

## 第7章 結 び

小規模発電設備の修復に関するF/S対象に選ばれた12の発電所（火力1地点、水力11地点）のうち、実現性の高い地点として早期着手を推奨できる地点は、次の5つの発電所（火力1地点、水力4地点）である。

Termopaipa 火力発電所	Boyaca県	EBSA電力会社所管
Municipal 流れ込み式水力発電所	Caldas県	CHEC電力会社所管
Intermedia 流れ込み式水力発電所	Caldas県	CHEC電力会社所管
San Cancio 流れ込み式水力発電所	Caldas県	CHEC電力会社所管
Julio Bravo 流れ込み式水力発電所	Nariño県	CEDENAR電力会社所管

### 7.1 TERMOPAIPA火力発電所の修復計画

Termopaipa火力発電所（定格出力 173MW）における調査事項は3項目である。その中の2項目は以下に挙げる通り、修復のための調査というよりも既設2号機（現有出力66MW）が直面している不具合の解消ならびに運転保守点検面での信頼性向上対策といった改造計画のための調査である。

- ・調査項目-1：#2号機のタービン取替えによる出力増加計画（66MW→74MW）  
1975年に建設された2号機の発電設備は発電機定格出力74MWに対してタービン定格出力は66MWでその間に8MWのギャップがある。

据付後15年を経過した既設の古いタービン本体の部品（タービンローター、ブレード、ノズル、ダイヤフラム等）ならびに給水加熱器を新品に取り替えることによってタービン出力を66MWから74MWに増加する改造である。

- ・調査項目-2：#2号機の空気式計装システムから電気式計装システムの変換計画

本改修計画の目的は、現在ある#2号機の空気式計測装置を電気式に変換することによって、適正な運転、円滑な維持管理ならびに保守点検の容易さを確保し監視・制御の信頼度の向上を図ることである。

現在、中央監視盤で監視・制御を行っているボイラー設備とタービン設備の計測装置を中心に、電算機を導入した総合的な電気式計装システムに変換する。

残りの1項目が、Termopaipa発電所全体を対象とした冷却用水の冷却システムを改修するF/Sである。

- ・調査項目-3：冷却池を用いたオープン冷却システムを冷却塔によるクローズド冷却システムに変換する計画

## 7.2 水力発電設備の修復計画

第6章で述べた各水力発電所別の評価リストの成績に加えて、各電力会社とのヒヤリング結果を総合判断の上JICA調査団は修復計画の有力な実施地点として次の4つの水力発電所を選定した。

- ① Municipal 流れ込み式水力発電所  
(CHEC電力会社所有 現在定格出力 2,112kW → 修復後定格出力 4,500kW)
- ② Intermedia 流れ込み式水力発電所  
(CHEC電力会社所有 現在定格出力 1,120kW → 修復後定格出力 2,500kW)
- ③ San Cancio 流れ込み式水力発電所  
(CHEC電力会社所有 現在定格出力 2,320kW → 修復後定格出力 2,400kW)
- ④ Julio Bravo 流れ込み式水力発電所  
(CEDENAR 電力会社所有 現在定格出力 1,500kW → 修復後定格出力 3,500kW)

### 7.2.1 Municipal, Intermedia及びSan Cancio水力発電所

Caldas県CHEC電力会社が所管するMunicipal, IntermediaおよびSan Cancioの3つの水力発電所群は、Chinchina川に連なる一連の水力発電所である。個々の修復計画だけを取り挙げるとMunicipal発電所の修復計画が抜群の便益効果を与え実現性にすぐれている。しかしながら発電計画としては、これら3つの水力発電所は1つのパッケージとして取り扱うべきであり、Municipal発電所からIntermedia更にSan Cancioと順次シリーズに修復すべきである。

#### ・修復工事計画

1989年9月の市場価格ベースで見積られた修復工事費は次の通り合計額で1,561.2百万円である。その中外貨分 871.6百万円、現地貨分は 689.6百万円でその割合は0.56 : 0.44である。

発電所名	外貨分	現地貨分	計
Municipal	342.2	243.3	585.5
Intermedia	264.7	252.7	517.4
San Cancio	264.7	193.6	458.3
計	871.6	689.6	1,561.2

着工順位をMunicipal, IntermediaそしてSan Cancio発電所とした場合の建設期間は、次に示す通り着工後通算48ヶ月と予定される。

年	1	2	3	4	5	6	7	8
① 準備期間								
リハビリ計画の審査	←→							
実施設計		←→						
入札契約			←→					
② Municipal P.P					#1	#2		
③ Intermedia P.P						#1	#2	
④ San Cancio P.P						#1	#2	

• 3つの発電所をパッケージとした場合の経済指標

増加出力 $\Delta P$ (kW)	.....	5,350
年間発電可能電力量の増分 $\Delta E$ (MWh)	...	55,400
$\Delta P$ kW当りの工事費 (千円/kW)	.....	292
$\Delta E$ kWh 当りの発電コスト (円/kWh)	...	2.9
C/B比	.....	1.07
純現在価値 (N.P.V) (百万円)	.....	-54
内部収益率 (IRR) (%)	.....	6.8

• 実現に当たっての留意事項

これら3つの発電所の修復計画の実現に向けて、ICBLグループは次の3項目の検証を早急を実施すべきである。

- ① 既設導水路の通水能力の検証
- ② Municipal発電所の取水口地点における残流域流量の検証
- ③ Chinchina川の水質に対する検証

7.2.2 Julio Bravo水力発電所

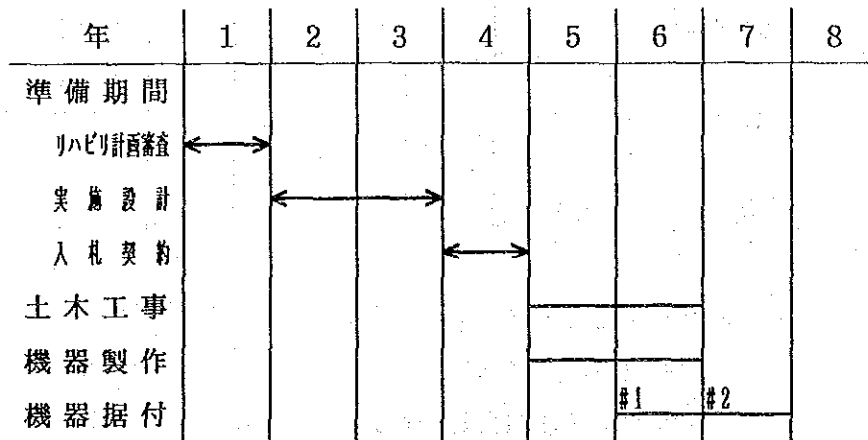
Nariño県CEDENAR電力会社が所管するJulio Bravo水力発電所についても後述するようにその実現性に向けていくつかの検証すべき事項が残ってはいるが、本発電所の修復計画に対する実現性は高い。

• 修復工事計画

1989年9月の市場価格ベースで見積られた修復工事費は次の通り 598.5 百万円で外貨分と現地貨分の比率は0.54 : 0.46である。

外貨分 …………… 324.6 (百万円)  
 現地貨分 …………… 273.9 ( " )  
 合計工事費 …………… 598.5 ( " )

修復工事期間は準備期間の48ヶ月を除いて通算36ヶ月と見積られる。



• 経済指標

増加出力 $\Delta P$  (kW) …………… 3,500  
 年間発電可能電力量の増分 $\Delta E$  (MWh) …………… 29,400  
 $\Delta P$  kW当りの工事費 (千円/kW) …………… 171  
 $\Delta E$  kWh 当りの発電コスト (円/kWh) …………… 2.1  
 C/B比率 …………… 0.96  
 純現在価値 (N. P. V) (百万円) …………… 14  
 内部収益率 (IRR) (%) …………… 8.1

• 実現に向けての留意事項

このJulio Bravo水力発電所における修復計画の実現に向って、ICELグループは次の2項目の検証を早急に実施すべきである。

- ① 既設取水堰地点における流況
- ② 取水口地点における水質の年間変化

現在の冷却システムは、復水器及び補機軸受を冷却した水が、取水口上流のChicamocha川に放流されていて、次に挙げるような問題を抱えている。これ等の問題を解消し、冷却効率の向上を計るために、新たに冷却塔を設置して、冷却水を循環させる冷却システムの変換計画を策定した。

・現在の冷却システムにおける問題点

- 1) 自然冷却のために広大な面積の冷却池を必要とする。
- 2) 冷却水の取水温度が自然に高くなり冷却効率が低下する。
- 3) 冷却池を用いた自然冷却のため、冷却効率が天候に左右されやすい。
- 4) 冷却池の温度上昇が水草（Buchon等）の繁殖を助長して水の循環を悪化させる。また、繁殖した水草を除去する経費の負担も軽視できない。

冷却塔の型式にも色々な種類があるが、結論とし強制通風冷却塔を選択した。Termopaipa火力発電所の修復計画に必要な工事費は、1989年9月の積算基準で、次のように見積られる。

(金額単位：百万円)

修復項目	機 器 費		基礎工事費	計
	(外貨分)	(現地貨分)	(現地貨分)	
1) #2号機の出力増加 計画	567	318	—	885
2) #2号機の計装方式 の変換	515	286	—	801
3) 冷却塔方式への 転換	1,227	690	164	2,081
計	2,309	1,294	164	3,767

冷却塔方式への転換については、冷却効率の向上以外に、冷却池を利用した既存のオープンサイクル冷却水システムを冷却塔を用いたクローズドサイクル冷却水システムに転換することによって、広大な面積を占めている冷却池跡地利用（約58万㎡）のメリットについても注目する必要がある。即ち、1958年に建設された #1号機（33,000kW）の旧式化ならびに老朽化が進む過程で、将来の増設計画に対処するためには、灰捨場の用地確保、灰の流出公害防止ならびに周辺環境保全等の対策が不可欠と考えられるからである。

### 7.2.3 早期着工が困難な有力候補地点

Antioquia 県 EADE 電力会社所管の Caracoli 発電所および Tolima 県 ELECTROLIMA 電力会社所管の Lagunilla 発電所の 2 地点を実施計画地点から除外したのは、次に述べるような理由で早期着工が困難と判断されたからである。

- Caracoli 発電所の早期着工が見送られた理由

本発電所の場合、修復計画よりも使用水量を倍増する改造計画のほうが便益効果が大きという結論になっていて、そのためには既設の導水鉄管路 ( $\phi = 1,350 \text{ m}$ ,  $L = 1,300 \text{ m}$ ) の撤去・取替工事が必要である。しかしながら、既設導水鉄管路は外見性に堅牢性を保持しており、その損耗状況の精査と残存寿命の検証のほうが、修復工事に先行すると判断されたからである。

- Lagunilla 発電所の早期着工を困難にしている理由

Lagunilla 川の流域にあった測水所は、1985年11月に発生した Nevado del Ruiz の爆発による土石流で全て流失してしまっている。

土石流の発生により本流域の流況が変化していることもあって、近隣流域の最近の流量資料を利用するとしても、少なくとも2年間の Lagunilla 川における同時流量観測資料の蓄積が必要と判断したからである。

### 7.3 小規模水力発電設備の再開発に対する提言

1987年11月にプレ・F/Sの対象としてICBLがとり挙げた小規模水力発電所は全部で62地点である。今回のF/Sの結果、実現性の高い候補地点として推奨した水力発電所は、7.2に述べた4地点、回復出力の合計で8,800kW（修復後の定格出力は14,900kW）にすぎない。これは飽くまでも、今回のS/Wが既設発電設備の修復という調査範囲に限定された結果であって別の観点、即ち62地点の小規模水力発電所が包蔵している水力開発という視点で捉えた場合、有望な開発地点が数多く残されていることも、この際指摘しておきたい。例えば次のような候補地点を挙げることができる。

- ① 水利用率のきわめて低い水力発電所  
Inza水力発電所 (Cauca 県)  
Rio Reclio水力発電所 (Tolima県)
- ② 一つの水系に連続して位置しながら総合的に開発されていない水力発電所  
Quindio県Quindio川水系にあるBayona, Campestre及びLa.Unionの3つの水力発電所群
- ③ 既設ディーゼル発電所の代替電源としての水力発電所開発地点  
Rio Napia水力発電所新規開発地点 (Cauca県)

# 付 属 資 料



付-1 報告書目録

F/S調査対象地点、比等地点別の調査報告書は分冊として編集されており、リストに示される様に構成されている。

- Vol.-1 Termopaipa
- Vol.-2 Puente Guillermo
- Vol.-3 Caracoli
- Vol.-4 San Cancio, Intermedia and Municipal
- Vol.-5 Julio Bravo
- Vol.-6 Lagunilla
- Vol.-7 La Vuelta
- Vol.-8 Silvia
- Vol.-9 Ovejas
- Vol.-10 Zaragoza



(1) Thermal Power Plants

No.	Department	Electric Company	Power Plant	Installed Capacity (kW)	Generating Facility			Available Capacity (kW)		Generator Voltage (kV)	Distribution (kV)	Remarks
					Year Installed	Type	No. of Unit	Unit Capacity (kW)	Unit			
			Termo- paipa #I		1958	Steam Turbine	1	33,000	30,000		13.2	
			Termo- paipa #II	173,000	1974	Steam Turbine	1	66,000	66,000		115	
101	Boyaca	EBSA	Termo- paipa #III		1982	Steam Turbine	1	74,000	74,000	170,000	98	13.8
			Termo- barranca #III	66,000	1978	Steam Turbine	1	66,000	40,000	40,000	61	13.8
102	Santander	ESSA	Termo- palenque #IV	15,000	1972	Gas Turbine	1	15,000	0	0	0	13.8
												13.2
												34.5
												115
												220
												34.5
												115
			Total	234,000			5		210,000		83	

(2) Hydroelectric Power Plants (1/4)

No.	Dept-ment	Electric Company	Power Plant	River	Design Data			Generating Facility			Available Capacity (kW)		Gen-erator Dis-tribution Voltage (KV)	Remarks		
					Q (m <sup>3</sup> /sec)	H (m)	P (kW)	Installed Year	Type	No. of Units	Unit Capacity (kW)	Total Capacity (kW)			Unit	Total x100 Voltage (KV)
201	Antioquia	EADE	Caracoll	Mus	5.0	86	3,200	1935	P	1	1,600	1,150	2,300	72	2.3	13.2
								1963	F	1	1,600	1,150			2.3	4.4
202			La Rabusca	San Roque	1.0	90	700	1932	P	1	350	250	470	67	2.3	13.2
								1934	F	1	350	220			2.3	4.4
203			Calera	Q. Malena	1.0	20	160	1938	P	1	80	0	64	40	2.4	7.62
								1938	F	1	80	64			2.4	
204			Zio Abajo	Negro	2.5	51	1,000	1947	P	1	500	300	600	60	2.4	13.2
								1947	F	1	500	300			2.4	
205			Piedras	Piedras	1.5	49	458	1935	F	1	250	250	250	53	0.4	13.8
								1958	F	1	208	0			0.4	
206			Sonson	Sonson	1.0	536	3,600	1967	P	1	3,600	3,600	3,600	100	6.6	4.4
207			Tamasis	Frio	1.2	167	1,508	1940	P	1	500	420	420	77	6.6	13.8
								1951	F	1	504	420	1,160	77	0.5	4.4
								1961	F	1	504	320			0.5	
208			Z.P. de Urzao	Urzao	1.5	70	824	1964	F	1	624	325	430	52	0.5	13.2
								1964	F	1	200	305			2.4	
209			Abejorral	Q. Yeguas	1.0	135	724	1960	P	1	528	355	490	68	0.4	13.2
								1960	F	1	196	135			0.4	
210	Boyaca	EBSA	P. Guillermo	Suarez	2.6	58	1,280	1963	F	1	640	0	0	0	0.24	22
								1963	F	1	640	0			0.24	
211	Caldas	CHRC	San Camilo	Chinchina	5.6	59.75	2,320	1929	P	1	1,350	2,000	1,750	75	4.16	4.16
								1947	F	1	970	750				
212			Intermedia	Chinchina	5.6	59.01	1,120	1947	P	1	1,120	900	900	80	4	4.16
213			Municipal	Chinchina	5.6	80.57	2,112	1945	P	1	1,056	700	1,400	66	4.3	4.3
								1945	F	1	1,056	700			4.3	13.2
214			Guasca	Guasca	4.0	67.8	1,120	1929	F	1	1,120	0	0	0	4.16	33
215			E.P. de Salamina	Q. Frisolesera	0.4	85	280	1943	P	1	280	140	140	50	4	4
				Q. Palo			(Assumed)				(Assumed)					
216			E.P. de Anterua	Anterua												42

(Deleted)

(2) Hydroelectric Power Plants (2/4)

No.	Department	Electric Company	Power Plant	River	Design Data			Generating Facility			Available Capacity (kW)		Generator Voltage (kV)	Distribution Voltage (kV)	Remarks	
					Q (m <sup>3</sup> /sec)	H (m)	(P) (kW)	Installed Year	Type of Unit	No. of Units	Unit Capacity (kW)	Total Capacity (kW)				(Q) (kW)
217	Risaralda	EPP	Belmonte	Ocun	6.0	115	3,760	1941	P	1	1,880	1,650	3,300	88	2.4	2.4
								1941	P	1	1,880	1,650			13.1	17.5
218			Dos Quebradas	Ocun	10.0	113	8,500	1955	F	1	4,250	4,100	8,200	96	4.16	13.2
								1955	F	1	4,250	4,100			33	
219		E.P. de Santa Rosa	Santa Rosa	San Eugenio	1.2	55	450	1927	P	1	350	139	139	31	2.4	4.16
								1927	F	1	100	0			2.4	
220	Quindio	E.P. de Armenia	El Bosque	Quindio	4.0	90	2,280	1929	P	1	2,280	0	0	0	3.3	20
221		E.P. de Calarca	Bayona	Quindio	2.5	30	1,008	1952	F	1	1,008	159	159	16	6.6	6.6
222			Compesere	Quindio	2.5	54	1,120	1956	F	1	1,120	62	62	6	0.5	13.2
223			La Union	Quindio	2.5	43	1,000	1938	F	1	1,000	0	0	0	6.6	6.6
224	Cauca	CEDELCA	Sajandi	Sajandi	3.0	104	2,480	1960	P	1	800				4.4	
								1960	F	1	840	1,640	66	4.4	4.4	41.5
								1960	F	1	840				4.4	
225			El Palo	El Palo	6.0	24.5	1,440	1964	F	1	720	640	1,280	89	0.44	33
								1964	F	1	720	640			0.44	
226			Mondomo	Mondomo	2.0	29	600	1958	F	1	300	230	470	78	2.4	14.4
								1958	F	1	300	240			2.4	
227			Silvia	Piendam	1.5	31	604	1960	F	1	500	0	100	17	6.9	13
								1960	F	1	104	100			0.48	
228			Ovejass	Ovejass	7.0	24.5	900	1939	F	1	900	650	650	72	12.5	
229			Asnazu	Asnazu	1.0	134	450	1932	P	1	450	300	300	67	4.2	12.5
230			Inza	Ullucos	0.6	72	360	1971	F	1	360	0	0	0	0.23	13.2
231			Tortiblo	Isabellilla	0.5	13	63	1968		1	63	35	35	55	0.23	13.2
232			Florida-I	Cauca	6.5	48	2,300	1956	P	1	1,150	0	0	0	0.5	12.4
								1956	F	1	1,150	0			0.5	
233	Choco	E. Choco (Mineros del Choco S.A.)	La Vuelta	Andagueda	54.0	4.8	2,000	1916	F	1	1,000	300	500	25	4.4	4.4
								1916	F	1	1,000	200	200	25	4.4	14.5

(2) Hydroelectric Power Plants (3/4)

No.	Department	Electric Company	Power Plant	River	Design Data			Generating Facility			Available Capacity (kW)			Remarks		
					Q (m <sup>3</sup> /sec)	H (m)	(kW)	Installed Year	Type	No. of Units	Unit Capacity (kW)	Total Capacity (kW)	Transmission Voltage (kV)		Generation Voltage (kV)	
234	Cundinamarca	CELGAC	La Salada	Bogotá	2.3	15	280	1935	F	1	280	0	0	0	4.16	
235			Rio Negro	Negro	13.0	78.2	9,600	1974	F	1	4,800	3,000	4,500	47		*2
236		E.P. de Choachi	Choachi	Palmar	1.0	45	300	1954	F	1	300	19	6	0	0.38	6.6
237		ECSA (Cementos Diamantes S.A.)	Apulo	Bogotá	23.0	15	3,000	1928	T	1	600	0	0	0	6.6	34.5
238	Huila	E. Huila	La Viciosa	Q. Viciosa	0.5	45.5	225	1950	F	1	100	0	0	0		
239			La Pica	Q. Mayo	0.75	120.5	1,420	1973	F	1	700	480	1,060	75		
240			Fortalecillas	Fortalecillas	2.0	28	408	1968	F	1	408	0	0	0		
241			Rio Iquira-I	Iquira	2.5	182.4	4,320	1951	P	1	1,440	1,130	2,230	52		
242			Rio Iquira-II	Iquira	2.5	98.4	2,400	1954	F	1	2,400	700	700	29		
243	Meta	ENSA	El Calvario	Q. Panels	0.04	60	20	1984	P	1	20	16	16	80	0.208	
244			San Juanito	Guajaro	0.1	53	20	1986	F	1	20	20	20	100	0.22	13.2
245	Nariño	CEDENAR	Rio Mayo-II	Mayo	12.5	218	21,000	1969	F	1	7,000	7,000	20,000	95	6.6	
246			Rio Bobo	Bobo	1.8	306	4,368	1956	P	1	1,440	0	0	0	3.1	
247			Rio Sapuyes	Sapuyes	2.0	107	1,836	1956	F	1	328	110	780	42	0.5	
248			Julio Bravo	Rasto	2.0	120	1,500	1942	P	1	500	0	0	0	6.9	13.2
249	Putumayo	E.P. de Hocco	Mulato	Mulato	0.5	50	168	1964	F	1	168	0	0	0		*2

(2) Hydroelectric Power Plants (4/4)

No.	Department	Electric Company	Power Plant	River	Design Data			Generating Facility			Available Capacity (kW)			Generator Voltage (kV)	Distribution Voltage (kV)	Remarks		
					Q (m <sup>3</sup> /sec)	H (m)	P (kW)	Installed Year	Type of Unit	No. of Units	Unit Capacity (kW)	Total Capacity (kW)	Generator Voltage (kV)				Distribution Voltage (kV)	
250	Santander	ESSA	Palmas	Lebríja	17.0	150	18,000	1950	F	1	4,500	13,000	72					
251			Zaragoza	Surata	6.5	30	1,560	1935	F	1	520	0	800	51				
								1948	F	1	520							
								1952	F	1	490	0						
252			Cascada	Fonce	18.8	24.5	3,350	1939	F	1	240	0	1,300	39				
								1956	F	1	1,200							
								1963	F	1	1,200							
253			Comoda	Languarucu	1.3	89	880	1912	F	1	160	0	0	0				
								1912	F	1	160	0	0	0				
								1954	F	1	280	0	0	0				
								1954	F	1	280	0	0	0				
254			Servitá	Servitá	0.6	169.5	800	1962	F	1	400	360	720	90	0.44	13.2	*2	
								1962	F	1	400	360			0.44			
255			Calichal	Servitá	1.2	26	280	1950	F	1	125	100	220	79	2.4	7.2	*2	
								1950	F	1	155	120			0.5	13.8		
256	Tolima	ELECTROLIMA	Gualí (Honda)	Gualí	12.0	13.9	1,048	1926	F	1	748	0	0	0	4.16			
								1955	F	1	150	0	0	0	2.3			
								1955	F	1	150	0	0	0	2.3			
257			Río Recio	Recio	5.0	100	4,000	1960	F	1	2,000	0	1,200	30	4.16	33		
								1960	F	1	2,000	1,200						
258			Mirrolindo	Combelez	4.7	97	3,600	1946	F	1	1,200	1,000	0	1,000	28	2.4	13.8	
								1946	F	1	1,200	0						
259			Pastales	Combeiza Q. La Plata	3.87	30	840	1947	F	1	840	0	0	0	0.5	13.8		
260			Prado	Prado	112.0	56	51,000	1974	F	1	15,300	15,300	15,300	100	6.6	33		
									F	1	15,300	15,300	51,000	100	6.6	115		
261			Lagunilla	Lagunilla	0.5	120	(Assumed)	1940	F	1	300	0	0	0	4.4			
								1940	F	1	152	0	0	0	4.4			
262			Ventanas	Coello	25.3	28.6	6,000	1958	F	1	3,000	0	2,500	42	4.16	14.4		
									F	1	3,000	2,500						
Total											192,416	-	124	-	131,454	68		

Notes \*1 P: Pelton  
F: Francis  
T: Tubular  
\*2 The site marked with (\*) was not investigated.  
This data is based on the information supplied by ICEL.





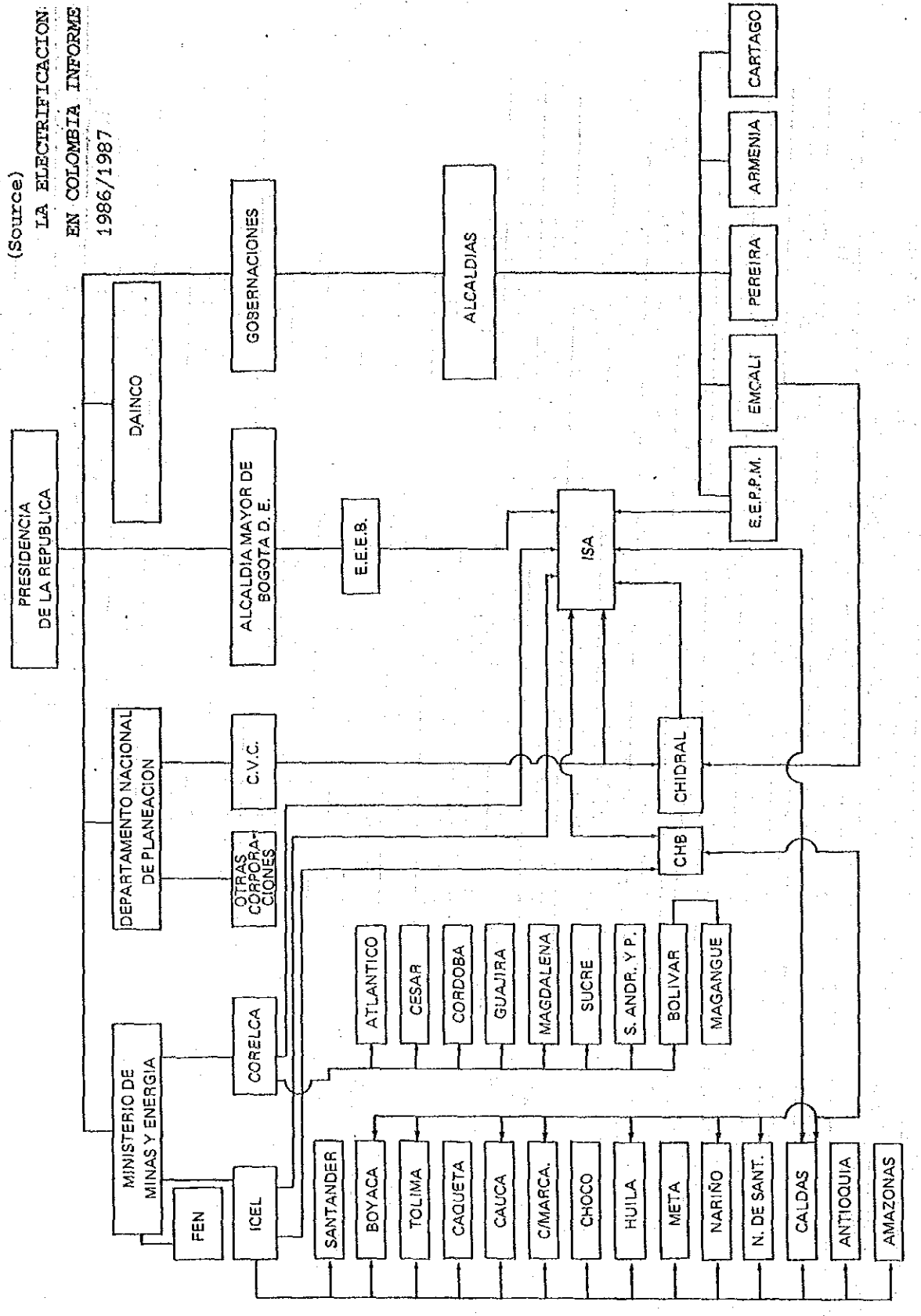
(3) Diesel Power Plants (2/2)

No.	Department	Electric Company	Power Plant	Installed Capacity (kW)	Installed Year	Generating Facility Type	No. of Unit	Unit Capacity (kW)	Available Capacity (kW)		Generator Voltage (kV)	Distribution (kV)	Remarks		
									Unit	Total					
344			Llortente	120	1971	Indoor	1	120	0	0	0.22	5.715			
345	NARIÑO	CEDEMAR	Sala Nonda	210	No Data	Indoor	1	60	0	0	0.24	5.715			
350			La Playa	75	1985	Indoor	1	150	150	150	0.24				
357			Baquerías	35	1955	Indoor	1	75	0	0	0.22	12.47			
				35	1981	Indoor	1	35	0	0	0.22	13.2			
Total									14,847.5	-	31	-	11,015	74	-

Note: The site marked with (\*) was not investigated. This data is based on the information supplied by ICEL.

付-3 コロンビア国内の電力セクターの関連組織表

ESQUEMA OPERACIONAL DEL SECTOR ELECTRICO COLOMBIANO



付-4 流れ込み式水力発電所における運転・維持・管理のための汎用マニュアル(案)

1. 水車および付属設備の保守

2. 電気設備の保守

3. 土木構造物の保守

## 1. 水車および付属設備の保守

### (1) 水車の保守

#### ① 日常点検

全般的に異音、異臭、振動などに注意するとともに次の項目について点検を行う。

- (a) ガイドベーン動作状態
- (b) ガイドベーン回りの漏水状況、弱点ピンの状態
- (c) 継手部からの漏れ
- (d) 主軸受油面、給油量
- (e) 主軸受温度、冷却水量
- (f) 異常振動、異音

#### ② 外部点検

上記の点検項目に加えて、次の項目について点検する。

- (a) 温度計、継電器、配線などの異常
- (b) ガイドベーンの開度と出力の関係
- (c) 振動測定

#### ③ 内部点検（オーバーホール）

日常点検、外部点検に加えて細密点検を5～10年周期で行い、異常のある場合は臨時内部点検を実施し、次の点について調査あるいは部品の交換を行なう。

##### (a) フランス水車

①主軸メタルの摩耗、②主軸スリーブの摩耗、封水部パッキンの摩耗の有無、③ランナ厚みおよびランナライナーとのギャップの測定、④ガイドベーンのシャッター面およびガイドベーンとケーシングとのギャップ測定、⑤軸受ブッシュの厚み状態

##### (b) ペルトン水車

①バケットの亀裂、摩耗、浸食、バケットの取付けボルトの状態、②ニードルやノズルの浸食、全閉時の間げきおよびニードルロッドの摩耗

##### (c) チューブラ水車

フランス水車の点検項目とほぼ同じであるが、次の項目を加える。①圧油導入部の漏油、リターン機構の異常の有無、②ランナボス漏油の有無およびランナ用サーボモータ漏油の有無、③ガイドベーン開度とランナベーン開度

(2) 入口弁の保守

① 蝶形弁

- (a) 軸受の給油状態
- (b) サーボモータ操作機構
- (c) グランドパッキンよりの漏水
- (d) 弁体と胴殻との接触部（止水部）摩耗状態および漏水状況
- (e) 開閉動作，開閉時間
- (f) リミットスイッチの動作
- (g) 電動機と操作軸の直結，ギヤの摩耗

② 仕切弁

- (a) バルブ及びバルブシートの摩耗状態
- (b) シリンダの摩耗状態，シリンダのグランドパッキンおよびピストンパッキンの損傷状態
- (c) スピンドルとバルブとの連結箇所の摩耗状態
- (d) リミットスイッチの動作状態
- (e) 電動式の場合は操作機構と連結部の状況

(3) 調速機の保守

- (a) ポテンションメータの異常，コンバータへのほこりの付着
- (b) 抵抗器の加熱，変色，断線
- (c) 復原機構のリンクピン，ワイヤの遊び，伸び
- (d) ストレーナの目づまり
- (e) 可動部の給油状態

(4) 圧油装置の保守

① 日常点検，外部点検

- (a) ポンプの運転状態，異音異臭
- (b) 油面，油圧
- (c) 配管，ゲージなどから漏油
- (d) 集油槽の冷却水量，油温

② 内部点検

- (a) ギヤポンプの摩耗，サイドギャップ
- (b) ポンプ及びモータの軸受の摩耗

- (c) パイロットバルブの摩耗およびラップ
- (d) 油に異物の混入およびスラッジの有無

(5) その他の装置の保守

① 潤滑油装置

日常および外部点検は圧油装置に準ずるが、次の項目を加える。

- (a) 配管類からの漏油状態
- (b) 集油槽油面リレー，リミットスイッチの動作状態
- (c) 給油量，油面

内部点検については圧油装置と同様とする。

② 給水装置

日常および外部点検は次のとおりとする。

- (a) ストレーナの日づまり状態
- (b) 配管のつまり、漏水状態
- (c) 給水量，断流継電器の動作状態

③ 排水装置

- (a) 水位検出器の状態
- (b) ポンプの加熱，振動，排水能力，各部給油状態

(6) 点検の頻度は次のものを目安とする。

項 目	頻 度
日 常 点 検	1回/日
外 部 点 検	1回/6ヶ月
内 部 点 検	1回/5年
(オーバーホール)	

(7) 水車および付属機器の保守に必要な技術員の人員

監視制御方式は、常時監視制御方式、

運転操作方式は、機側手動制御方式，または一人制御方式

とすれば、

保守要員の目安としておよそ2～3名程度。

## 2. 電機設備の保守

最近の電気品は絶縁材料の進歩、半導体の採用による静止化への移行などにより設備の信頼度は向上してきてはいるが、それぞれの機種の種類を性質を理解して適切な保守を行う事が長時間安定な発電が可能であり機器を長持ちさせる事になる。表に保守の基準をまとめた。

表 電機設備の保守基準

巡 視		点 検			測 定	
機 器	周 期	機 器	点検項目	周 期	測 定 項 目	周 期
発電機、変圧器 および配電盤等 日常目視点検	1回/1日	発電機および 励磁機	外部点検	1年	絶縁抵抗	6ヵ月
			内部点検	6年	その他、各種測定試験	1~2年
		主要変圧器	外部点検	6年	絶縁抵抗	6ヵ月
			内部点検	8年	絶縁油性状試験	1年
		主要しゃ断器	外部点検	1年	絶縁抵抗	1年
			内部点検	4~5年	その他、各種測定試験	1~2年
		配電盤	外部点検	6ヵ月	絶縁抵抗	1年
			内部点検	4~5年		
		その他配電盤 および収納 機器等	外部点検	6ヵ月	絶縁抵抗等各種測定 試験	1~2年
			内部点検	4~5年		

外部点検：機器の機能確認，機能維持を目的として主として外部から行う点検，検査

内部点検：機能回復を目的として主として機器を分解し精密内部点検のうえ損傷摩滅，  
その他異常部分の取替えまたは補修を行い合わせて詳細な検査，性能試験を行  
う。

### (1) 発電機

① 日常巡視点検としては機器の全般的により正常時の状態を把握しておくことを  
目的とする。

- (a) 発電機の電圧，周波数，電力，力率，目視定格値からはずれていないか
- (b) 発電機本体振動，音響の変化，巻線，鉄心の温度上昇の状態，異臭の有無，  
換気孔，フィルタなどの目詰まり
- (c) 軸受は振動の変化，油面，給油量の適否，温度上昇の状態，漏油の有無
- (d) 制動装置は、損傷の状態，漏油または漏気の有無

② 外部点検の場合は、上記の点検項目に加えて

- (a) 各部分の締付箇所点検

- (b) 細部にわたる目視点検
- (c) 制動装置の動作試験
- (d) 各部清掃

③ 内部点検

- (a) 回転子、固定子の状態（絶縁状態、クサビのゆるみ、コイル引出口の状態）
- (b) 軸受のギャップおよび厚みの状態
- (c) 主軸の状態
- (d) 制御装置の摩耗および動作状態

④ 測定試験

- (a) 軸振れ測定
- (b) 軸電圧測定
- (c) 特性試験（巻線抵抗測定、巻線絶縁抵抗測定、無負荷試験、短絡試験）
- (d) 負荷試験

を実施して記録を整理しておく。

(2) 励磁装置（同期発電機）

① 日常監視点検

- (a) 励磁機本体の振動、異常音発生、温度上昇の状態
- (b) 制御装置の異常の有無
- (c) 電源変圧器の異音、異臭および温度の状態

② 外部点検

- (a) 電源変圧器、制御装置（励磁器、整流器）、界磁開閉器の細部にわたる目視点検
- (b) 駆動部の給油状態
- (c) 接触部の状態
- (d) 絶縁抵抗測定

③ 内部点検

- (a) 電源変圧器の絶縁抵抗測定および絶縁耐力試験
- (b) 整流器性能チェック
- (c) 巻線および配線の絶縁抵抗測定
- (d) 装置単体の負荷試験

を行い励磁装置の特性を記録しておく。



(3) 変圧器

① 日常点検

- (a) 異音, 異臭および温度の異常上昇
- (b) 油量は適性か (漏油に注意)
- (c) 巻線, 端子部, 端子部の損傷, 汚れはないか
- (d) 引出線の状態
- (e)  $N_2$  封入装置の圧力 ( $N_2$  封入式の場合)
- (f) 設置線の状態

(注) 乾式変圧器では (b), (e) はない

② 外部点検

上記の点検内容を行うとともに

- (a) 巻線と大地間
- (b) 1次と2次の巻線間  
の絶縁抵抗を測定し記録を整理しておく

③ 内部点検

絶縁油の耐圧試験および絶縁耐力試験, その他締付部の状態などを入念に点検する。

(4) 配電盤および開閉装置

① しゃ断器

- (a) 日常巡視点検
  - a 外観目視点検 (汚れ, 破損)
  - b 異音, 異臭
  - c 開閉表示装置の状態
- (b) 外部点検
  - a 動作試験
  - b 取作試験
  - c 絶縁抵抗測定
- (c) 内部点検
  - a 接触状態 (三相接触不良)
  - b 配線の状態
  - c 開閉表示器の動作
  - d 投入, 引外しコイルまたは操作モーターのテスト

② 配電盤

(a) 日常巡視点検

- ① 汚れ、損傷などの外観的点検
- ② 異常音、異臭
- ③ 表示ランプ点検

(b) 外部点検

- a 操作スイッチの動作
- b ケーブルピットの汚れ、水溜り、端子部の汚れ
- c 接続端子部の締付け状態
- d 絶縁抵抗の測定

(c) 内部点検

- a 操作スイッチ、補助リレー等の接点

③ 計器用変成器および保護継電器

(a) 日常巡視点検

- a 汚れ、損傷などの外観的点検
- b 異臭、異常音
- c 継電器に動作表示が出ないか

(b) 外部点検

- a 保護継電器の動作試験、シーケンス試験
- b 絶縁抵抗測定
- c 配線端子の増締め、表面清掃

(c) 内部点検

- a 保護継電器の特性試験
- b 計器変成器の特性試験

④ その他機器、避雷器、コンデンサー等

(a) 日常巡視点検

- a 汚れ、損傷、キレツの外観点検
- b 異常音、異臭

(b) 外部点検

- a 取付状態
- b 絶縁抵抗測定

⑤ 直流電源盤

(a) 日常巡視点検

蓄電池の場合は

- a 電槽および導体の変形, 損傷
- b 支持物, 損傷, 腐食
- c 電槽内部の状態
- d 電解液の温度, 比重, 液量
- e セル当りの電圧および全体の電圧

充電器の場合は

- a 充電電圧は規定値か
  - b 表示灯およびスイッチの状態
  - c 異音, 異臭
- (b) 外部点検
- 上記の点検内容に加え
  - a 接続端子の締付け状態
  - b 縦断器内部の目視状態
  - c 各部清掃

蓄電池は、日常時浮動充電状態で使用していると個々の充電状態にばらつきを生じてくるので均等充電を行う。またアルカリ電池の場合、5年に1回程度電解液を交換し極板を清掃するなどの活性化再生をする必要がある。寿命は鉛蓄電池の場合約8～10年、アルカリ蓄電池で活性化再生を行って約15～20年とされている。

### 3. 土木構造物の保守

設 備	巡 視 内 容
貯水池, 調整池, 河川	水位の状況, 分水量の適否, 水面の結氷状況, 土砂のたい積状況, 構造物の破損状況, 周辺地山の崩壊, 雪崩, 支障木の状況, 漏水状況
ダ ム	水位の状況, 放流・越流の状況, 分水量の適否, 支障物の有無, 構造物の破損状況, 漏水状況, ゲートの状態, 機器の状態
取 水 口	水位の状況, 分水量の適否, 流入状況, 流水・じんかい・土砂の有無, 構造物の破損状況, 漏水状況, 除じん機の作動状況, ゲート・スクリーン・ブームの状態, 機器の状態
沈砂池, 水そう	水位の状況, 分水量の適否, 越流状況, 土砂の沈殿状況, じんかいの有無, 流水雪の有無, 構造物の破損状況, 漏水状況, 除じん機の作動状況機器の状態, ゲート・スクリーンの状態
導 水 路 (トンネル, がいきよなどの内部を除く)	沈下状況, 分水量の適否, 周辺の崩壊・陥没・雪崩・倒木の有無, 構造物の破損状況, 漏水状況
水 圧 管 路	異音・振動の有無, 分水量の適否, 周辺の崩壊・落石・雪崩・倒木の有無, 構造物の破損, エアパイプ・エアバルブ・伸縮継手の状態, 漏水・湧水・排水状況, 制水弁の状態
放 水 路	流下状況, 分水量の適否, 放水口の堆積状況, 周辺の崩壊・陥没・雪崩・倒木の有無, 構造物の破損状況
土 木 機 器	外部状況, 異音振動の有無, 給油状況, 燃料の有無, ヒューズの状況



川崎  
コロンビア共和国  
フイリ  
テ  
調査  
主編 古書  
平成2年3月 国

JICA

75  
63  
77