2.50	121,000	97,000
上流0.0-0.5 <sup>km</sup> φ=500m	80	4.00	3.60	2.50	90,000	72,000
下流0.0-0.5 <sup>km</sup> φ=500m	55	2.75	2.20	2.00	44,000	33,000
全体 φ=3,500m	—	23.20	22.30	—	603,000	428,000

骨材量の変化率（締め固め後の量÷地山量）を100、舗装工事におけるロス率を7%と仮定すると、  
下層路盤材の確保量は下記ようになる。

上流	2 km ~ 3 km	96,700 m <sup>3</sup>
上流	1 km ~ 2 km	113,500 m <sup>3</sup>
上下流	1 km ~ 0 km ~ 0.5 km	187,900 m <sup>3</sup>
Total		398,000 m <sup>3</sup>

(1) 採取場の立地条件

一般的に、川砂利の採取は、丘砂利の採取や原石山からの碎石採取に比べ容易に行うことができる。リオダグタグニャンからの下層路盤用の砂利採取においても同様であり、採取に当たっての特別な配慮事項は以下の程度である。

- 1) 増水時は、採取工事を中断すべきである。また、増水時の川の特徴を考慮した砂利の集積及び仮置を行うべきである。
- 2) 下流から採取を開始し、必要量に応じ、順次上流へ施工する。
- 3) 表5-1に示されているように、河床の幅は大きく、また、その幅全域にはほぼ砂利が滞積している。よって採取は、河床全域を行うこと。また、河道部を除く河床には、乾季においては草やあしが茂っているので採取に当たって、これら植物の混入を防ぐこと。
- 4) リオダグタグニャンの川砂利は、幸いにも他プロジェクトにより利用されておらず、国道に近接して採取できる。この為、特別な搬出路を設ける必要はなく、砂利採取用ブルドーザーによる河床の整地及び転圧程度で搬出路は確保できる。
- 5) 使用重機と各作業との関係は次のようになる。

<u>重 機</u>	<u>主 作 業</u>
ブルドーザー (D6)	砂利掘削、集積
タイヤショベル (2.6m <sup>3</sup> )	集積、積込み
バックホー (0.6m <sup>3</sup> ) ※	水路切り替え

※ 必要時のみ使用

## 6. 石山No.3 碎石場

図2-1に示されるように、この碎石候補地は、ユクモから国道3号線に沿って南に12km行った所にある。プロジェクトの終点に当るサンボルハからの距離は66kmである。サンボルハ～ユクモ間は、平坦な走りやすい砂利道であると同時に、カリボヤリオダググニャンの他採取場と同じルート上でもある。

しかし、ユクモから先の材料運搬路としての国道3号線の利用は、ユクモを境にして、カリボ等が存在する北方向と、この石山No.3がある。南方向とは大きな相違がある。即ち北方向は、平坦な走りやすい砂利道であるのに対し、南方向は、アンデス山中の急勾配が連続する幅員の狭い道である。図6-1は、石山No.3付近の地形と道路の状態を示したものであるが、この図のような材料運搬区間が12kmに及ぶことは、カリボヤリオダググニャンに比べ、単に距離が長いことだけでなく、材料輸送車両の走行性、安全性、効率にも大きなマイナス事項である（なお、1989年の完成予定で、この山地区間の道路改良工事は、始まっている）。

石山No.3は、アンデスのピロン山脈に属する山の1つに生じた崩壊地を利用した碎石場である。この付近の山々は、おおむね軟質な砂岩あるいは、泥岩から成っているものと考えられる。当碎石場の前後の道路沿いにも、各所において、露頭岩が見受けられる。これらは全て、非常に軟質な岩であり、この石山No.3の崩壊地に露頭している岩のみが、下層路盤用の材料として使用可能と考えられる。図6-1に示されている道路沿いの山は、多くの風化岩を含む砂岩から成り、その色は、赤茶色、灰色及び乳白色の種類があるが、使用可能な材料としては、上層部にある赤茶色の岩石だけである。そして、この使用可能な赤茶色砂岩を使用できる場所は、図中に示された崩壊地(CANTERA YSHIYAMA No.3)のみに限られる。

この崩壊地の崩壊規模は幅150m、高さ35m、奥行50m程度あり、ほぼこの崩壊幅で赤茶色の砂岩が尾根づたいに分布しているものと考えられる。そしてその埋蔵量は、概ね300,000m<sup>3</sup>あるものと推定されるので、下層路盤材として利用した場合の量的問題はない。しかし、この赤茶色砂岩は、強い風化作用を受け、割れ目や亀裂が発達し、基盤自体がもろくなっているうえ、相当部分において、基石の土砂化が進んでいる。さらに、この砂岩の層の上には、厚さ2m程の表土がかぶっている。

表6-1 石山No.3の碎石の材質と用途

MATERIAL	PESO 1 ESPECIFICO	ABSORCION1	ABRACION1	LIMITE11 LIQUIDO	INDICE PLASTICO	HUMEDAD OPTIMA	DENSIDAD KATINA	CBR 100	USO
Muestra de sondeo	2.48	4.5	47	--	--	--	--	--	--
Material coluvial	2.38	4.4	47	28	10	11.4	2.045	22	--
Material111 mezclado	2.41	3.4	49	24	7	7.5	2.140	90	Subbase

1 Fracción gruesa

11 Pasa tamiz No. 40 (0.425)

111 Material coluvial : Roca triturada = 2 : 1

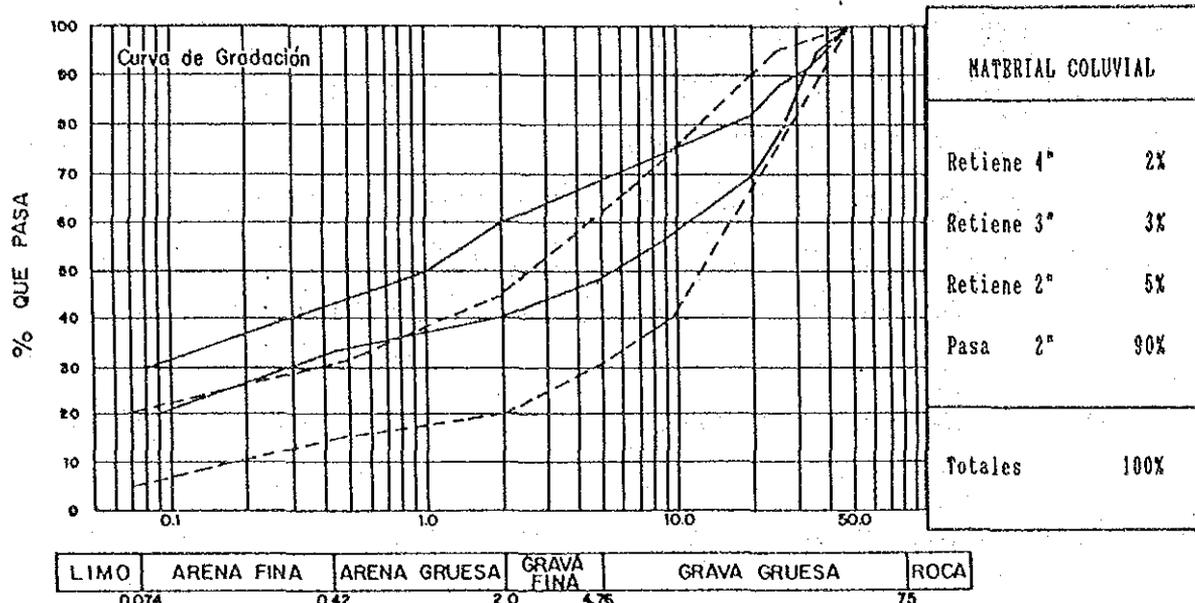


表 6-1 は、この崩壊斜面から採取した礫混り土 (Mesucla de ciestas de piedra en un material arcilloso) 及び、この礫混り土の中に混在している岩塊を石碎して得られた切り込み碎石を礫混り土に混入した混合材料による試験結果である。この試験結果は、礫混り土のみでは、下層路盤に使用できず、碎石を混ぜて初めて使用できることを示している。

下記に示したような崩壊土の粒度の様子から推定すると、原石山を切り崩した時に発生する粒径10cm以上の岩塊の占める割合は、切り崩し量の45%程度となるであろう。

礫混り土	0 ~ 10cm	55%
岩 塊	10 ~ 30cm	15%
	30 ~ 100cm	20%
	100 ~ 300cm	10%

以上のような特徴をもつ原石山から材料を採取し、下層路盤を施工するまでの工事の流れは概ね次のようになると考えられる。

- (1) 大型ブレーカー (あるいは発破) 併用リッパ-掘削によるベンチカット工法にて原石山を崩す。
- (2) ブルトーザーにてベンチから破碎岩を下に落とす際や落とした破碎岩を集積する際は、極力岩塊と礫混り土を選別しながら作業を行なう。
- (3) 集積された礫混り土には、所定サイズ以上のものが、かなりの量混入していると考えられるが、直接道路現場へ運ぶ。
- (4) 礫混り土と分離集積された岩塊は、道路現場近くに設けた碎石場へ運ぶ (原石山に隣接して碎石場を設けることは用地上の制約が大きくて不利である)。

- (5) 運ばれた岩塊のうち、大きいサイズのものは、ハンドブレーカー等にて小割する。
- (6) 一次クラッシャー、二次クラッシャーを有するプラントにて碎石を生産する。
- (7) 自然材料である礫混り土と碎石の割合は、路上にて行なう。混合作業の際、礫混り土の中に残ってしまっている岩塊を出来る限り取りのぞく。

この様なことから、石山No.3 碎石場は、材質的には下層路盤材として使用可能であるが、碎石場の立地条件やここから得られる材料にて行なう施工の難易性から見て、決して有利な材料供給地ではない。他の碎石候補地が、なんらかの原因により、材料供給地とはなりえない場合のみ、この碎石場を開発することになるであろう。

## 7. リオキキベイ川砂利採取場

### 7. 1 地形及び地質

図2-1に示されるよう、この採取場は、ユクモから国道3号線に沿って南に32km行った所にある。プロジェクトの終点に当るサンボルハからの距離は80kmである。サンボルハ～ユクモの間は平地部の砂利道で非常に走りやすい道であるが、ユクモ～採取場間は山地部の急勾配が連続する幅員の狭い道である（なお、1989年の完成予定で、この区間の改良工事が始まった）。

この採取場は河床に滞積している砂利が採取の対象であり、コンクリート構造物用の骨材（砂利及び砂）を得ることを目的とする。数km先には現道改良工事の砂利道に使用した山砂利もあるが、プロジェクトサイトまでの距離及び山地部での輸送という点から、下層路盤材の採取場としては不適格であろう。

国道2号線のユクモ橋等のコンクリート構造物用骨材採取場として開発されたこの採取場は、図7-1に示すように、すでに採取場としての形態を有している。砕石機等を設置するヤードは、河床より2～3m高く、その上、上下流の岸辺の地形が更に高くなっているため、増水時の水の被害を受けにくい地形となっている。

この川砂利は、その殆どが砂岩から成る。採取場前面の幅60mの河は、下記に示すような割合で、玉石、砂利、砂が混合して河床全面に滞積している。

	粒 径	粒度分布
玉 石	100cm ～ 40cm	20%
玉 石(Piedra bolon)	40cm ～ 25cm	20%
砂 利(grava)	25cm ～ 0.5cm	50%
砂 (arena)	0.5cm ～ 0cm	10%

国道がほぼ流れに沿って続く、採取場の上流は、玉石の割合は増し続け、約10km先においては、峡谷となる。下流は河川幅も広がり、河床全面を小さ目の玉石を含む砂利が覆うようになるが、国道とは完全に離れてしまう。

### 7. 2 材質とコンクリート強度

表7-1は、リオキキベイの河床に滞積している砂利と砂を用いて行った骨材試験及びコンクリート強度試験の結果である。河床の砂利は相当量の玉石を含んでいるため、この玉石を砕石にしたものを自然砂利に混合し、コンクリート用の粗骨材として利用している。

表7-2は、国道3号線のユクモ川に架かるユクモ橋の橋台に使用されたコンクリートである。こ

のコンクリートは、本採取場から得た自然砂利と砂にて作ったものである。

この川の砂利及び砂は、個々の材質試験結果において、十分にコンクリート用の粗骨材あるいは細骨材としての品質を有していることが明らかにされている。しかし、これらの骨材を用いて行われたコンクリート強度試験において、橋梁のPC桁などに要求されるような高い強度を有するコンクリートを作ることは不可能であることが判明した。その原因は、圧縮試験供試体の破断面等の状態から判断し、粗骨材が破壊してしまうことが原因と考えられる。リオキキベイの砂利や玉砕を粗骨材に使用した場合の得られるコンクリートの最高圧縮強度は330kgr/cm<sup>2</sup>程度までである。

よって、本採取場から得られる砂利や玉砕は、橋梁の橋台などの通常のコンクリートに使用される粗骨材として適している。なお、砂については次章にも述べられているように、リオベニの砂利を用いた高強度コンクリートにも使用されており、すぐれたコンクリート用粗骨材である。

表7-1 リオキキベいの骨材の材質及びコンクリート（玉砕との混合材料）

a) AGREGADOS

GRAVA.- Mezcla de grava chancada y grava natural de tamaño máximo, de 1" del Río Quiquibey.		ABNA.- Natural del Río Quiquibey. Se debe eliminar el sobre tamaño a No. 4.	
TAMIZ	% QUE PASA	TAMIZ	% QUE PASA
1"	100	No. 4	100
3/4"	70	No. 8	86
1/2"	38	No. 16	77
3/8"	23	No. 30	65
No. 4	0	No. 50	47 †
Módulo de finiza	7.07	No. 100	18 †
Peso Específico	2.59	No. 200	2
% de Absorción	2.6	Módulo de finiza	2.04
Peso Unitario	1.43 kg/dm <sup>3</sup>	Peso Específico	2.64
Desgaste Los Angeles "A"	37.4%	% de Absorción	1.2
		Peso Unitario	1.50 kg/dm <sup>3</sup>
			95 - 100
			45 - 80
			10 - 30
			2 - 10
			0 - 3

b) DOSIFICACION DE HORMIGONES (por m<sup>3</sup>.)

MATERIALES	D O S I F I C A C I O N					
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
Grava chancada de 1" No. 4 (kgr)	1.043	1.012	1.035	1.100	1.013	1.056
Arena natural No. 4-No. 200 (kgr)	680	687	703	779	779	779
Cemento Viacha (kgr)	470	470	450	340	340	340
Agua (Lts)	188	197	189	170	204	187
R a/c	0.40	0.42	0.42	0.50	0.60	0.55
% de Aire	5%	5%	5.5%	5.8%	6%	6%
Asentamiento en pulgadas	1 1/4	3"	2 1/2"	1"	3 1/2"	1 1/2"
Resistencia a 7 días kgr/cm <sup>2</sup>	189	175	175	100	100	98
Resistencia a 28 días kgr/cm <sup>2</sup>	329	245	239	192	182	192

表7-2 ユクモ橋の橋台に使用されたリオキキベイのコンクリート (天然材料)

AGREGADOS

Infraestructura Hormigón Tipo "A" 210 kg/cm<sup>2</sup>  
 Agregados Grava natural 1 1/2" Rio Quiquibey  
 Arena Rio Quiquibey

TAMIZ	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
1 1/2"	100.0	100	
1"	81.9	95 - 100	
3/4"	68.2		
1/2"	51.6	35 - 70	
3/8"	40.1	10 - 30	X
No. 4	14.4	0 - 5	

P.e. 2.629  
 %Abs. 2.542  
 M.f. 6.780

TAMIZ	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
3/8"	100.0	100	
No. 4	99.8	95 - 100	
No. 8	84.1		
No. 16	52.9	45 - 80	
No. 30	31.8		
No. 50	12.1	10 - 30	
No. 100	3.2	2 - 10	
No. 200	0.9	0 - 3	

P.e. 2.577  
 % Abs. 2.753  
 M.f. 3.160

HORMIGON TIPO "A"

Mezcla Plástica Rev: 2" - 4"  
 Tamaño agregado Grava: 1 1/2" - No. 4  
 Arena: No. 4 - No. 200

Relación a/c. = 0.48

Resistencia específica 28 días = 210 kg/cm<sup>2</sup>

Dosificación: Cemento SUCRE 340.0 kg/m<sup>3</sup>  
 Agua 163.2 Lt/m<sup>3</sup>  
 Arena s.s.s 723.0 kg/m<sup>3</sup>  
 Grava s.s.s 1161.0 kg/m<sup>3</sup>

Resultados: Asentamiento 2 1/2"

Resistencia a la compresión 7 días = 205 kg/cm<sup>2</sup>

Resistencia a la compresión 28 días = 252 kg/cm<sup>2</sup>

### 7. 3 滞積量と採取可能量

表7-3はリオキキベイ採取場前面に滞積している砂利の量、及びコンクリート用骨材としてその砂利を採取する場合の採取可能な量を示す。河床に滞積する自然砂利は、量としては十分であるが、玉石から砂までを含んでいる。よってコンクリート用の粗骨材と細骨材をこの自然砂利の中から得るためには、碎石作業、選別作業が必要である。

表7-3 自然砂利の滞積量と砂利、砂の採取可能量（リオキキベイ）

河床面積	自然砂利の堆積状態			粒径25 <sup>cm</sup> ~0 収集可能量	粒径25 <sup>cm</sup> ~10 混入量 (一次選別)	採取可能量	
	堆積厚	堆積量	粒径 <sup>cm</sup> 25~0 混在量			砂利 (10~0.5cm)	砂 (0.5~0.0cm)
18,000m <sup>2</sup> =300m×60m	2m	36,000m <sup>3</sup>	28,800m <sup>3</sup>	11,500m <sup>3</sup>	8,600m <sup>3</sup>	6,900m <sup>3</sup>	1,700m <sup>3</sup>

### 7. 4 採取場の立地条件

コンクリート用骨材採取場として、採取に当たって次の点を考慮すべきである。

#### 1) 河床の集積作業

集積作業には、ブルドーザ(D6)が適している。玉石は出来る限り集積作業中に河床で除かれるべきである。砂の流出を防ぐために、流れの遅い所は、その流れを切り替えてから、集積作業を行うべきである。増水時の川の特性を考慮して、砂利の集積及び仮置を行うべきである。

#### 2) 玉石除去のための一次選別作業（100mm~0mm）

集積作業中に混入する粒径10cm以上の玉石は、鉄骨を格子状に組んだ簡易な選別設備で除く。集積された砂利の運搬や、選別設備への投入はタイヤショベル(2.6m<sup>3</sup>)が適している。

#### 3) 碎石作業と二次選別作業（砂利25mm~5mm、砂5mm~0）

移動式のフルイ装置付きの碎石機（能力50~70t/h程度）にて所定サイズの粗骨材と細骨材を得る。碎石装置は呑込み原石の粒径が小さいので破碎はユーンタイプによる一段式でよい。

#### 4) 細骨材の洗浄

碎石機に洗浄システムが組込まれている場合は、それで十分である。組込まれていない場合は、簡易な洗浄設備を設ける方が好ましい。

#### 5) 骨材の運搬

一次選別後の各施設間の骨材運搬は、ベルトコンベア（幅500mm程度）による方が好ましい。必要なベルトコンベア-の数は5~10mもの3台程度（一次選別設備 — 碎石機、二次選別装置 — 仮置き、二次選別装置 — 洗浄設備）である。

## 8. リオアルトベニ川砂利採取場

この採取場は、サンボルハ側の骨材採取候補地の中で最も遠いが、良質のコンクリート用粗骨材が得られる。コンクリート用骨材が得られるリオキキベイ骨材採取場と同様に、国道3号線沿いにあるが、サンボルハからの距離は、148kmと離れている(図2-1参照)。この内、ヤクモからの100kmは山地部の砂利道であり、特にユクモ～リオキキベイ採取場間の32kmは未改良区間で、幅員の狭い、急勾配の連続する道である。なお、この32km間は、1989年の完成予定で改良工事が始まっている。

リオベニはリオキキベイなどの無数の支流を支えるボリビア内でも指折りの大河であり、採取場は、この大河の上流部に位置する。砂利の滞積量は無尽蔵であり、採取場選定における量的制限は全くないが、採取場位置としては、リニベニに架るリオアルトベニ橋の近辺が最適である。ここには、この橋の建設時に造った、採取場への搬入路や、良質骨材を得て来た実跡とある採取場跡も残っている。

この川砂利は、硬質の砂岩から成る。そしてその粒度構成は、粒径10cm以上が約10%、10cm～2.5cmが約40%の割合で占められている。この為、この採取場からコンクリート用粗骨材を効率的に得るためには、10cm～2.5cm粒径の砂利を砕石し、2.5cm以下の小砂利に混ぜて、その利用を図ることが好ましい。選別及び砕石の為の設備は、リオキキベイと同程度でよい。表8-1に、このリオアルトベニ採取場から得た砂利(粗骨材)を用いたコンクリート試験結果を示す。このコンクリート試験は、現在建設中のユクモ橋に対して行ったものであり、この試験結果からも解るように、この採取場から得られる砂利は、PC橋桁等に使用する高強度コンクリートの粗骨材に適している。

表 8-1 リオアルトベニの粗骨材によるコンクリートの品質

AGREGADOS

Superestructura	Hormigón "H°350"	350 kg/cm <sup>2</sup>
Agregados	Grava semichancada 1"	Rio Beni 50%
	Gravilla natural 5/8"	Rio Beni 50%
	Arena	Rio Quiquibey

TAMIZ	% QUE PASA		MEZCLA	ESPECIFICACIONES	OBSERV.
	GRAVA	GRAVILLA			
1"	98.7		100	95 - 100	
3/4"	57.0		75.9		
1/2"	12.3	70.4	43.7	25 - 60	
3/8"	3.5	65.6	31.1		
No. 4	0.5	3.9	3.3	0 - 10	
No. 8	0.2	0.4	0.4	0 - 5	

P.e 2.902  
 %Abs. 0.810  
 M.f. 6.900

TAMIZ	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	OBSERV.
3/8"	100.0	100	
No. 4	99.5	95 - 100	
No. 8	87.4		
No. 16	61.0	45 - 80	
No. 30	40.9		
No. 50	17.9	10 - 30	
No. 100	4.6	2 - 10	
No. 200	1.4	0 - 3	

P.e 2.618  
 % Abs. 2.793  
 M.f 2.890

HORMIGON "H°350"

Mezcla Plástica Rev: 1" - 3"  
 Tamaño agregado Grava: 1" - No. 4  
 Gravilla: 5/8" - No. 8  
 Arena: No. 4 - No. 200  
 Relación a/c. = 0.37  
 Resistencia específica 28 días = 350 kg/cm<sup>2</sup>

Dosificación: Cemento VIACHA 470.0 kg/m<sup>3</sup>  
 Agua 139.1 Lt/m<sup>3</sup>  
 Superfluidificante SIKAMENT 9.4 kg/m<sup>3</sup>  
 Arena s.s.s 731.6 kg/m<sup>3</sup>  
 Gravilla s.s.s. 582.2 kg/m<sup>3</sup>  
 Grava s.s.s. 583.0 kg/m<sup>3</sup>

## 9. セロチコ採石場

### 9. 1 地形及び地質

図2-1に示されるように、セロチコはトリニダより170km離れた国道9号線沿いにあり、トリニダ側の採石候補地の中では、最もプロジェクトサイトに近い。この採石場は、国道9号線のトリニダ～サンラモン間の道路を改良するために開拓されたものであり、現在も採取中である。図2-3から解るように、セロチコは、周囲を平らな森に囲まれた3つの鉱床（丘）から成る。現在、採取中の鉱床は、このうちで最も大きな鉱床で、国道と1.7kmの広幅員の砂利道で結ばれている。

3つの鉱床は、石英岩（cuarcita）を主体とする火成岩、又は砂岩から成り、その量は全体で12,000,000m<sup>3</sup>はあるものと推定される。採取中の鉱床は長さ700m、幅300m、高さ60mほどの丘で、国道に面した側から採取を行っており、現在長さ250m、奥行き30mまで開発が進んでいる。切り崩された岩石山の断面の地層を模式図として図9-1に示す。この採石場前面の地質は、ハッキリと違った2つの部分に分けられる。北側部分は、層理や節理が多数あるもろい砂岩で構成されている。また、部分的ではなるが、粘板岩も介在している。南側部分はもろい砂岩を抑入する硬い石英岩を主体に構成されている。そして石英岩の層理は10cm～80cm、平均40cm程度で亀裂は少ない。また介在する砂岩は薄く10cm～15cmである。

この採石場から得られた碎石は、国道9号線の砂利道に使用された。今は浸透式アスファルト舗装のため碎石の生産を行っている。採取当初は、砂岩層や厚さ15mの赤かっ色の石英風化層が生産の多くを占めていたが、最近では良質の灰色の石英岩層が主体となってきている。この良質の石英岩層は、この鉱床だけでも900,000m<sup>3</sup>は存在すると考えられている。そして、国道9号線の路盤材料として、この内、原石として400,000m<sup>3</sup>が予定されている。

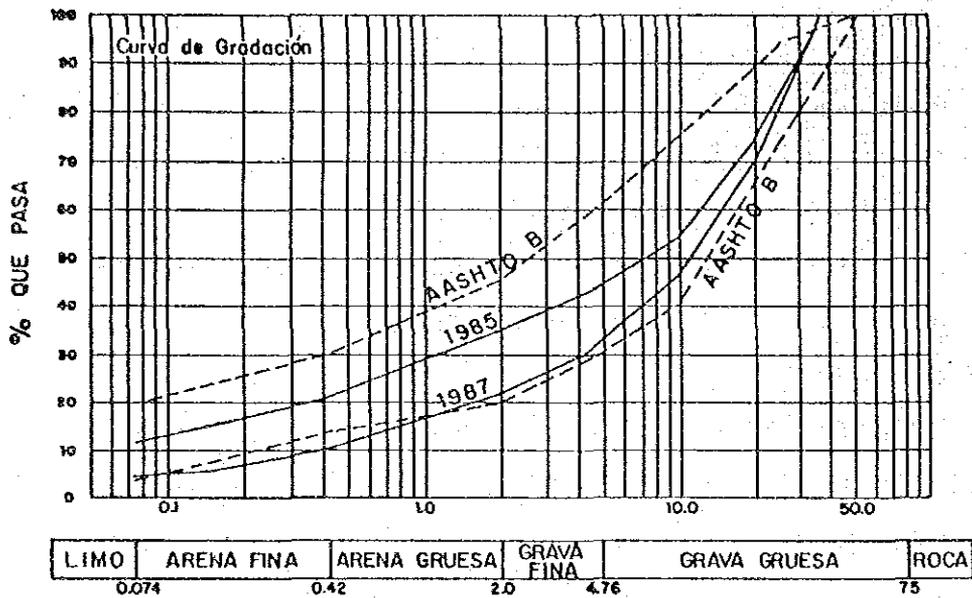
### 9. 2 材質と材料の用途範囲

セロチコは、砂岩を主体とする堆積岩と、石英岩を主体とする火成岩にて1つの丘が構成されている。そして、それらの岩は互層の状態あるいは、もろい砂岩が大きく上にかぶり込む形で分布している。また、良質な石英岩も、地表に近い所では、かなりの厚さまで風化作用を受けている。この為、この採石場から生産される碎石を、一定の品質に保つことは難しい。表9-1は、実際にこの採石場から生産されている碎石について、1985年と1987年において行った試験結果の一例である。この試験結果からでも解るように、砂岩を多く含む碎石になると、そのすりへり量は大きくなり、材質は低下する。

表9-1 セロチコの碎石の材質と用途

岩石表示 年次	比重	吸水	スリヘリ <sup>†</sup>	液性限界 <sup>††</sup>	塑性指数 <sup>††</sup>	最含水比	適比	最大乾燥度	CBR <sub>100</sub>	用途
1985 砂岩優性	-	-	47	16	N.P	6.0	-	2.155	82	下層路盤 リ-コンクリート
1987 石英岩優性	2.54	1.3	31	N.P	N.P	7.3	-	2.239	84	下層路盤 リ-コンクリート

† Fracción gruesa  
 †† Pasa tamiz No. 40 (0.425mm)



よって、バラツキのない高い品質が、より要求されるコンクリートや舗装の表層の骨材には、この採石場の碎石は不向きである。CBR 値は、常時80%以上の高い値を示しており、上層路盤材として使用可能であるが、すりへり量が50%に近い値を示す場合もあることを考慮すると、下層路盤材として適している。

## 10. セロサンホルへ採石場

### 10. 1 地形及び地質

セロサンホルへは、国道9号線沿いにある(図2-1参照)。しかし、この採取候補地は、図2-3に示されているように、セロチコのように国道へのアクセス道路が完備していたり、あるいはセログランデのように直接国道に接していたりはしない。国道より東方に数km奥まった森の中にある。現在は国道から丘までは、幅員2~3mの曲がりくねった小さなセンダで結ばれている。トリニダからこのセンダの分岐点までは176kmである。また、この採取候補地は正確には3つの丘(ヤシミエントNo.1, 2, 3)から成っており、それぞれ国道からこのセンダ沿いの距離は、4.5km、8.5km、9kmである。

センダ沿いの地形は、一番奥にあるヤシミエントNo.3までほとんど平らである。ただ国道に近い所にcuricheに連続した低地となっている。またヤシミエントNo.1の手前200mに、小川までには発達していない幅15m程のquebraduがある。この為、雨季には、この低地やquebraduが冠水し、センダの通行が不可能になるときがある。

(1) ヤシミエントNo.1の丘は、長さ1,000m、幅200m、高さ30mほどの大きさからなる。丘全体は、樹木で覆われているが、そのじげもくは、それほど大きくない。また、いたる所、露頭岩や岩くずが見受けられることから、この丘は表土の薄い岩山から成ると考えられる。露頭岩や地表に転がっている岩くずから判断すると、この丘は長さ1,000mの内、国道寄りの約650mはcuarcita、残りの約350mはヤシミエントNo.2、3と同じgneisから成っている。cuarcitaは乳白色のものから灰色まで種々の色あいのものが見受けられると同時に、同色系の露頭岩においても層理あるいは節理を見ることができる。しかし、全般的には、亀裂の少ない良質の岩石である。地表に現われているgneisは全て表面の20cm程度は風化を受けて白っぽく変色し、多少もろくなっている。しかし、風化を受けていない奥は、赤味をおびた硬い岩である。

(2) ヤシミエントNo.2の丘は、サンホルへの3つの丘の中で最も小さく、長さ300m、幅200m、高さ25m程度の小さな丘である。丘を形成している岩は、質のよいgneisであり、その量も750,000m<sup>3</sup>程度はあり、本プロジェクトに必要とする骨材を十分まかなうことも可能と考えられる。しかし、約300m程度離れた所にサンホルへの最大の丘であるヤシミエントNo.3があることを考えるならば、むしろヤシミエントNo.3の開発が優先されるべきである。

(3) ヤシミエントNo.3は、長さ1,500m、幅600m、高さ120mの大きさからなる東西に長い丘である。丘のすその周辺はがけが堆積し表土は厚いが、標高が高くなるにつれて、岩が露頭し、斜面はきつくなる。地表面に転がる岩塊や露頭岩から判断すると、この丘はgneisでできていると思われる。岩の表面は、多少の風化を受けているが、心部は赤味をおびた硬い岩で、亀裂も少ない。

## 10. 2 材質と材料の用途範囲

サンホルへの骨材採取候補地は、3つのヤシミアントから成っており、それぞれ満足する量を保有している。しかし、それらを形成する岩は、ヤシミアントNo.1においては石英岩であり、ヤシミアントNo.2、No.3は gneisである。表10-1は、ヤシミアントNo.1とヤシミアントNo.3の地表面の岩くずを碎石にして材質試験を行ってみた結果である。地表面の岩くずは、風化等の影響を受けているため、多少材質は、中心部に比べ、劣ると考えられるが、いずれにしろサンホルへに存在する3つのヤシミアントは、舗装の上・下層路盤はむろん、表層材としても満足すべき材質を有していると考えられる。更に、各種の試験結果において、石英岩は gneisより優れた値を示しており、ヤシミアントNo.1は、他のヤシミアントより、より良質の骨材が得られることを示唆している。

また、ヤシミアントNo.1より得られる碎石は、コンクリートの粗骨材としても、十分使用可能である。表10-2に示す、コンクリート試験結果は、粗骨材にヤシミアントNo.1の碎石、細骨材に、リオキキベイの砂を配合して行ったものであり、この試験により、ヤシミアントNo.1の石英岩は、橋梁のPC桁等に使用する、高強度コンクリート用粗骨材として満足すべき材質を有していることを示している。

表10-1 セロセンホルへの碎石の材質と用途

REPRESENTACION LITOLÓGICA	PESO ESPECÍFICO	ABSORCIÓN	ABRASIÓN	DIÁMETRO MÁXIMO DEL GRAÑO	LÍMITE DEL LIQUIDO	ÍNDICE PLÁSTICO	HUMEDAD ÓPTIMA	DENSIDAD MÁXIMA	CBR 100	USO
No. 1 Cuarzita	2.54	0.3	24	25 mm 50 mm	18 19	N.P. 2.	6.7 5.9	2.232 2.245	117 108	Pavimento Hornigón.
No. 3 Gneis	2.56	1.1	29	25 mm	18	N.P.	6.4	2.240	135	Pavimento Hornigón.

‡ Fracción gruesa  
† Pasa tamiz No. 40 (0.425mm)

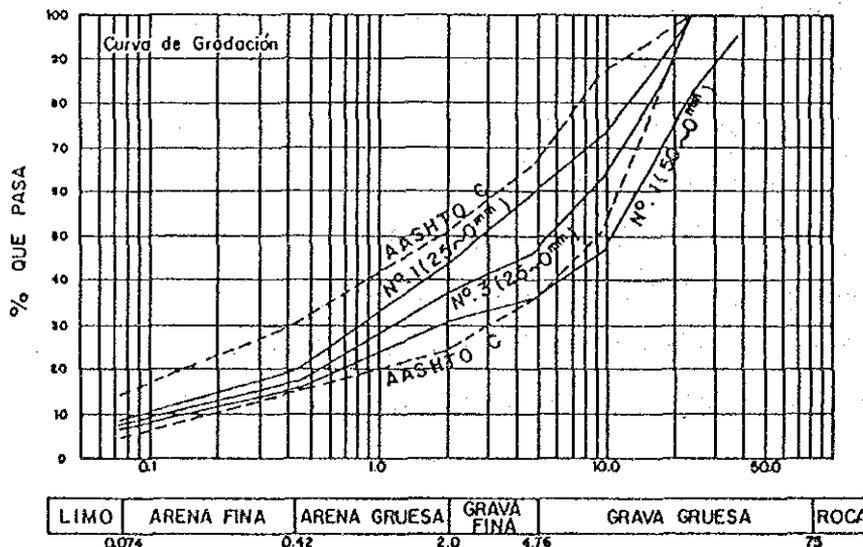


表10-2 セロサンホルへ ヤシエメント№1のコンクリートの配合

a) AGREGADOS

GRAVA.- Material chancado del Cerro de San Jorge Yacimiento No. 1.		ARENA.- Natural del Rio Quiquibey. Se debe eliminar el sobre tamaño a No. 4.	
TAMIZ	% QUE PASA	TAMIZ	% QUE PASA
1"	100.0	No. 4	100.0
3/4"	79.8	No. 8	87.7
1/2"	45.4	No. 16	76.7
3/8"	24.1	No. 30	56.1
No. 4	0.7	No. 50	47.3
Módulo de finesa	6.95	No. 100	18.4
Peso Específico	2.64	No. 200	2.2
% de Absorción	0.3	Módulo de finesa	2.04
Peso Unitario kg/dm <sup>3</sup>	1.33	Peso Específico	2.64
Desgaste Los Angeles "A"	24%	% de Absorción	1.2
		Peso Unitario kg/dm <sup>3</sup>	1.5

B) DOSIFICACION DE H 350, POR m<sup>3</sup>.

MATERIALES	DOSIFICACION		
	No. 1	No. 2	No. 3
Grava chancada de 1" No. 4 (kg)	1,063	1,031	1,015
Arena natural No. 4-No. 200 (kg)	580	587	577
Cemento Viacha (kg)	470	470	470
Agua (lts)	188	197	207
B a/c	0.40	0.42	0.44
% de Asentamiento	1 1/4"	2"	2 1/2"
% de contenido de aire	3 - 5	2.5 - 3.5	3 - 3.5
Resistencia a 7 días kg/cm <sup>2</sup>	325	285	269
Resistencia a 28 días kg/cm <sup>2</sup>	373	360	332

NOTA.- La grava tiende a tener forma de láminas,  
en el sistema de chancado del laboratorio  
del SNC que es de tipo mandibula.

### 10. 3 採取場の立地条件

サンホルへの3つのヤシミアント内、ヤシミアントNo.1は最も優れた碎石採取場である。ヤシミアントNo.1は、材質、量ともに舗装材料あるいはコンクリート材料として満足するものが得られるうえ、他のヤシミアントより国道に近く、約半分の距離の搬出路ですむ。また、丘の形状も細長く、20～30m標高というおだやかな地形をなし、採掘作業も容易である。ヤシミアントNo.1を採石場として開発するためには、次の点を考慮すべきである。

#### (1) 採取場の位置

丘の2/3は石英岩であり、1/3はgneissである。より良質の石英岩は、国道よりに分布する。よって国道側から採取することが望ましい。

#### (2) 抜開及び表土はぎ

丘を含む採取場の森林抜開や表土はぎ等の整地作業は、ブルドーザのD6(15t級)でもよいが、連続して採掘作業にも同じブルドーザを使用するならば、1ランク大きいD7(21t級)が適している。

碎石プラントヤードやストックヤードとして必要とする面積は、約4haである。

#### (3) 採掘作業

採掘は、丘の高さが低いことから、一段のベンチカットが適切である。ベンチの奥行きは15～20m程度にし、ブルドーザの施工効率を考慮して下向きにベンチに勾配をつけておくとよい。

岩掘削は、クローラドリルによる削孔及び、ふかし発破後、リッパ装置付ブルドーザによる掘削と押土にて行う。掘削補助として大型ブレーカを組合せると効率がよい。

クローラドリル (15m <sup>2</sup> 級)	1台
空気圧縮機 (可搬式スクリュ17m <sup>3</sup> /min)	1台
リッパ装置付ブルドーザ (D8-32t級)	1台
大型ブレーカ (油圧式 1,300kg級)	1台
大型ブレーカベースマシン用 バックホウ(0.6m <sup>3</sup> 級)	1台

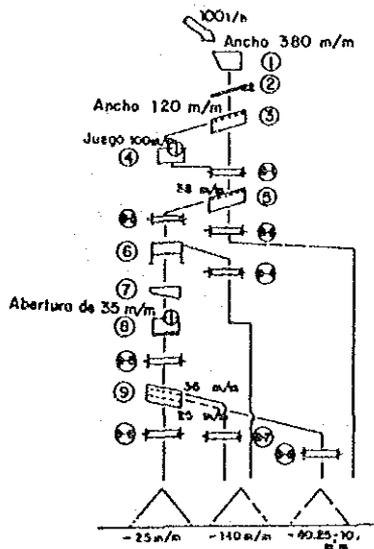
#### (4) 碎石作業と選別作業

Sun Torge の採石場に設置する骨材生産プラントを生産目的から大別すると、舗装用とコンクリート用に分けられる。しかし、これはいずれも骨材原料処理の流れとしては、大差ないので同一の骨材プラントでよい。骨材プラントは、①原料の受入れから粗ふるいして一時クラシャで処理する一時破碎系統、②ふるい分けおよび破碎の組合せによって所要の粗骨材製品を生産する二次破碎ふるい分け系統、③上記各系統への原料供給あるいは生産された製品の引出しを行う輸送系統の3系統からなるものが適切である。

骨材生産プラントの計画にあたっては、一般にフローをできるだけ単純化し、機械台数を少なく

することが、稼働率を上げることになる。本プロジェクトに必要とする骨材量や生産場所の立地条件を考慮すると、運搬、据付、調整、撤去などが簡単にできる能力 100~120t/h程度のユニット式骨材生産プラントが有利である（ユニット式とは、フィーダ、クラッシャ、スクリーンなどをその付帯機械とともにコモンベッソ上にコンパクトに組立て、一次破碎ユニット、二次破碎ユニット、ふるい分けユニットなどにユニット化したもので、必要に応じてこれらのユニットを組合せ構成したものである）。また、能力 100~120t/h程度小規模容量のユニット式プラントであるならば、プロジェクトサイトへの骨材供給計画に合せ、採石場全体での処理能力をプラント一式の単位で調整することが容易にできる。

図10-1に参考として 100~120t/h碎石プラント一式当たりを整備される主要機械の概要を示す。また、この程度のプラントの動力源としては、出力300kw級発電機が必要となるであろう。



符号	品名	仕様	員数	動力 (kW)
1	原石ピン	3.5m□ 容積約20m <sup>3</sup>	1	—
2	プレートフィーダ	1.0m <sup>2</sup> /m × 3.0m	1	7.5
3	スカルピンフィーダ	1.2m <sup>2</sup> /m × 3.0m	1	11.0
4	一次クラッシャ	ジョークラッシャ (760 × 510mm)	1	55.0
5	一次スクリーン	1.2m <sup>2</sup> /m × 3.6m	1	5.5
6	ストックピン	4.0m□ × 3.0m/h 容積約60m <sup>3</sup>	1	—
7	フィーダ	振動式	1	0.4 × 2
8	二次クラッシャ	ジョークラッシャ (125 ~ 100mm)	1	55.0
9	二次スクリーン	0.9 W/m × 2.4m	1	3.7
B-1	一次クラッシャ下BC	750W × 20 m 傾斜10°	1	7.5
B-2	- 40mm 野積BC	700W × 16 m 傾斜 0°	1	3.7
B-3	+ 40mm スックピンBC	700W × 14 m 傾斜10°	1	3.7
B-4	+ 40mm 野積BC	700W × 22 m 傾斜 0°	1	5.5
B-5	二次クラッシャ下BC	500W × 14 m 傾斜 5°	1	3.7
B-6	- 25mm 野積BC	500W × 10 m 傾斜15°	1	2.2
B-7	+ 40mm 野積BC	350W × 15 m 傾斜15°	1	1.5
B-8	25~40mm 野積BC	350W × 15 m 傾斜15°	1	1.5

##### (5) 集積作業と積み込み作業

ベンチから落とされた岩塊は、タイヤショベルにて収集され、グリズリスクリンあるいは直接、原石ピンに投下される。グリズリスクリンは、一次クラッシャの呑口サイズ以上の岩塊を取りのぞく為のものであり、格子状に鉄骨を並べただけの簡単な構造のものでよい。グリズリスクリンから原石ピンへの運搬は、岩塊がまだ大きいのでベルトコンベアよたタイヤショベルの方が確実である。

骨材プラントから生産された碎石は、ストックヤードに備蓄するが、その備蓄作業及びダンプカーへの積み込み作業は、全てタイヤショベルが適している。

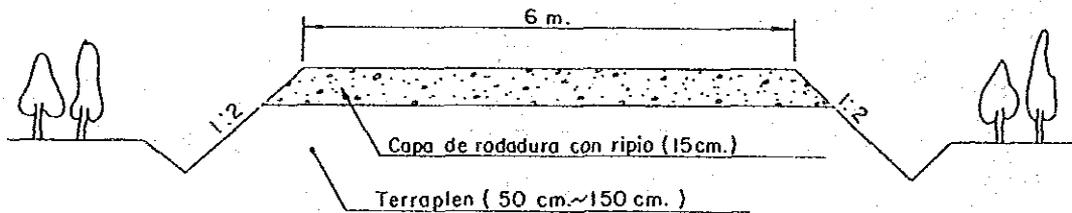
タイヤショベル (2.6m<sup>3</sup>) ————— 2台  
ブルドーザ (D6 又は D7) ————— 1台 (採石場全体の補助)  
グリズリスクリーン (鉄骨製) ————— 1基

(6) 国道 — 採石場間の搬出路

国道と採石場 (Yacimiento No 1) の間は、平坦な森林である。現在ある曲がりくねった小さな小道は、この間を4.5kmで結んでいるが、直線的搬出路を設ければ、その距離は4km程度と考えられる。

また、この間には約2kmの低地と1つのquebradaが存在する。年間を通して、採石場の稼働を図る為には、低地部に2ヶ所、quebradaに1ヶ所の排水横断管 (φ600 2連式) が必要である。

搬出路として次のような規模の道路が必要である。



## 11. セログランデ採石場

セログランデは、セロチコやセロサンホルへと同様に国道9号線沿いにあるが、これら2つの採石場よりさらにプロジェクトサイトから遠くなり、トリニダからの距離は200kmとなる(図2-1及び図2-3参照)。現在は、採石場として稼働していないが、国道に接しているため搬出路を設ける必要がなく、採石場の立地条件としてはよい。

セログランデは、独立した1つの丘から成り、この付近にある丘の中で最も大きい。丘の周囲は、他の丘と同様に平坦な森であり、採石場を開発するに当たってヤードの設定上の問題はない。しかし、丘の標高は高く、斜面も急勾配であるため、採掘作業は多段ベンチが必要となると同時に、それらベンチへの工事中道路の設定において地形上の制約を受ける。このような点からすると、この丘は連続して多量に骨材を生産するための大規模な永久的な採石場として向いている。

この岩質は花こう岩が主体であり、一部片麻岩、石英岩が介在している。材質としては、スリヘリ25%、吸水量0.8%の値を示しておりセロサンホルへから得られる骨材とほぼ同等のものが得られ、舗装材あるいは、コンクリート材として使用可能である。

## 12. リオブランコ川砂採取場

リオブランコ採取場は、河床に滞積している砂が採取の対象である。トリニダ〜リオマモレの約10kmについては、アスファルト舗装区間であるうえ、この間には3つの橋とフェリーポートが予定されており、これらのコンクリートや表層用の細骨材を本採取場から得ることを目的とする。

図2-1に示されるように、リオブランコは国道9号線の東方約150kmを国道にはほぼ平行して流れている。砂の滞積は、上流のUrubicha及び下流のOnce por Cientoの2ヶ所で確認しており、図中に書かれている河の範囲はあると考えられる。国道と河の間は、道路沿いに切り開かれたわずかな耕作地を除けば、他の全ては人がほとんど踏込んだことのない森である。よって、リオブランコの砂は、その量において限りはないが、現段階で簡易に採取できる場所は、搬入路のあるUrubichaとOnce por Cientoに限られる。

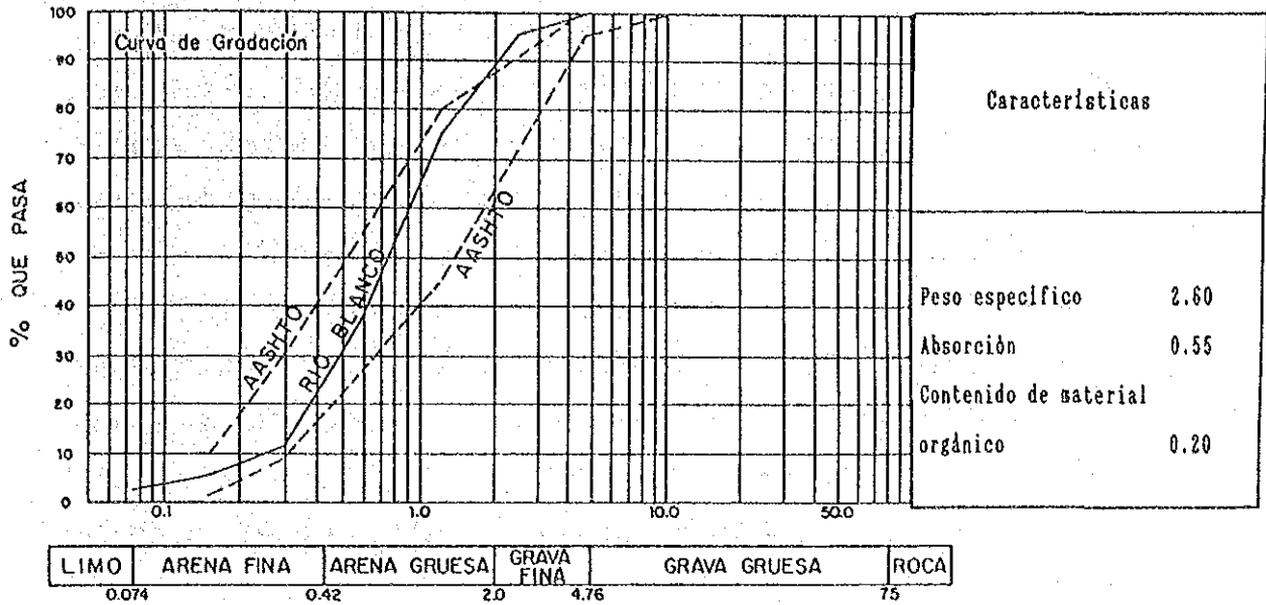
Urubichaはトリニダから250km離れた国道9号線の町Ascension de Guarayosからさらに40km北方へ行った所にある。この40km区間はゆるやかな起伏のある地形を通する広幅員の砂利道である。

一方、Once por CientoはAscensionの手前トリニダードから210km地点のSanta Mariaから、さらに北方60kmの小道となる。このSendaは、個人所有の材木搬出路であり、幅員が4m程度の狭い道である。この為所有者は、このsendaへの一般人の進入を禁止しているうえ、降雨時の路面の泥ねい化を防ぐため、降雨時には自分達の車でさえ通してはいない。よってこの sendaを本プロジェクトの骨材搬出路として利用するためには、幅員の拡幅や路面の整備など、ある程度の付帯工事が必要となる。

このように、リオブランコから砂を供給するためには、2つのルートがあるが、距離としては、20km程長くなるが、既存道路の整備状況からして、Urubichaルートが有利である。そして、このルートはかつて国道9号線にかかる3ヶ所の橋の建設にも使われたルートである。

また、表12-1は、Once por Cientoにて採取した砂の試験結果である。材質としては、コンクリートや表層の細骨材としての必要な条件を十分満足するものである。しかも、UrubichaはOnce por Cientoの数10km上流に位置することから、粒径が粗目になるとともに、その粒度分布がさらに良くなる。

表12-1 リオブランコの砂の材質 (Once por Ciento)



砂は砂丘状に滞積している。この為、採取作業は非常に簡単であり、採取場として必要な重機はショベルドーザー(2.6m<sup>3</sup>) 1台でよい。Playa は締め固まっていないため、タイヤショベルは不向きである。

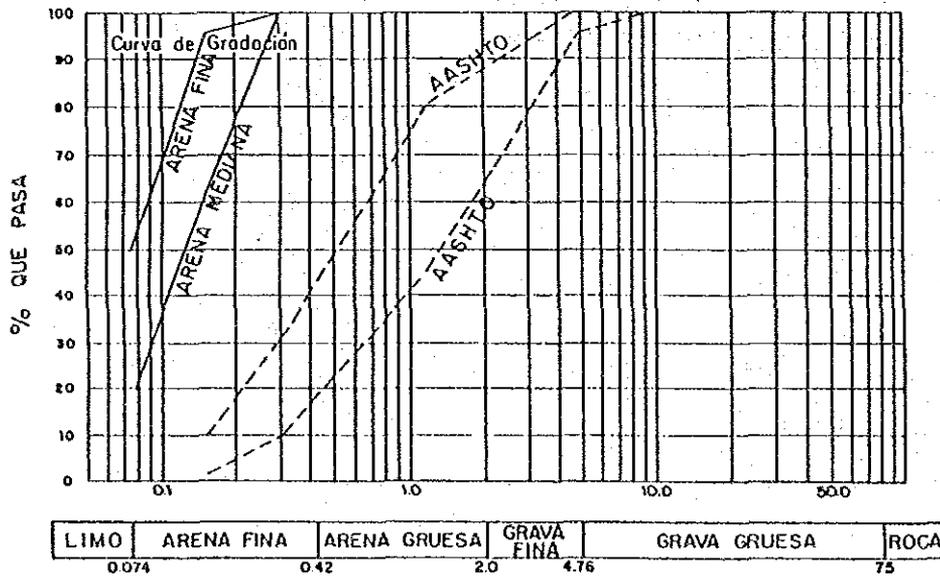
### 13. リオマモレ川採取場

表13-1は、リオマモレから採取した、砂の材質試験結果である。リオマモレは、プロジェクトサイト内にあり、採取場の立地条件としては、他の採取候補地と比べるもなく、便利な位置にある。しかし、試験結果が示すように、ここの砂は、最も粗目なもので土木構造物に使用する骨材としては細かすぎ不適格である。トリニダードの町では、建築用の材料として使用しているが、それは他に良い砂を求めることが出来ないことと、多量に強度を要するコンクリートを必要としない為である。

表中の‘中砂’は、フェリー航路の右岸より採取したもので、リオマモレに存在する砂の中で最も粗いものである。滞積量は限りがなく、また同質に近いものが左岸側にもある。右岸、左岸には、現道がないため、これらの砂をとるには、搬入路が必要となるが、周りは全て砂地であり、草程度の植物しか生えていないことから、搬入路工事は容易である。

表中の‘細砂’は、フェリーの発着場付近で採取したもので、リオマモレ一帯に分布している最もオーソドックスなものである。

表13-1 リオマモレの砂の材質



Características	Arena	
	Mediana	Fina
Peso específico	2.64	2.63
Absorción	0.55	0.70
Contenido de Material Orgánico	0.5	0.8

## 14. 舗装用骨材の選定

### 14. 1 下層路盤の材料

下層路盤の材料は、トリニダードから50km地点のファティマを境にして、サンホルへ側とトリニダード側の採取場又は、採石場から供給される。

#### (1) サンホルへ側

前節までに挙げた採取候補地の中で、それらから得られる骨材の質・量あるいは、採取場の立地条件から判断し、有力な層路盤材の供給地は、カリポ丘砂利採取場とリオダルトグニャン川砂利採取場である。表14-1は、この2つの採取場から得られる材料について、経済比較を行ったものである。表中に示されている混合材料とは、両採取場の材料を1:1の割合で路上にて混合し、下層路盤に使用する場合である。リオダルトグニャンは、カリポより5km運搬距離は伸びるが、河床から容易に採取できる為、材料費は、最も小さな値を示している。しかし、表中の3つの材料の金額の差は、ごくわずかであり、その差は見積り精度の誤差の範囲と考えられることから、経済性については、これら3つの材料は、ほぼ同じといえる。表14-2は、これら3つの材料について行った、材質の試験結果である。CBR及び粒度分布の点を除くと、この3つの材料は材質の点においては、大きな差異はない。

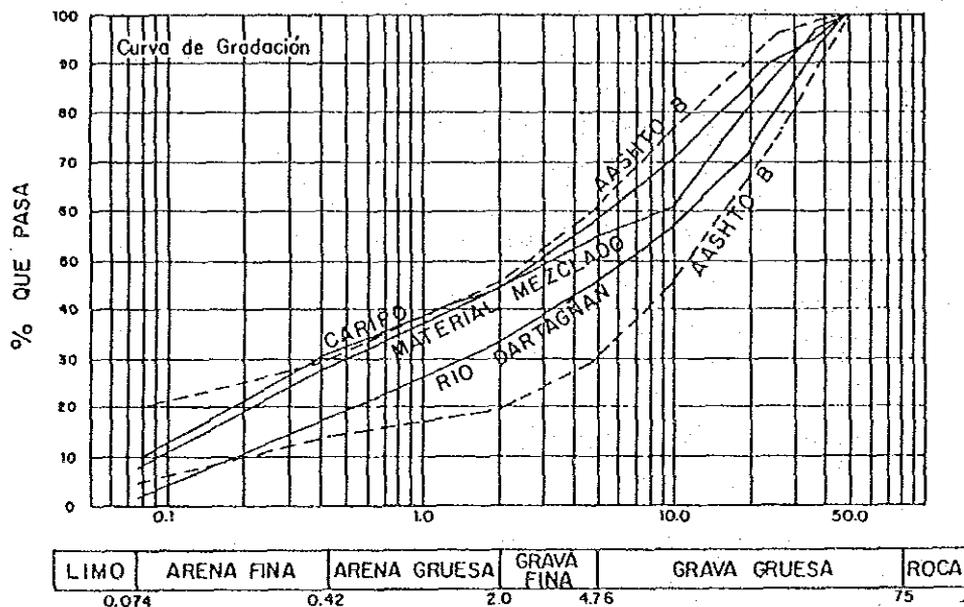
表14-1 COSTO DE AGREGADOS PARA SUB-BASE EN SAN BORJA

Banco de Préstano	Costo en Banco de Préstano	Costo de Transporte	Costo en San Borja	Distancia a San Borja
	\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>	km
Caripo (A)	6.2	12.1	18.3	54
Rio Dartagnan (B)	5.0	13.0	18.0	59
Mezcla A:B = 1:1	5.6	12.5	18.1	56.5

表14-2 サンホルへ側下層路盤用混合材料の材質

BANCO DE PRESTAMO	PESO ‡	ESPECIFICO ‡	ABSORCION ‡	ABRASION ‡	LIMITE LIQUIDO ‡‡	INDICE PLASTICO ‡‡	HUMEDAD OPTIMA	DENSIDAD MAXIMA	CBR 100
A: Caripo (No. 2)	2.38	5.2	64	15	N.P.	7.0	2.165	77	
B: Río Bartagnan (arriba 2 kms)	2.42	3.3	77	14	N.P.	7.9	2.150	75	
Material mezclado A:B = 1:1	2.41	4.3	74	16	N.P.	7.3	2.173	83	

‡ Fracción gruesa  
‡‡ Pasa tamiz No. 40 (0.425mm)



混合材は、他の2つの材料に比べ、よく締め固まることを示しており、その分支持力(CBR)が高くなっている。また、各材料が示す粒度分布は、その材料の産地の特徴をよく示している。即ち、カリボ産は、丘砂利であるため、シルトや粘土などの細粒分の含有率が高く、逆に、リオダルトグニャン産は、河床砂利である為、細粒分の含有率が低い。そして、この両者の細粒分含有率の違いは、実際の採取工事において、カリボ産は表土などの土の混入が増し、もっとその差が広がると考えられる。

下層路盤施工後、直ちに上層路盤、表層と一連の工事を行い、完全な舗装構造を有する形で供用を開始するならば、下層路盤材に含まれる細粒分の量は、所定の支持力や締め固め密度が得られ、かつウォーカビリティーが確保されている量ならば、問題はない。この点AASHTO基準では、下層路盤材の細粒分含有量を2~20%程度と定めており、カリボ産、リオダルトグニャン産ともに、この

基準値内である。しかし、サンホルヘ～リオマモレ間は、少なくとも1994年から当面の間は砂利道として供用する。この為、この期間の下層路盤は、上に別の層が覆うことなく長期間に渡り、雨水やわだちに表面がさらされている。細粒分が過剰になると、支持力の低下や降雨時の表面の泥ねい化をおこすが、カリボ産の細粒分含有量はこの限界値に近い。また、細粒分が少ないと走行車両による砂利の飛散やわだち掘れが激しくなり、路面の維持作業が増すこととなるが、リオダルタグニャン産の細粒分含有量はこの限界値に近い。このようなSub-base (la capa de rodadura) は、雨水の浸透や砂利の飛散を防ぐ為に細粒分の含有量を通常の下層路盤より数パーセント範囲を狭め、4～9%程度にした方が効果的である。この点、混合材の含有量は最適である。

以上のことから、サンホルヘ側の下層路盤材は、カリボ及びリオダルタグニャンの両採取場から得られる砂利を混合したものを主に使用すべきである。

#### (2) トリニダ側

トリニダ～ファティマ間の下層路盤材料は、経済性、品質特性、立地条件からセロチコの碎石を使用すべきである。セロチコは他の原石山より最もプロジェクトサイトに近く、かつ既設の採石場であり、運搬及び採石場開発にかかる費用の面に優れている。また、生産される碎石は、その品質については、国道9号線の下層路盤で実証済みであり、その埋蔵量については、今後の国道9号線に使用する量を差し引いても十分な量を保有している。

### 14. 2 上層路盤及び表層の材料

トリニダ～マモレの約10kmは、1990年～1993年の建設段階1にて、アスファルト舗装化されている。この区間のアスファルト舗装に必要とする上層路盤及び表層の材料は全てセロサンホルヘのヤシミアメントNo.1の碎石を使用すべきである。ヤシミアメントNo.1の丘の主要部分は、トリニダ側に点在する他の全ての丘より質的にまさる石英岩で占められており、最も良質な碎石を生産できる採石場候補地である。既設採石場である。セロチコは経済性の面からでは、最も有利な採石場であるが、碎石の品質においては、cucnisca deleznable の層を介在している為、製品に品質的むらを発生しやすいという欠点がある。また、サンホルヘのヤシミアメント及びセログランデは、品質と量の点からは、表層材料としても、使用可能であるが、運搬距離がヤシミアメントNo.1より遠くなるため、経済的に不利になる。

## 15. 構造物用骨材の選定

### 15. 1 橋梁コンクリートの骨材

計画対象橋梁は7橋あるが、下記に示すように、それぞれの架橋位置はサンホルヘ側とトリニダ側に集中している。この為、コンクリート用骨材の供給は両サイドに存在する採取場から別々に行われるべきである。

サンホルヘ側	サンボルハからの距離
タヒボ橋	114 km
ムルリータ橋	106
クリラビータ橋	18
クリラバ橋	13

トリニダ側	トリニダからの距離
サンファン橋	1 km
サングレゴリオ橋	3
プエルトアルマセン橋	6
アミスター橋	20
シクリー橋	24

また、橋梁に使用するコンクリートは、部材の所用強度により、2種類に大きく分けられる。1つがPC桁等に使用する高強度コンクリートであり、1つが橋台などに使用する通常のコンクリートである。そして、これらコンクリートの強度の違いは、そのコンクリートに用いられる、骨材の材質とも大きな関係がある。表15-1は、サンホルヘ側及びトリニダ側で挙げられた、採取場候補地の中から、経済性、材質、量あるいは、採取条件を考慮して、最も有利な採取場をまとめたものである。

表15-1 橋梁コンクリート用骨材の最適採取場

採取場名	高強度コンクリート		通常コンクリート	
	粗骨材	細骨材	粗骨材	細骨材
San Borja 側				
Banco de Prestamo Rio Quiquibei	×	○	○	○
Banco de Prestamo Rio Alto Beni	○	—	—	—
Trinidad 側				
Canta Cerro San Jorge Yac No.1	○	—	○	—
Banco de Prestamo Rio Blanco(Urubicha)	—	○	—	○

## 15. 2 その他

舗装用あるいは、橋梁コンクリート用の骨材供給地として、各種採取場あるいは、採石場の利用を図るほかに、次のような用途にもそれらの材料を使うことができる。

- ・低品位コンクリート粗骨材 …………… リオカリボ、リオダルトグニャン
- ・低品位コンクリート細骨材 …………… リオカリボの下流
- ・構造物基礎栗石 …………… カリボ、リオカリボ、リオダルトグニャン、セロチコ
- ・構造物裏込材 …………… カリボ、リオマモレ、セロチコ
- ・玉 石 …………… リオユクモ、リオカリボ
- ・路床改良材 …………… リオマモレ





JICA