

Anexo 5: Producción Hidroeléctrica en Ecuador, proyección 2016

Mes	Hidrosibimbe		EPMAPS		Auto productores		Elecaastro		Hidroabánico		Pilátón		Manduriacu		Distribuidoras	
	Producción	%	Producción	%	Producción	%	Producción	%	Producción	%	Producción	%	Producción	%	Producción	%
Enero	7,1		7,3		14,5		19,2		28		27,417		37,5761667		64,8	
Febrero	9,3		6,5		13,4		16		25,2		26,2943333		36,3773333		57,6	
Marzo	10,1		7,2		14,2		18,4		27		29,0545714		40,5865		63,6	
Abril	9,9		7,7		14,4		21,6		26,9		26,864		35,7075		65,7	
Mayo	10,3		11,3		14,8		22,2		27,9		22,4891429		32,2975714		67,6	
Junio	9,4		12,7		11,6		22,8		26,9		15,2845286		25,3431429		64,2	
Julio	8,5		13,8		11,5		25,3		26,9		11,4930429		20,6982143		61,4	
Agosto	6,3		12,7		8,5		16,6		28		9,9404		20,6972857		52,8	
Septiembre	4,9		12,4		6,8		20,9		26,1		12,0217143		20,8607143		45,9	
Octubre	4,3		8,3		5,6		19,8		27,4		14,7147143		26,7554286		53,4	
Noviembre	3,4		5,4		4,4		15,1		26,9		15,7611429		30,804		45,8	
Diciembre	5,1		8,4		6,4		20,2		27,6		19,5432857		33,4024286		62,8	
Mes	%		%		%		%		%		%		%		%	
Enero	0,68932039		0,52898551		0,97972973		0,75889328		1		0,94363808		0,9258292		0,95857988	
Febrero	0,90291262		0,47101449		0,90540541		0,63241107		0,9		0,90499815		0,89629146		0,85207101	
Marzo	0,98058252		0,52173913		0,95945946		0,72727273		0,96428571		1		1		0,9408284	
Abril	0,96116505		0,55797101		0,97297297		0,85375494		0,96071429		0,92460493		0,87978761		0,97189349	
Mayo	1		0,81884058		1		0,87747036		0,99642857		0,77403113		0,79577129		1	
Junio	0,91262136		0,92028986		0,78378378		0,90118577		0,96071429		0,52606278		0,62442297		0,94970414	
Julio	0,82524272		1		0,77702703		1		0,96071429		0,39556745		0,50997781		0,90828402	
Agosto	0,61165049		0,92028986		0,57432432		0,65612648		1		0,34212861		0,50995493		0,78106509	
Septiembre	0,47572816		0,89855072		0,45945946		0,82608696		0,93214286		0,41376326		0,5139816		0,67899408	
Octubre	0,41747573		0,60144928		0,37837838		0,7826087		0,97857143		0,50645092		0,6592199		0,78994083	
Noviembre	0,33009709		0,39130435		0,2972973		0,59683794		0,96071429		0,54246688		0,75897158		0,67751479	
Diciembre	0,49514563		0,60869565		0,43243243		0,79841897		0,98571429		0,67264065		0,82299357		0,92899408	

Mes	Hidronación		Toachi		Hidrogoyán		Hidropaute		Coca Codo Sinclair		Amazonia		Pacífico	
	Producción		Producción		Producción		Producción		Producción		Producción		Producción	
Enero	11,9		114,8		95,5		445,2		630,82		1226,0200		213,3265	
Febrero	112,6		112,1		98,5		444,6		617,655		1208,4550		310,0867	
Marzo	53,4		126,3		85,3		378,4		750,3116667		1266,6117		273,6425	
Abril	46,8		118,5		153,8		580,5		784,5333333		1575,0333		252,1872	
Mayo	47		107,6		185,4		744,7		822,0583333		1813,5583		234,5043	
Junio	35,9		71,6		217,5		717		798,2366667		1795,1367		169,1257	
Julio	21,8		50,4		267,9		760,4		742,8		1837,1000		124,3947	
Agosto	25,1		42,8		235,1		535,4		737,3157143		1565,1157		113,3100	
Septiembre	36,2		51,5		241,9		607,1		706,1428571		1614,5429		132,3101	
Octubre	37,1		62,9		167,6		476,4		705,8928571		1405,3929		151,3374	
Noviembre	53,1		70,1		106,6		384,8		655,7914286		1194,5914		177,5430	
Diciembre	66,8		84,9		131,4		665,1		653,7914286		1506,4914		216,1071	
Mes	%		%		%		%		%					
Enero	0,10568384		0,90920059		0,3564763		0,58548133		0,849246096		0,6674		0,6880	
Febrero	1		0,887678		0,36767451		0,58469227		0,831522617		0,6578		1,0000	
Marzo	0,47424512		1		0,31840239		0,49763282		1,010112637		0,6895		0,8825	
Abril	0,41563055		0,93835609		0,57409481		0,76341399		1,056183809		0,8573		0,8133	
Mayo	0,41740675		0,85206931		0,69204927		0,97935297		1,106702118		0,9872		0,7563	
Junio	0,31882771		0,56688195		0,8118701		0,94292478		1,074632023		0,9772		0,5454	
Julio	0,19360568		0,39907251		1		1		1		1,0000		0,4012	
Agosto	0,22291297		0,33865243		0,87756626		0,7041031		0,99261674		0,8519		0,3654	
Septiembre	0,32149201		0,40797412		0,90294886		0,79839558		0,95065005		0,8789		0,4267	
Octubre	0,3294849		0,49775594		0,62560657		0,62651236		0,950313486		0,7650		0,4880	
Noviembre	0,47158082		0,55484612		0,39790967		0,50604945		0,882864066		0,6503		0,5726	
Diciembre	0,59325044		0,67189603		0,49048152		0,87467123		0,880171552		0,8200		0,6969	

## Anexo 6: Expansión de la generación

Operación completa desde 1 de	Proyecto / Central	Empresa / Institución	Estado	Público o Privado	Tipo	Potencia [MW]	Energía media [GWh/año]
ene-12	Trasvase Baba a Marcel Laniado	Hidrotitoral EP	En operación	Público	Hidroeléctrico	*	441
mar-12	Ocaña	Elecaastro S.A.	En operación	Público	Hidroeléctrico	26,0	203
abr-12	Buenos Aires	Empresa Eléctrica Norte S.A.	En operación	Público	Hidroeléctrico	1,0	7
may-12	Térmica Residuo Etapa 2: Jivino (45 MW)	CELEC - EP	En operación	Público	Termoeléctrico	45,0	296
may-12	Térmica Residuo Etapa 2: Santa Elena III (42 MW)	CELEC - EP	En operación	Público	Termoeléctrico	42,0	276
jun-12	Térmica Residuo Etapa 2: Jaramijó (149 MW)	CELEC - EP	En construcción	Público	Termoeléctrico	149,0	979
oct-12	Villonaco	CELEC EP - Gensur	En construcción	Público	Eólico	16,5	64
dic-12	Baba	Hidrotitoral EP	En construcción	Público	Hidroeléctrico	42,0	161
may-13	Isimanchi	EERSSA	En construcción	Público	Hidroeléctrico	2,25	17
sep-13	Térmica Cuba I Guangopolo (50 MW)	CELEC - EP	Contrato de construcción	Público	Termoeléctrico	50,0	330
oct-13	San José del Tambo	Hidrotambo S.A.	En construcción	Privado	Hidroeléctrico	8,0	50
nov-13	Térmica Cuba II (Quito Norte 40 MW, Jama 20 MW)	CELEC - EP	Contrato de construcción	Público	Termoeléctrico	60,0	395
nov-13	Machala Gas 3a unidad	CELEC EP - Termogas Machala	Contrato de construcción	Público	Termoeléctrico	70,0	491
nov-13	Topo	Pemaf Cia. Ltda.	En construcción	Privado	Hidroeléctrico	22,8	164
ene-14	San José de Minas	San José de Minas S.A.	En construcción	Privado	Hidroeléctrico	6,4	37
ene-14	Mazar-Dudas	Hidroazogues - CELEC EP	En construcción	Público	Hidroeléctrico	21,0	125
may-14	Machala Gas Ciclo Combinado	CELEC EP - Termogas Machala	Contrato de construcción	Público	Termoeléctrico	100,0	700
jul-14	Chorrillos	Hidrozamora EP	En construcción	Público	Hidroeléctrico	3,96	21
sep-14	Victoria	EEQSA	En construcción	Público	Hidroeléctrico	10,0	64
sep-14	Sigchos	Triolo S.R.L.	En construcción	Privado	Hidroeléctrico	17,4	125
oct-14	Esmeraldas II	CELEC EP - Termoesmeraldas	En construcción	Público	Termoeléctrico	96,0	631
mar-15	Toachi - Pilatón	Hidrotoapi EP	En construcción	Público	Hidroeléctrico	253,0	1 100
abr-15	Paute - Sopladora	CELEC EP - Hidropaute	En construcción	Público	Hidroeléctrico	487,0	2 770
may-15	Manduriacu	CELEC EP Enernorte	En construcción	Público	Hidroeléctrico	62,0	356
jul-15	Santa Cruz	Hidrocruz S.A.	En estudios	Privado	Hidroeléctrico	129,0	735
nov-15	Delsi Tanisagua	CELEC EP - Gensur	En construcción	Público	Hidroeléctrico	116,0	904
dic-15	Quijos	CELEC EP Enernorte	En construcción	Público	Hidroeléctrico	50,0	355
ene-16	Minas - San Francisco	CELEC EP Enerjubones	En construcción	Público	Hidroeléctrico	276,0	1 321
feb-16	Coca Codo Sinclair	CocaSinclair EP	En construcción	Público	Hidroeléctrico	1 500,0	8 743
ene-17	Eólico I	CELEC EP - Renovables	En estudios	Público	Eólico	15,0	64
jun-17	Tufiño - Chiles	CELEC EP - Renovables	En estudios	Público	Geotérmico	50,0	394
jul-17	Eólico II	CELEC EP - Renovables	En estudios	Público	Eólico	15,0	64
may-18	Sabanilla	Hidrelgen S.A.	En construcción	Privado	Hidroeléctrico	30,0	201
ene-19	Geotérmico I	CELEC EP - Renovables	En estudios	Público	Geotérmico	30,0	237

### Anexo 7: Ecuaciones en el Programa

- (01) Central Eolica=  
 $15 * \text{RANDOM NORMAL}(0, 1, 0.3, 0.3, 1)$   
 Units: Mw  
 Villonaco
- (02) Cocinas=  
 $\text{STEP}(1600 * \text{PULSE TRAIN}(6, 3, 21, \text{FINAL TIME}) + 3500 * \text{PULSE TRAIN}(11, 3, 21, \text{FINAL TIME}) + 1600 * \text{PULSE TRAIN}(18, 3, 21, \text{FINAL TIME}), 35040)$   
 Units: Mw
- (03) Costo del MEM=  
 Costo Variable de la Energía en el SPOT\*(Potencia Termoelectrónica Despachada + Potencia Hidroeléctrica Operativa)  
 Units: \$/Hour
- (04) Costo horario del MEM=  
 Costo del MEM+PRPD  
 Units: \$/Hour
- (05) Costo Total del MEM= INTEG ( Costo horario del MEM-Liq Costo Anual, 45)  
 Units: \$
- (06) Costo Variable de la Energía en el SPOT=  
 Costos Variables de producción(PTFP)/FM1\*FM2  
 Units: \$/(Mw\*Hour)
- (07) Costos Variables de producción(  
 $(0,0.2),(132.5,3.06),(271,3.48),(371,3.6),(375.3,3.75),(379.6,3.78),(383.9,3.84),(452.7,3.91),(520.3,3.97),(524.6,4.02),(544.6,4.04),(564.6,4.04),(584.6,4.04),(604.6,4.04),(623.6,4.1),(642.6,4.1),(775.6,4.13),(780.8,4.18),(794.1,4.18),(807.4,4.18),(820.7,4.18),(825.9,4.19),(831.1,4.2),(836.3,4.2),(841.5,4.21),(846.7,4.21),(865.9,4.34),(941.9,4.79),(1013.9,4.9),(1085.9,4.96),(1118.4,4.99),(1131.4,5.02),(1141.4,5.08),(1151.4,5.08),(1161.4,5.08),(1171.4,5.08),(1191.4,5.37),(1231.4,5.39),(1271.4,5.4),(1321.4,5.42),(1326.6,5.5),(1331.8,5.5),(1337,5.5),(1342,5.51),(1347,5.51),(1352.2,5.53),(1357.4,5.53),(1362.6,5.54),(1367.3,6.01),(1371.5,6.26),(1375.7,6.26),(1379.9,6.26),(1384.1,6.26),(1388.3,6.26),(1392.5,6.26),(1397,6.28),(1400,6.45),(1402.9,6.47),(1404.9,6.54),(1406.9,6.56),(1409.8,6.65),(1412.7,6.67),(1415.6,6.69),(1417.6,6.76),(1419.4,6.84),(1421.4,6.85),(1467.9,6.93),(1468.9,7.19),(1470,7.22),(1481,7.25),(1492,7.26),(1503,7.27),(1514,7.27),(1517.8,7.33),(1520.6,7.38),(1523.9,7.46),(1568.9,7.46),(1571.6,7.56),(1574.3,7.58),(1575.7,7.59),(1599.7,7.6),(1600.8,7.64),(1696.8,7.73),(1798.8,7.74),(1800.8,8.11),(1803.3,8.15),(1805.3,8.16),(1807.8,8.24),(1808.9,8.3),(1843.9,8.34),(1844.6,8.36),(1846.2,8.38),(1847.2,8.45),(1867.2,8.5),(1887.2,8.53),(1933.2,8.62),(1953.2,8.62),(1954.2,8.7),(1999.2,8.77),(2003,8.78),(2005.2,8.78),(2050.2,8.81),(2052.4,8.82),(2054.4,8.82),(2156.4,8.86),(2160,8.92),(2161.8,8.95),(2163.8,8.96),(2208.8,8.99),(2211,8.99),(2231,9.07),(2232.8,9.12),(2250.8,9.15),(2252.8,9.26),(2254.8,9.37),(2256.8,9.37),(2258.8,9.37),(2260.8,9.41),(2262.8,9.41$ )

),(2280.8,9.43),(2282.8,9.44),(2284.8,9.48),(2286.8,9.5),(2304.8,9.53),(2306.8,9.55),(2308,9.57),(2310,9.92),(2326.8,9.93),(2328,10),(2329.1,10.36),(2345.9,10.43),(2362.1,10.83),(2362.2,12),(2364.3,12),(2366.82,15.08))

Units: CTV\$/(kw\*Hour)

(08) CTF=

STEP(50,  
15330)+STEP(60,16790)+STEP(70,16790)+STEP(100,21170)+STEP(96,24820  
)

Units: Mw

Centrales termoeléctricas futuras

(09) Curva de Carga dia laboral = WITH LOOKUP (  
R1,

((0,0.52)-(1,1)),(0,0.6196),(0.005596,0.5774),(0.0119,0.5574),(0.01786,0.5446),(0.02381,0.5409),(0.02976,0.5568),(0.03571,0.6223),(0.04167,0.6252),(0.04762,0.6737),(0.05557,0.7554),(0.05952,0.8013),(0.06548,0.83),(0.07143,0.8394),(0.07738,0.8303),(0.08333,0.8502),(0.08929,0.8654),(0.09524,0.8612),(0.10119,0.8453),(0.10714,0.8462),(0.1131,0.9873),(0.11905,0.978),(0.125,0.9291),(0.1369,0.8458),(0.1395,0.7556),(0.14286,0.6782),(0.14881,0.6296),(0.15476,0.6037),(0.16071,0.5902),(0.1667,0.5845),(0.17262,0.5982),(0.17857,0.6564),(0.18452,0.6534),(0.19048,0.7029),(0.19643,0.782),(0.20238,0.8211),(0.20833,0.8448),(0.21429,0.8501),(0.22024,0.8391),(0.22619,0.8572),(0.23214,0.8738),(0.2381,0.8695),(0.244405,0.8535),(0.25,0.854),(0.25595,0.9952),(0.2619,0.9866),(0.26786,0.9354),(0.27381,0.8516),(0.27976,0.7619),(0.28571,0.6831),(0.29167,0.6333),(0.29762,0.609),(0.30357,0.5956),(0.30952,0.5897),(0.31548,0.6031),(0.32143,0.6632),(0.32738,0.6641),(0.3333,0.712),(0.33929,0.7192),(0.34524,0.83),(0.34714,0.8517),(0.35119,0.8591),(0.3631,0.8483),(0.36905,0.8658),(0.375,0.8807),(0.38095,0.8763),(0.3869,0.8588),(0.39286,0.8594),(0.39881,1),(0.40476,0.9913),(0.41071,0.9415),(0.41667,0.8575),(0.42262,0.7677),(0.42857,0.6883),(0.43452,0.6387),(0.44048,0.6152),(0.44643,0.5996),(0.45238,0.5939),(0.45833,0.6069),(0.46429,0.6629),(0.47024,0.6637),(0.47619,0.7103),(0.48214,0.7875),(0.4881,0.8237),(0.49405,0.8484),(0.5,0.8544),(0.50595,0.8429),(0.51119,0.8602),(0.51786,0.8748),(0.52381,0.8718),(0.52976,0.8559),(0.53571,0.858),(0.54167,0.9974),(0.54762,0.9865),(0.55357,0.9387),(0.55952,0.8566),(0.56548,0.7676),(0.57143,0.6887),(0.57738,0.641),(0.58333,0.6162),(0.58929,0.599),(0.59524,0.5961),(0.60119,0.609),(0.60714,0.6575),(0.6131,0.6558),(0.61905,0.705),(0.625,0.779),(0.63095,0.8198),(0.639,0.8421),(0.64286,0.8488),(0.64881,0.8365),(0.65476,0.8508),(0.66071,0.862),(0.6667,0.8538),(0.67262,0.8354),(0.67857,0.8373),(0.68452,0.9754),(0.69048,0.9642),(0.69643,0.9202),(0.70238,0.8451),(0.70833,0.7689),(0.71429,0.696),(0.72024,0.6455),(0.72619,0.6176),(0.73214,0.6004),(0.7381,0.5892),(0.74405,0.5926),(0.75,0.6019),(0.75595,0.5841),(0.7619,0.629),(0.76786,0.688),(0.77381,0.729),(0.77976,0.7518),(0.78571,0.7573),(0.79167,0.7509),(0.79762,0.7431),(0.80357,0.7389),(0.80952,0.7303),(0.81548,0.7195),(0.82143,0.7417),(0.82738,0.9042),(0.83333,0.9052),(0.83929,0.8659),(0.84524,0.8015),(0.85119,0.7331),(0.85714,0.672),(0.8631,0.6261),(0.86905,0.5989),(0.875,0.5782),(0.88095,0.5667),(0.8869,0.564),(0.89286,0.5593),(0.89881,0.5246),(0.90476,0.5556),(0.91071,0.5942),(0.91667,0.6252),(0.92262,0.6477),(0.92857,0.6611),(0.93542,0.6637),(0.94048,0.6609),(0.94643,0.6565),(0.95238,0.6559),(0.95833,0.6613),(0.96429,0.6962),(0.97024,0.8672),(0.97619,0.8751),(0.98214,0.8401),(0.9881,0.7673),(0.99405,0.6856),(1,0.6196))

Units: Dmnl  
Demanda semanal de energía en el MEM

- (10) DDOH=  
IF THEN ELSE((Demanda Horaria de Energía-Potencia Hidroeléctrica Operativa  
)>0, Demanda Horaria de Energía-Potencia Hidroeléctrica Operativa  
, 0 )  
Units: Mw  
Diferencia de Demanda Hidroeléctrica
- (11) Demanda Horaria de Energía=  
Potencia Máxima Anual\*Curva de Carga dia laboral\*Potencia Máxima Mensual  
+IF THEN ELSE(Nodo Frontera=1, Exportación Colombia , 0 )\*0+Cocinas\*0  
Units: Mw
- (12) Emisiones Anuales CO2= INTEG (   
Emisiones Horarias CO2-Liquidacion Anual,  
0)  
Units: Toneladas CO2
- (13) Emisiones Horarias CO2=  
Emisiones Variables CO2(PTFP)  
Units: Toneladas CO2/Hour
- (14) Emisiones Totales CO2= INTEG (   
Emisiones Horarias CO2,  
0)  
Units: Toneladas CO2
- (15) Emisiones Variables CO2(  
[(0,0)-(2367,2000)],(0,0),(132.5,83.16),(271,165.59),(371,223.85),(375.3,  
226.45),(379.6,229.08),(383.9,231.74),(452.7,272.7),(520.3,312.23),(524.6,  
314.83),(544.6,328.16),(564.6,341.49),(584.6,354.83),(604.6,368.16),(623.6,  
380.83),(642.6,393.49),(775.6,475.56),(780.8,478.65),(794.1,486.57),(807.4,  
494.48),(820.7,502.4),(825.9,505.49),(831.1,508.59),(836.3,511.69),(841.5,  
514.81),(846.7,517.92),(865.9,529.11),(941.9,576.39),(1013.9,628.55),(1085.9,  
679.81),(1118.4,705.3),(1131.4,712.9),(1141.4,718.86),(1151.4,724.81),(1161.4,  
730.76),(1171.4,736.71),(1191.4,750.29),(1231.4,777.57),(1271.4,804.99),(  
1321.4,839.42),(1326.6,842.47),(1331.8,845.52),(1337,848.57),(1342,851.66)  
,(1347,854.76),(1352.2,857.8),(1357.4,860.85),(1362.6,863.9),(1367.3,866.98  
,(1371.5,869.73),(1375.7,872.49),(1379.9,875.24),(1384.1,878),(1388.3,880.75  
,(1392.5,883.51),(1397,886.46),(1400,888.74),(1402.9,890.75),(1404.9,892.3  
,(1406.9,893.86),(1409.8,895.94),(1412.7,898.02),(1415.6,900.12),(1417.6,  
901.63),(1419.4,903.04),(1421.4,904.66),(1467.9,937.68),(1468.9,938.51),(1470  
,939.34),(1481,945.94),(1492,952.55),(1503,959.15),(1514,965.75),(1517.8,968.56  
,(1520.6,970.52),(1523.9,973.03),(1568.9,1005.21),(1571.6,1007.16),(1574.3  
,1009.11),(1575.7,1010.16),(1599.7,1033.76),(1680,1034.65),(1696.8,1117.99  
,(1798.8,1216.7),(1800.8,1218.21),(1803.3,1219.99),(1805.3,1221.61),(1807.8  
,1223.3),(1808.9,1224.18),(1843.9,1255.76),(1844.6,1256.31),(1846.2,1257.59  
,(1847.2,1258.27),(1867.2,1277.46),(1887.2,1294.17),(1933.2,1327.35),(1953.2  
,1346.6),(1954.2,1347.43),(1999.2,1381.64),(2003,1384.65),(2005.2,1386.35)  
,(2050.2,1418.81),(2052.4,1420.56),(2054.4,1422.15),(2156.4,1520.87),(2160

,1523.77),(2161.8,1525.43),(2163.8,1527.05),(2208.8,1561.86),(2211,1563.61),  
(2231,1583.86),(2232.8,1585.26),(2250.8,1603.71),(2252.8,1604.95),(2254.8,  
,1606.19),(2256.8,1607.42),(2258.8,1608.66),(2260.8,1609.9),(2262.8,1611.14),  
(2280.8,1628.46),(2282.8,1629.7),(2284.8,1631.11),(2286.8,1632.35),(2304.8,  
,1647.84),(2306.8,1649.08),(2308,1649.93),(2310,1651.17),(2326.8,1664.13),  
(2328,1664.99),(2329.1,1665.86),(2345.9,1678.82),(2362.1,1691.31),(2363.2,  
1692.19),(2364.3,1693.06),(2366.82,1695.01))

Units: Toneladas CO2/Hour

- (16) Energía Demanda= INTEG (  
Demanda Horaria de Energía-Liq energia anual,  
1)  
Units: Mw\*Hour
- (17) Exportación Colombia=  
500  
Units: Mw
- (18) F1=  
168  
Units: Hour  
horas por semana
- (19) F2=  
730  
Units: Hour  
horas por semana
- (20) F3=  
8760  
Units: Hour
- (21) Factor de disponibilidad Cordillera Amazonas = WITH LOOKUP (  
R3,  
(([(0,0.5)-(1,1)],(0,0.82),(0.0833,0.6674),(0.1666,0.6578),(0.2499,0.6895),  
(0.3332,0.8573),(0.4165,0.9872),(0.4998,0.9772),(0.5831,1),(0.6664,0.8519),  
(0.7497,0.8789),(0.833,0.765),(0.91163,0.6503),(1,0.82) ))  
Units: Dmnl
- (22) Factor de Potencia Hidroeléctrica Cordillera Pacífico = WITH LOOKUP (  
R3,  
(([(0,0)-(1,1)],(0,0.6969),(0.0833,0.688),(0.1667,1),(0.25,0.8825),(0.3333,  
,0.8133),(0.4167,0.7563),(0.5,0.5454),(0.5834,0.4012),(0.6667,0.3654),(0.75,  
,0.4267),(0.8334,0.488),(0.9167,0.5726),(1,0.6969) ))  
Units: Dmnl
- (23) FINAL TIME = 87600  
Units: Hour  
The final time for the simulation.
- (24) FM1=

- 100  
Units: CTV\$/\$
- (25) FM2=  
1000  
Units: kw/Mw
- (26) FM3=  
1  
Units: \$/(Mw\*Hour)
- (27) FM4=  
1  
Units: 1/Mw
- (28) FM5=  
8760  
Units: Hour
- (29) FT4=  
0.5  
Units: Hour
- (30) ICC3=  
STEP(RANDOM NORMAL(10, 230 , 80 , 50 , 0.9 ) , 15000 )\*0  
Units: Mw
- (31) Incremento de la Demanda=  
0.071\*Potencia Máxima Anual/FM5  
Units: Mw/Hour
- (32) INITIAL TIME = 0  
Units: Hour  
The initial time for the simulation.
- (33) Int1=  
INTEGER(Time/F1)  
Units: Dmnl
- (34) Int2=  
INTEGER(Time/F2)  
Units: Dmnl
- (35) Int3=  
INTEGER(Time/F3)+1  
Units: Dmnl
- (36) Liq Costo Anual=  
IF THEN ELSE(R3=0,Costo Total del MEM,0)/FT4  
Units: \$/Hour
- (37) Liq energia anual=

- IF THEN ELSE(R3=0,Energía Demanda,0)/FT4  
Units: Mw
- (38) Liquidacion Anual=  
IF THEN ELSE(R3=0,Emisiones Anuales CO2,0)/FT4  
Units: Toneladas CO2/Hour
- (39) Nodo Frontera=  
IF THEN ELSE(PMSHR>Precio Colombia, 0 , 1 )  
Units: Dmnl
- (40) PKE=  
0  
Units: Mw
- (41) PMSHR=  
DELAY FIXED(Costo Variable de la Energía en el SPOT, 1 , 1 )  
Units: \$(Mw\*Hour)
- (42) Potencia factor 1=  
STEP(Central Eolica,  
8760)+STEP(50,43800)+STEP(30,61320)+STEP(450,61320)  
Units: Mw  
Centrales Geotérmicas Planificadas asi tambien las centrales  
eolicas.
- (43) Potencia Hidroeléctrica Cordillera Amazonas=  
  
226+1263.26+38.432+22.94+212.6+0.2+2.9+11.88+12.27+96.95+13.3+2.4+STEP(487.8  
,26280)+STEP(1500,35040)+STEP(50,35040)+STEP(21,17520)+STEP(115,35040)+STEP  
(8,16060)+STEP(22.8,16060)+STEP(3.96,21900)+STEP(116,23360)+STEP(129,30660  
) +STEP(30,56210)  
Units: Mw  
Hidroagoyán, Paute-Mazar, Elecaastro, EMAAP-Q, San  
Francisco,CNEL Sucumbios,E.E.Ambato, E.E. Cotopaxi, E.E. Norte,  
E.E. Quito, E.E. Riobamba, E.E. Sur, Sopladora, Coca Codo  
Sinclair, Quijos, Mazar-Dudas, Delsi-Tanisagua, Hidrotambo, Topo,
- (44) Potencia Hidroeléctrica Cordillera Pacífico=  
  
213+15.45+1.33+26+STEP(42,8760)+STEP(253,28032)+STEP(276,35040)+STEP(60,245  
28  
) +STEP(17.4,23360)  
Units: Mw  
Daule Peripa, Hidrosibimbe, CNEL Bolivar, Ocaña, Baba, Toachi  
Pilatón, Minas-San Francisco, Manduriacu, Sigchos
- (45) Potencia Hidroeléctrica Operativa=  
(Factor de Potencia Hidroeléctrica Cordillera Pacífico\*Potencia Hidroeléctrica  
Cordillera Pacífico  
) +Potencia factor 1+(Factor de disponibilidad Cordillera Amazonas  
\*Potencia Hidroeléctrica Cordillera Amazonas)

Units: Mw

- (46) Potencia Máxima Anual= INTEG ( Incremento de la Demanda, 3026.97)

Units: Mw

- (47) Potencia Máxima Mensual = WITH LOOKUP ( R3,

((0,0)-(1,1)],(0,1),(0.083,0.9578),(0.167,0.954),(0.25,0.9654),(0.333,0.9733),(0.417,0.9775),(0.5,0.9503),(0.583,0.9362),(0.667,0.9419),(0.75,0.9608),(0.833,0.969),(0.917,0.9797),(1,1) )

Units: Dmnl

- (48) Potencia Termoeleéctrica Despachada= DDOH

Units: Mw

- (49) Precio Colombia= 45

Units: \$(Hour\*Mw)

- (50) Precio Promedio de la Energía= Costo Total del MEM/Energía Demanda

Units: \$(Hour\*Mw)

- (51) PRPD=

5.7760\*1000\*(Potencia Hidroeléctrica Operativa+2100+Potencia Termoeleéctrica

Despachada

)\*FM3\*R2

Units: \$/Hour

- (52) PTFP=

IF THEN ELSE(DDOH>367:AND:DDOH<=464.7, DDOH-ICC3 , IF THEN ELSE(DDOH>464.7

, DDOH-PKE-CTF-ICC3 , DDOH

))\*FM4

Units: Dmnl

Variable de decision para una futura generacion termoelectrica

- (53) R1=

(Time/F1)-Int1

Units: Dmnl

- (54) R2=

(Time/F2)-Int2

Units: Dmnl

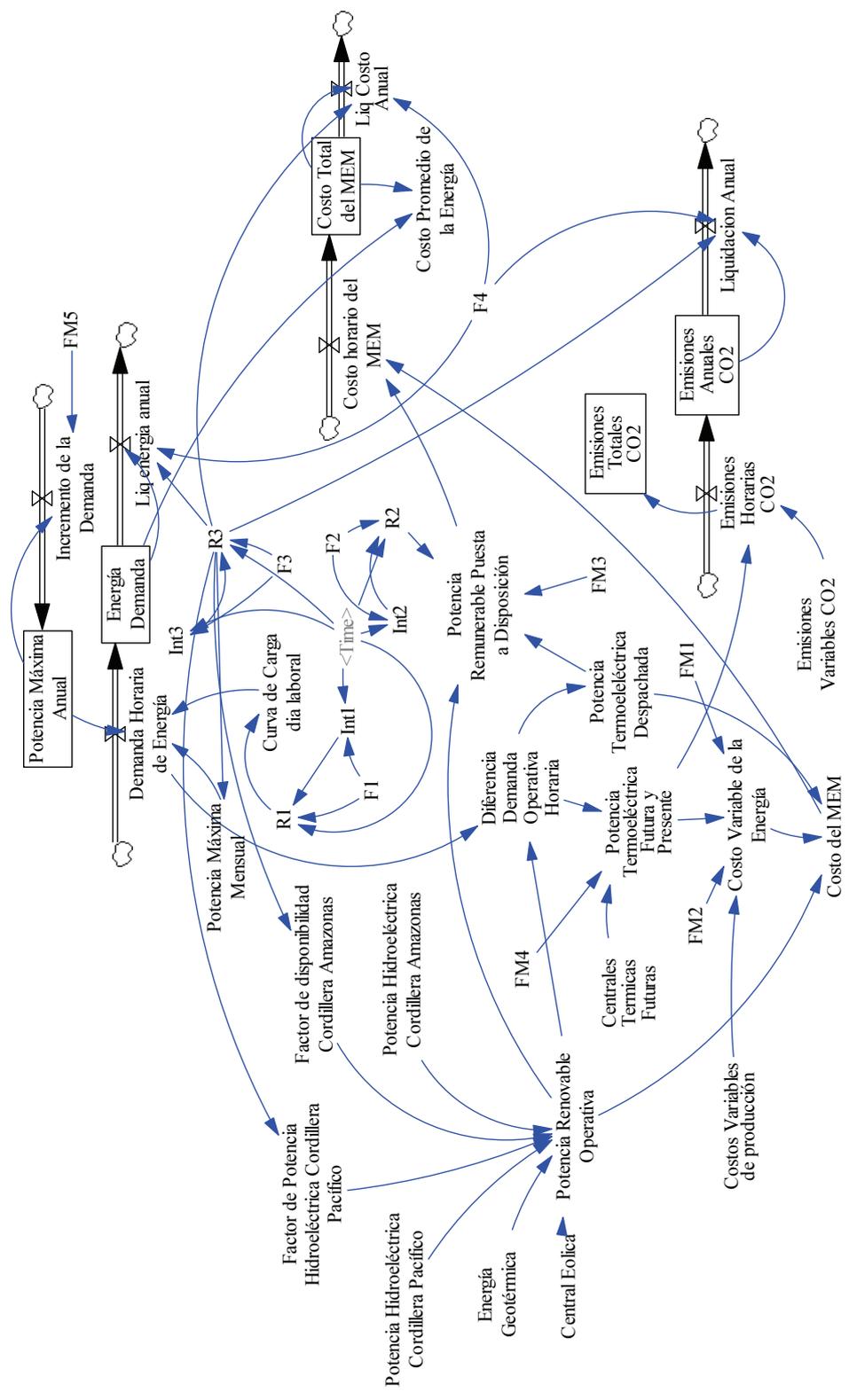
- (55) R3=

(Time/F3-Int3)+1

Units: Dmnl

- (56) SAVEPER =  
    TIME STEP  
Units: Hour [0,?]  
The frequency with which output is stored.
- (57) TIME STEP = 0.5  
Units: Hour [0,?]  
The time step for the simulation.

Anexo 8: Diagrama de la Proyección en el Software





Diesel

INPUTS				FUEL-Diesel							
1	Excess air: at burner/at boiler/econ, %	25	4 Fuel Input, 1000000 Btu/h				0,0087				
2	Moisture in air, lb/lb dry air	0,013	5 Unburned Carbon loss, %efficiency				0				
3	Fuel heating value, btu/lb	19170	6 Unburned Carbon (UBC)				0				
COMBUSTION PRODUCTS CALCULATIONS											
7	Ultimate Analysis, % Mass	8	Molecular Weight	9	Moles/100lb Fuel [7]/[8]	10	Moles O2/ Mole Fuel Constituent	11	Moles Theo. O2/100 lb Fuel [9]x[10]	12	Combustion Product
A	Fuel Constituent	As-Fired	Carbon Burned (CB)								
B	UBC [6]	87,1	87,1	0							
C	CB [A]-[B]		87,1	0	7,251685955	12,011	1	7,251685955			CO2
D	S	0,07			0,002182998	32,066	1	0,002182998			SO2
E	H <sub>2</sub>	12,39			6,145833333	2,016	0,5	3,072916667			H2O
F	H <sub>2</sub> O	0			0	18,015					H2O
G	N <sub>2</sub>	0,1			0,003569771	28,013					N2 (fuel)
H	O <sub>2</sub>	0,34			0,010625332	31,999	-1	-0,010625332			
I	Ash	0									
K	Total	100			13,41389739			10,31616029			
AIR CONSTITUENTS, Moles/100 lb Fuel											
13	O <sub>2</sub> -excess				[11K]x[1]/100				At Burner	At Blr/Econ	
14	O <sub>2</sub> -total				[13] + [11K]				2,579040072	2,579040072	
15	N <sub>2</sub> -air				[14]x3,77				12,89520036	12,89520036	
16	Air(dry)				[14] + [15]				48,61490535	48,61490535	
17	H <sub>2</sub> O-air				[16] x [2] x 1,608				61,51010571	61,51010571	
18	Air(wet)				[16] + [17]				1,28580725	1,28580725	
					19 Moles/100 lb Fuel				62,79591296	62,79591296	
A	CO <sub>2</sub>	[9C]			7,251685955	12,40635455	11,00691109	44,01	Molecular Weight	23	Flue Gas lb/100lb Fuel [19]*[22]
B	SO <sub>2</sub>	[9D]			0,002182998	0,003734723	0,003313445	64,065	lb/mole		319,1466989
C	O <sub>2</sub>	[13]			2,579040072	4,412282291	3,914574478	31,999			0,139853739
D	N <sub>2</sub> (FUEL)	[9G]			0,003569771	0,006107248	0,005418347	28,013			82,52670325
E	N <sub>2</sub> A (AIR)	[15]			48,61490535	83,17152119	73,78972892	28,161			0,1
F	H <sub>2</sub> O	[9E] + [9F] + [17]			7,431640583		11,28005372	18,015			1369,04435
G	Total Dry	SUM [A] THROUGH [E]			58,45138415	100					133,8810051
H	Total Wet	SUM [A] THROUGH [F]			65,88302473						

Gas Natural

INPUTS			FUEL-Gas Natural									
1	Excess air, at burner/at boiler/econ, %	25	4 Fuel Input, 1000000 Btu/h		0,0087							
2	Moisture in air, lb/lb dry air	0,013	5 Unburned Carbon loss, %efficiency		0							
3	Fuel heating value, btu/lb	22442,7	6 Unburned Carbon (UBC)		0							
COMBUSTION PRODUCTS CALCULATIONS												
7	Ultimate Analysis, % Mass											
	Fuel Constituent	As-Fired	Carbon Burned (CB)	8	Molecular Weight	9	Moles O2/ Mole Fuel Constituent	10	Moles Theo. O2/100 lb Fuel [9]*[10]	11	12	Combustion Product
A	C	75	75									
B	UBC [6]		0									
C	CB [A]-[B]		75		12,011	6,24427608	1		6,24427608			CO2
D	S	0			32,066	0	1		0			SO2
E	H <sub>2</sub>	25			2,016	12,40079365	0,5		6,200396825			H2O
F	H <sub>2</sub> O	0			18,015	0						H2O
G	N <sub>2</sub>	0			28,013	0						N2 (fuel)
H	O <sub>2</sub>	0			31,999	0	-1		0			
I	Ash	0										
K	Total	100				18,64506973			12,44467291			
AIR CONSTITUENTS, Moles/100 lb Fuel												
13	O2-excess				[11K]*[1]/100				At Burner			At Blir/Econ
14	O2-total				[13] + [11K]				3,111168226			3,111168226
15	N2a-air				[14]*3,77				15,55584113			15,55584113
16	Air(dry)				[14] +[15]				58,64552107			58,64552107
17	H2O-air				[16] x [2] x 1,608				74,2013622			74,2013622
18	Air(wet)				[16] + [17]				1,551105275			1,551105275
									75,75246748			75,75246748
					19 Moles/100 lb Fuel				Molecular Weight			Flue Gas lb/100lb Fuel [19]*[22]
A	CO2	[9C]			6,24427608	9,182628579	7,619350627		44,01			274,8105903
B	SO2	[9D]			0	0	0		64,065			0
C	O2	[13]			3,111168226	4,575182439	3,796289798		31,999			99,55427208
D	N2 (FUEL)	[9G]			0	0	0		28,013			0
E	N2A (AIR)	[15]			58,64552107	86,24218898	71,56006269		28,161			1651,516519
F	H2O	[9E] +[9F] +[17]			13,95189893		17,02429689		18,015			251,3434592
G	Total Dry	SUM [A] THROUGH [E]			68,00096537	100						
H	Total Wet	SUM [A] THROUGH [F]			81,9528643		100					

Anexo 10: Costos variables y emisiones de CO2 de acuerdo a la producción de energía

No.	EMPRESA	UNIDAD	Tipo	Rendimiento kwh/galon	TOTAL ctvs\$/kWh	POTENCIA EFECTIVA (MW)	Eficiencia %	POTENCIA Requerida MW	EMISIONES CO2 Ton/h	P EFECTIVA TOTAL MW	E. CO2 TOTAL ton/h
1	CELEC EP TERMOESMERALDAS	ESMERALDAS	BV	15.78	3.06	132.50	37.90%	349.60772	83.159789	132.50	83.159789
2	CELEC EP TERMOESMERALDAS	JARAMUJO	FOIL	16.64	3.48	138.50	39.97%	346.55214	82.43297	271.00	165.59276
3	CELEC EP TERMOPICHINCHA	QUEVEDO 2	FOIL	17	3.60	100.00	40.83%	244.91941	58.258001	371.00	223.85076
4	ELECAUSTRO	EL DESCANSO 4	BD	16.36	3.75	4.30	39.29%	10.943526	2.6030928	375.30	226.45385
5	ELECAUSTRO	EL DESCANSO 3	BD	16.21	3.78	4.30	38.93%	11.044793	2.6271807	379.60	229.08103
6	ELECAUSTRO	EL DESCANSO 2	BD	16.04	3.84	4.30	38.52%	11.161851	2.6550248	383.90	231.73608
7	CELEC EP TERMOGAS MACHALA	MACHALA GAS - FA1	G	11263.92	3.91	68.80	31.90%	215.70187	40.965236	452.70	272.70129
8	CFI FC EP TERMOGAS MACHALA	MACHALA GAS - FA2	G	11488.62	3.97	67.60	32.48%	208.15678	39.532303	520.30	312.2336
9	ELECAUSTRO	EL DESCANSO 1	BD	16.43	4.02	4.30	39.46%	10.896901	2.5920023	524.60	314.8256
10	CELEC EP TERMOGAS MACHALA	MACHALA GAS 2 - TG02	G	10060	4.04	20.00	28.49%	70.208072	13.333636	544.60	328.15924
11	CELEC EP TERMOGAS MACHALA	MACHALA GAS 2 - TG03	G	10060	4.04	20.00	28.49%	70.208072	13.333636	564.60	341.49287
12	CELEC EP TERMOGAS MACHALA	MACHALA GAS 2 - TG04	G	10060	4.04	20.00	28.49%	70.208072	13.333636	584.60	354.82651
13	CELEC EP TERMOGAS MACHALA	MACHALA GAS 2 - TG05	G	10060	4.04	20.00	28.49%	70.208072	13.333636	604.60	368.16014
14	CELEC EP TERMOGAS MACHALA	MACHALA GAS 2 - TG01	G	10060	4.10	19.00	28.49%	66.697668	12.666954	623.60	380.8271
15	CELEC EP TERMOGAS MACHALA	MACHALA GAS 2 - TG06	G	10060	4.10	19.00	28.49%	66.697668	12.666954	642.60	393.49405
16	CELEC EP ELECTROGUAYAS	TRINITARIA TV1	BV	16.05	4.13	133.00	38.55%	345.02355	82.069371	775.60	475.56342
17	QUITO	G.HERNANDEZ 4	BD	16.68	4.18	5.20	40.06%	12.980141	3.0875343	780.80	478.65096
18	CELEC EP ELECTROGUAYAS	SANTA ELENA III-1	FOIL	16.64	4.18	13.30	39.97%	33.279014	7.9159459	794.10	486.5669
19	CELEC EP ELECTROGUAYAS	SANTA ELENA III-2	FOIL	16.64	4.18	13.30	39.97%	33.279014	7.9159459	807.40	494.48285
20	CELEC EP ELECTROGUAYAS	SANTA ELENA III-3	FOIL	16.64	4.18	13.30	39.97%	33.279014	7.9159459	820.70	502.3998
21	QUITO	G.HERNANDEZ 3	BD	16.65	4.19	5.20	39.99%	13.003529	3.0930975	825.90	505.49189
22	QUITO	G.HERNANDEZ 6	BD	16.61	4.20	5.20	39.89%	13.034844	3.1005462	831.10	508.59244
23	QUITO	G.HERNANDEZ 5	BD	16.6	4.20	5.20	39.87%	13.042696	3.102414	836.30	511.69485
24	QUITO	G.HERNANDEZ 2	BD	16.54	4.21	5.20	39.72%	13.09001	3.1136682	841.50	514.80852
25	QUITO	G.HERNANDEZ 1	BD	16.54	4.21	5.20	39.72%	13.09001	3.1136682	846.70	517.92219
26	CELEC EP TERMOESMERALDAS	MANTA 2	FOIL	17	4.34	19.20	40.83%	47.024527	11.185536	865.90	529.10773
27	CELEC EP ELECTROGUAYAS	SANTA ELENA II-1	FOIL	15.92	4.79	76.00	38.24%	198.76626	47.279734	941.90	576.38746
28	CELEC EP ELECTROGUAYAS	G. ZEVALLOS TV2	BV	13.67	4.90	72.00	32.83%	219.29873	52.163711	1013.90	628.55117
29	CELEC EP ELECTROGUAYAS	G. ZEVALLOS TV3	BV	13.91	4.96	72.00	33.41%	215.515	51.26369	1085.90	679.81486
30	ELECTRICA DE GUAYAQUIL	ANIBAL SANTOS	BV	12.63	4.99	32.50	30.33%	107.14012	25.484992	1118.40	705.29985
31	LAFARGE CEMENTOS	LAFARGE CEMENTOS	BD	16.93	5.02	13.00	40.66%	31.97117	7.6048542	1131.40	712.90471

32	CELEC EP. TERMOPICHINCHA	JIVINO III-1	FOIL	16,64	5,08	10,00	39,97%	25,021815	5,951839	1141,40	718,85655
33	CELEC EP. TERMOPICHINCHA	JIVINO III-2	FOIL	16,64	5,08	10,00	39,97%	25,021815	5,951839	1151,40	724,80839
34	CELEC EP. TERMOPICHINCHA	JIVINO III-3	FOIL	16,64	5,08	10,00	39,97%	25,021815	5,951839	1161,40	730,76023
35	CELEC EP. TERMOPICHINCHA	JIVINO III-4	FOIL	16,64	5,08	10,00	39,97%	25,021815	5,951839	1171,40	736,71206
36	TERMOGUAYAS GENERATION	TERMOGUAYAS 1	BD	14,59	5,37	20,00	35,04%	57,07512	13,57623	1191,40	750,2863
37	TERMOGUAYAS GENERATION	TERMOGUAYAS 2	BD	14,52	5,39	40,00	34,87%	114,70055	27,283361	1231,40	777,57166
38	TERMOGUAYAS GENERATION	TERMOGUAYAS 3	BD	14,45	5,40	40,00	34,71%	115,25619	27,41553	1271,40	804,98719
39	TERMOGUAYAS GENERATION	TERMOGUAYAS 4	BD	14,38	5,42	50,00	34,54%	144,77156	34,436231	1321,40	839,42342
40	CELEC EP. TERMOPICHINCHA	GUANGOPOLO 4	BD	16,9	5,50	5,20	40,59%	12,811169	3,0473416	1326,60	842,47076
41	CELEC EP. TERMOPICHINCHA	GUANGOPOLO 5	BD	16,9	5,50	5,20	40,59%	12,811169	3,0473416	1331,80	845,5181
42	CELEC EP. TERMOPICHINCHA	GUANGOPOLO 6	BD	16,9	5,50	5,20	40,59%	12,811169	3,0473416	1337,00	848,56544
43	CELEC EP. TERMOESMERALDAS	MIRAFLORES 12	BD	16	5,51	5,00	36,43%	13,011344	3,0949563	1342,00	851,6604
44	CELEC EP. TERMOESMERALDAS	MIRAFLORES 11	BD	16	5,51	5,00	38,43%	13,011344	3,0949563	1347,00	854,75535
45	CELEC EP. TERMOPICHINCHA	GUANGOPOLO 1	BD	16,9	5,53	5,20	40,59%	12,811169	3,0473416	1352,20	857,8027
46	CELEC EP. TERMOPICHINCHA	GUANGOPOLO 2	BD	16,9	5,53	5,20	40,59%	12,811169	3,0473416	1357,40	860,85004
47	CELEC EP. TERMOPICHINCHA	GUANGOPOLO 3	BD	16,9	5,54	5,20	40,59%	12,811169	3,0473416	1362,60	863,89738
48	GENEROCA	ROCAFUERTE 3	B	15,1	6,01	4,70	36,27%	12,959643	3,0826585	1367,30	866,98004
49	GENEROCA	ROCAFUERTE 1	B	15,1	6,26	4,20	36,27%	11,580958	2,7547161	1371,50	869,73475
50	GENEROCA	ROCAFUERTE 2	B	15,1	6,26	4,20	36,27%	11,580958	2,7547161	1375,70	872,48947
51	GENEROCA	ROCAFUERTE 5	B	15,1	6,26	4,20	36,27%	11,580958	2,7547161	1379,90	875,24419
52	GENEROCA	ROCAFUERTE 6	B	15,1	6,26	4,20	36,27%	11,580958	2,7547161	1384,10	877,9989
53	GENEROCA	ROCAFUERTE 7	B	15,1	6,26	4,20	36,27%	11,580958	2,7547161	1388,30	880,75362
54	GENEROCA	ROCAFUERTE 8	B	15,1	6,26	4,20	36,27%	11,580958	2,7547161	1392,50	883,50833
55	GENEROCA	ROCAFUERTE 4	B	15,1	6,28	4,50	36,27%	12,408169	2,9514815	1397,00	886,45982
56	PENINSULA STA. ELENA	LA LIBERTAD 9	D	13,17	6,45	3,00	33,92%	8,8450114	2,2838881	1400,00	888,7437
57	EMELRIOS	CENTRO INDUSTRIAL 4	D	14,5	6,47	2,90	37,34%	7,76592	2,0052537	1402,90	890,74896
58	PENINSULA STA. ELENA	LA LIBERTAD 10	D	12,9	6,54	2,00	33,22%	6,020093	1,5544603	1404,90	892,30342
59	MILAGRO	MILAGRO 5	D	12,86	6,56	2,00	33,12%	6,038818	1,5592953	1406,90	893,86271
60	EMELRIOS	CENTRO INDUSTRIAL 3	D	14	6,65	2,90	36,05%	8,0432743	2,0768699	1409,80	895,93958
61	EMELRIOS	CENTRO INDUSTRIAL 2	D	13,95	6,67	2,90	35,93%	8,0721032	2,0843139	1412,70	898,0239
62	EMELRIOS	CENTRO INDUSTRIAL 1	D	13,9	6,69	2,90	35,80%	8,1011396	2,0918115	1415,60	900,11571
63	PENINSULA STA. ELENA	LA LIBERTAD 1	D	13,23	6,76	2,00	34,07%	5,869932	1,5156869	1417,60	901,6314
64	PENINSULA STA. ELENA	POSORJA 5	D	12,81	6,84	1,80	32,99%	5,4561499	1,4088434	1419,40	903,04024
65	MILAGRO	MILAGRO 6	D	12,4	6,85	2,00	31,93%	6,2628387	1,6171401	1421,40	904,65738
66	ELECTRICA DE GUAYAQUIL	ALVARO TINAJERO 1	DG	14,12	6,93	46,50	36,36%	127,87368	33,018519	1467,90	937,6759

67	AMBATO	BATAN 3	D	11.97	7.19	1.00	30.83%	3,2439098	0.8376164	1468.90	938.51351
68	ELECAUSTRO	MONAY 3	D	13.34	7.22	1.10	34.36%	3,2018411	0.8267538	1470.00	939.34027
69	ULYSSEAS INC.	POWER BARGE II U2	BD	16.5	7.25	11.00	39.63%	27,757533	6.6025734	1481.00	945.94284
70	ULYSSEAS INC.	POWER BARGE II U3	BD	16.5	7.26	11.00	39.63%	27,757533	6.6025734	1492.00	952.54542
71	ULYSSEAS INC.	POWER BARGE II U4	BD	16.5	7.27	11.00	39.63%	27,757533	6.6025734	1503.00	959.14799
72	ULYSSEAS INC.	POWER BARGE II U1	BD	16.5	7.27	11.00	39.63%	27,757533	6.6025734	1514.00	965.75056
73	CELEC-EP-TERMOESMERALDAS	LA PROPIA 2	BD	13.4	7.33	3.80	32.18%	11,807309	2.8085574	1517.80	968.55912
74	QUITO	LULUNCOTO 12	D	14.35	7.38	2.80	36.96%	7,5765073	1.9563451	1520.60	970.51546
75	CELEC-EP-TERMOESMERALDAS	LA PROPIA 1	BD	13	7.46	3.30	31.22%	10,569215	2,5140568	1523.90	973.02952
76	CELEC-EP	SANTA ELENA	D	14.02	7.46	45.00	36.11%	124,63138	32,181319	1568.90	1005.2108
77	QUITO	LULUNCOTO 13	D	13.9	7.56	2.70	35.80%	7,5424403	1,9475486	1571.60	1007.1584
78	QUITO	LULUNCOTO 11	D	13.85	7.58	2.70	35.67%	7,5696693	1,9545795	1574.30	1009.113
79	CELEC-EP-TERMOPICHINCHA	GUANGOPOL 7	BD	13.24	7.59	1.40	31.80%	4,4026299	1,047236	1575.70	1010.1602
80	ULYSSEAS INC.	POWER BARGE 1	BV	10.07	7.60	24.00	24.19%	99,232493	23,604036	1599.70	1033.7642
81	BOLIVAR	BOLIVAR 1	D	12.43	7.64	1.10	32.01%	3,4362478	0,8872804	1600.80	1034.6515
82	CELEC-EP-ELECTROGUAYAS	ENRIQUE GARCIA TG5	DG	11.55	7.73	96.00	29.75%	322,73953	83,33522	1696.80	1117.9867
83	INTERVISATRADE	VICTORIA II (nafta)	N	10.36	7.74	102.00	26.66%	382,29915	98,714228	1798.80	1216.701
84	PENINSULA STA. ELENA	LA LIBERTAD 11	D	13.32	8.08	2.00	34.30%	5,8302703	1,5054457	1800.80	1218.2064
85	CELEC-EP	CUJEVEDO 1	D	14.55	8.11	0.00	37.47%	0	0	1800.80	1218.2064
86	REGIONAL SUR	CATAMAYO 7	D	14.07	8.15	2.50	36.24%	6,8993603	1,7814976	1803.30	1219.9879
87	RIOBAMBA	RIOBAMBA	D	12.39	8.16	2.00	31.91%	6,2678935	1,6184453	1805.30	1221.6064
88	REGIONAL SUR	CATAMAYO 6	D	14.78	8.24	2.50	38.06%	6,5679296	1,6959182	1807.80	1223.3023
89	ELECAUSTRO	MONAY 2	D	12.62	8.30	1.10	32.50%	3,3845135	0,873922	1808.90	1224.1762
90	ELECTRICA DE GUAYAQUIL	ALVARO TINAJERO 2	DG	11.11	8.34	35.00	28.61%	122,32547	31,585905	1843.90	1255.7621
91	PENINSULA STA. ELENA	PLAYAS 4	D	12.8	8.36	0.70	32.96%	2,1234938	0,5483116	1844.60	1256.3104
92	AMBATO	LLIGUA 2	D	12.55	8.38	1.60	32.32%	4,9503873	1,2782494	1846.20	1257.5887
93	REGIONAL SUR	CATAMAYO 2	D	14.67	8.45	1.00	37.78%	2,6468712	0,6834539	1847.20	1258.2721
94	ELECTRICA DE GUAYAQUIL	ANIBAL SANTOS 3	DG	10.45	8.50	20.00	26.91%	74,315024	19,189031	1867.20	1277.4611
95	CELEC-EP-TERMOESMERALDAS	MIRAFLORES TG1	DG	12	8.53	20.00	30.90%	64,716	16,710448	1887.20	1294.1716
96	ELECTROQUIL	ELECTROQUIL 2	DG	13.9	8.62	46.00	35.80%	128,50083	33,180457	1933.20	1327.3521
97	ELECTRICA DE GUAYAQUIL	ANIBAL SANTOS 1	DG	10.42	8.62	20.00	26.84%	74,528983	19,244278	1953.20	1346.5963
98	ELECAUSTRO	MONAY 1	D	12	8.70	1.00	30.90%	3,2358	0,8355224	1954.20	1347.4319
99	ELECTROQUIL	ELECTROQUIL 1	DG	13.19	8.77	45.00	33.97%	132,474	34,206375	1999.20	1381.6382
100	REGIONAL EL ORO	ORO CAMBIO 3	D	12.65	8.78	3.80	32.58%	11,664228	3,0118436	2003.00	1384.9501
101	REGIONAL SUR	CATAMAYO 9	D	12.94	8.78	2.20	33.33%	6,6016321	1,7046206	2005.20	1386.3547

102	ELECTROQUIL		DG	13,9	8,81	45,00	35,80%	125,70734	32,459143	2050,20	1418,8138
103	REGIONAL SUR	ELECTROQUIL 3	D	12,62	8,82	2,20	32,50%	6,7690269	1,747844	2052,40	1420,5617
104	REGIONAL EL ORO	CATAMAYO 8	D	12,61	8,82	2,00	32,48%	6,1585408	1,5902091	2054,40	1422,1519
105	INTERVISA TRADE	VICTORIA II (diesel)	D	10,36	8,86	102,00	26,68%	382,29915	98,714228	2156,40	1520,8661
106	REGIONAL EL ORO	ORO CAMBIO 4	D	12,42	8,92	3,60	31,99%	11,2549957	2,9601648	2160,00	1523,7723
107	REGIONAL NORTE	SAN FRANCISCO	D	10,87	8,95	1,80	27,99%	6,4299246	1,6602837	2161,80	1525,4326
108	REGIONAL EL ORO	ORO MACHALA 5	D	12,41	8,96	2,00	31,96%	6,2577921	1,615837	2163,80	1527,0484
109	ELECTROQUIL	ELECTROQUIL 4	DG	12,96	8,99	45,00	33,38%	134,825	34,813433	2208,80	1561,8618
110	REGIONAL SUR	CATAMAYO 10	D	12,64	8,99	2,20	32,55%	6,7583165	1,7450784	2211,00	1563,6069
111	ELECTRICA DE GUAYAQUIL	ANIBAL SANTOS 2	DG	9,9	9,07	20,00	25,50%	78,443636	20,255088	2231,00	1583,862
112	AMBATO	LLIGUA 1	D	12,94	9,12	1,80	33,33%	5,4013354	1,3946896	2232,80	1585,2567
113	ELECTRICA DE GUAYAQUIL	ANIBAL SANTOS 5	DG	9,78	9,15	18,00	25,19%	71,465521	18,453255	2250,80	1603,7099
114	CELEC-EP-TERMOESMERALDAS	LA PROPIA 3	BD	16	9,26	2,00	38,43%	5,2045375	1,2379825	2252,80	1604,9479
115	CELEC-EP-TERMOESMERALDAS	MIRAFLORES 14	BD	16	9,37	2,00	38,43%	5,2045375	1,2379825	2254,80	1606,1859
116	CELEC-EP-TERMOESMERALDAS	MIRAFLORES 18	BD	16	9,37	2,00	38,43%	5,2045375	1,2379825	2256,80	1607,4239
117	CELEC-EP-TERMOESMERALDAS	MIRAFLORES 16	BD	16	9,37	2,00	38,43%	5,2045375	1,2379825	2258,80	1608,6619
118	CELEC-EP-TERMOESMERALDAS	MIRAFLORES 22	BD	16	9,41	2,00	38,43%	5,2045375	1,2379825	2260,80	1609,8999
119	CELEC-EP-TERMOESMERALDAS	MIRAFLORES 8	BD	16	9,41	2,00	38,43%	5,2045375	1,2379825	2262,80	1611,1378
120	ELECTRICA DE GUAYAQUIL	ANIBAL SANTOS 6	DG	10,42	9,43	18,00	26,84%	67,076084	17,31985	2280,80	1628,4577
121	CELEC-EP-TERMOESMERALDAS	MIRAFLORES 13	BD	16	9,44	2,00	38,43%	5,2045375	1,2379825	2282,80	1629,6957
122	CELEC-EP-TERMOESMERALDAS	PEDERNALES 15	D	14,2	9,48	2,00	36,57%	5,4689577	1,4121505	2284,80	1631,1078
123	CELEC-EP-TERMOESMERALDAS	MIRAFLORES 10	BD	16	9,50	2,00	38,43%	5,2045375	1,2379825	2286,80	1632,3458
124	CELEC-EP-ELECTROGUAYAS	G. ZEVALLOS TG4	DG	11,65	9,53	18,00	30,00%	59,994232	15,491231	2304,80	1647,837
125	CELEC-EP-TERMOESMERALDAS	MIRAFLORES 7	BD	16	9,55	2,00	38,43%	5,2045375	1,2379825	2306,80	1649,075
126	REGIONAL SUR	CATAMAYO 4	D	14	9,57	1,20	36,05%	3,3282514	0,8593945	2308,00	1649,9344
127	CELEC-EP-TERMOESMERALDAS	MIRAFLORES 3	BD	16	9,92	2,00	38,43%	5,2045375	1,2379825	2310,00	1651,1724
128	CELEC-EP-TERMOPICHINCHA	SANTA ROSA 3	D	13	9,93	16,80	33,48%	50,179791	12,957024	2326,80	1664,1294
129	REGIONAL SUR	CATAMAYO 5	D	14	10,00	1,20	36,05%	3,3282514	0,8593945	2328,00	1664,9888
130	ELECAUSTRO	MONAY 5	D	12,62	10,39	1,10	32,50%	3,3845135	0,873922	2329,10	1665,8627
131	CFEFC-EP-TERMOPICHINCHA	SANTA ROSA 1	D	13	10,43	16,80	33,48%	50,179791	12,957024	2345,90	1678,8198
132	CELEC-EP-TERMOPICHINCHA	SANTA ROSA 2	D	13	10,83	16,20	33,48%	48,387655	12,494273	2362,10	1691,314
133	ELECAUSTRO	MONAY 4	D	12,62	12,00	1,10	32,50%	3,3845135	0,873922	2363,20	1692,188
134	ELECAUSTRO	MONAY 6	D	12,62	12,00	1,10	32,50%	3,3845135	0,873922	2364,30	1693,0619
135	CELEC-EP-TERMOPICHINCHA	ISLA PUNA	D	13	15,08	2,52	33,48%	7,5289686	1,9435536	2366,82	1695,0054

### Anexo 11: Ejemplo de aplicación del Programa Desarrollado con diagramas de Forrester para obtener las emisiones ambientales por tipo de combustible

Para verificar si el programa desarrollado constituye una herramienta tecnológica que permita realizar las proyecciones de las necesidades futuras de generación, para que sirva de guía a los planes de expansión, y a fin de evaluar su eficiencia, a continuación se toma un caso hipotético muy sencillo, asumiendo ciertas condiciones no reales para obtener mediciones de un solo indicador que es las emisiones atmosféricas.

Antes de realizar el complejo modelamiento matemático del sistema de generación eléctrica ecuatoriano, con un software nuevo, se consideró necesario comprobar que su funcionamiento, sea confiable, preciso, y que los resultados sean satisfactorios para que soporten una acertada y oportuna actividad. Para esto, se realizó un pequeño ejercicio con este software y con Excel cuyos resultados se muestran a continuación. El objetivo de dicho ejemplo es asegurar que el uso de los diagramas de Forrester es confiable, que los resultados son exactos y facilitan considerablemente el proceso que se seleccione.

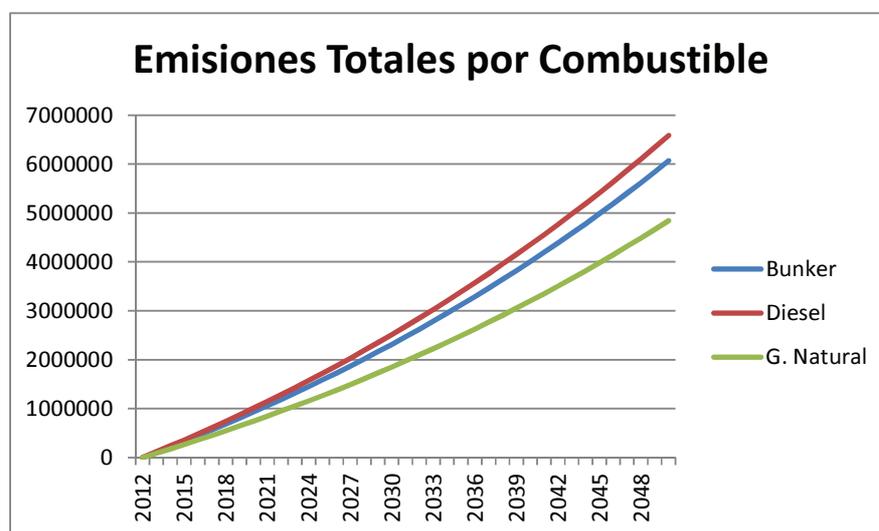
#### Simulación en Excel

Se realizaron simulaciones partiendo de la información de emisiones de la central Termoesmeraldas en tres escenarios (Tabla 7.1), asumiendo que consume sólo bunker, sólo diesel o sólo gas natural, que funciona 1300 horas al año, con un crecimiento del 2% anual hasta el 2050.

Combustible	Emisiones H	T. Crecimiento
Bunker	83,1553	0,02
Diesel	90,2959	0,02
Gas Natural	66,413	0,02

**Tabla 7.1. Constantes utilizadas en la Proyección en Excel**

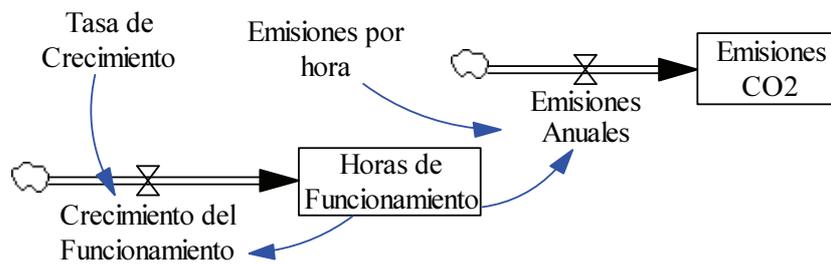
Se obtuvieron las emisiones totales por tipo de Combustible observándose que existe un incremento por el mayor uso de la central y que el combustible que más emisiones de CO2 genera es el diesel (Figura 7.1)



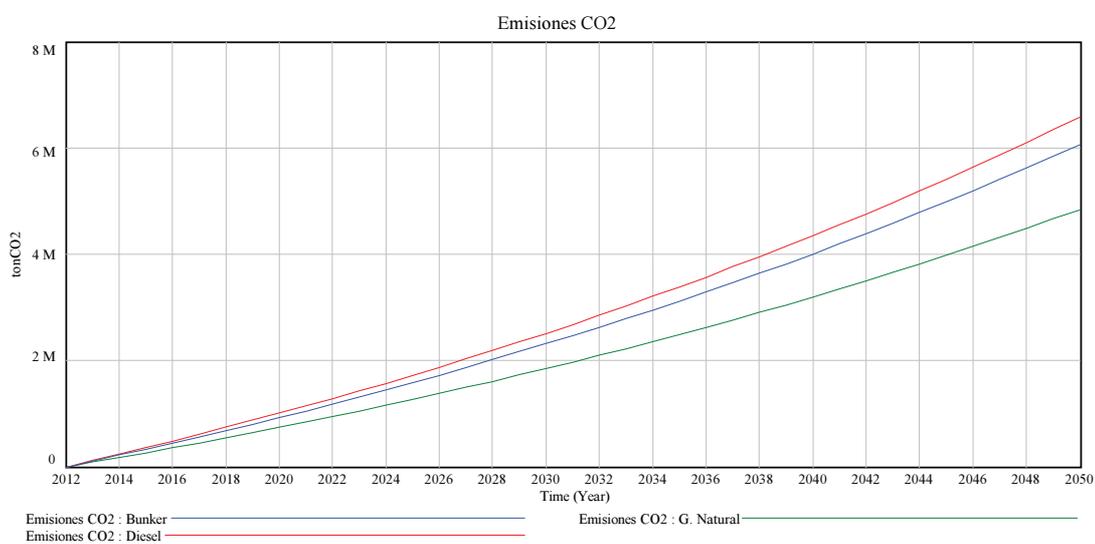
**Figura 7.1. Resultado Gráfico de la proyección en Excel**

#### Simulación con diagramas de Forrester

En el software que utiliza diagramas de Forrester se introdujeron las mismas variables y estimaciones de forma gráfica (Figura 7.2), llegando a comprobar que los resultados son los mismos (Figura 7.3).



**Figura 7.2 Proyección de emisiones de CO2**



**Figura 7.3. Resultado Gráfico de la Proyección con diagramas de Forrester**

Al comprobar que los resultados obtenidos con los dos procedimientos son iguales, permite asegurar que los diagramas de Forrester son totalmente confiables para utilizarlos en el modelo completo de la Situación Energética del Ecuador.

## 8 Bibliografía

- Alexander, G. & Boyle, G., 2004. Introducing Renewable Energy. En: *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future*. Cambridge: The Open University, pp. 1-16.
- Antmann, J., Arnau, A., Sanz, R. & Skerk, C., 2011. *La Infraestructura en el Desarrollo Integral de América Latina. Diagnóstico Estratégico y Propuesta para una Agenda Prioritaria*, Bogotá: Corporación Andina de Fomento.
- Anzil, F., 2007. *Biocombustibles*. [En línea]  
Available at: <http://www.zonaeconomica.com/biocombustibles>  
[Último acceso: 6 Julio 2012].
- Asociacion de Productores de Energías Renovables, s.f. *Impactos Ambientales de la Producción de Electricidad*, Madrid: APPA.
- Asociación Geotérmica Mexicana, 2012. *Recursos Geotérmicos*, México: s.n.
- Beate, B., 2012. *La Geotérmica en Ecuador*. [En línea]  
[Último acceso: 15 Junio 2012].
- British Petroleum, 2012. *BP Statistical Review of World Energy*. [En línea]  
[Último acceso: 16 Marzo 2012].
- Brown, G. & Garnish, J., 2004. Geothermal Energy. En: *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future*. Cambridge: The Open University, pp. 341-382.
- Cal Hevia, A., s.f. *Energía Azul*. [En línea]  
Available at:  
[http://193.146.36.56/catedra/catedra/apuntes/PDFs/otras\\_energias/azul/energia\\_azul.pdf](http://193.146.36.56/catedra/catedra/apuntes/PDFs/otras_energias/azul/energia_azul.pdf)  
[Último acceso: 6 Julio 2012].
- Castro, M., 2011. *Hacia una matriz energetica diversificada en Ecuador*. Quito: Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental.
- Cengel, Y. A. & Boles, M. A., 2007. *Termodinámica*. Quinta ed. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- CEPAL, 2010. *Energías Renovables en América Latina y el Caribe*. [En línea]  
[Último acceso: 6 Junio 2012].
- Comisión Europea, 2009. *Cómo financiar la lucha contra el cambio climático*, Copenhagen: s.n.
- CONELEC, 2008. *Potencial Geotérmico del Ecuador y Factibilidad de su Aprovechamiento en el Sector Eléctrico Ecuatoriano*. Quito: CONELEC.
- CONELEC, 2012. *Plan Maestro de Electrificación 2012-2021*. Quito: CONELEC.
- Dickson, M. H. & Fanelli, M., 2004. *International Geothermal Association*. [En línea]  
[Último acceso: 7 Junio 2012].
- Ecotopia, 2000. *Forecast of Future Oil Output*. [En línea]  
Available at: <http://www.hubbertpeak.com/midpoint.htm>  
[Último acceso: 6 Julio 2012].
- Ecotopia, s.f. *HUBbert Peak of Oil Production*. [En línea]  
Available at: <http://www.hubbertpeak.com/hubbert/>  
[Último acceso: 6 Julio 2012].
- Escobar Muñoz MSc., E., 2009. Evolución normativa del Sector Eléctrico Ecuatoriano. *Interconexiones*.
- Estado Ecuatoriano, 1961-2008. *Constitución Política del Ecuador y Registros Oficiales*. Quito: Registro Oficial del Ecuador.
- García, F., 2011. *Manual de Estadísticas Energéticas*. Quito: OLADE.
- García, J. M., 2006. *Teoría y Ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas*. Segunda ed. Barcelona: Juan Martín Gracia.
- Glanz, J., 2009. *The New York Times*. [En línea]  
Available at: [http://www.nytimes.com/2009/12/11/science/earth/11basel.html?\\_r=3](http://www.nytimes.com/2009/12/11/science/earth/11basel.html?_r=3)  
[Último acceso: 8 Julio 2012].

- Global Greenhouse Warming, s.f. <http://www.global-greenhouse-warming.com/solar-central-power-towers.html>. [En línea]  
[Último acceso: 31 Mayo 2012].
- Green Planet Solar Energy, 2011. <http://www.green-planet-solar-energy.com/atom.html>. [En línea]  
[Último acceso: 4 Junio 2012].
- Green Rhino Energy, s.f. [http://www.greenrhinoenergy.com/renewable/marine/tidal\\_range.php](http://www.greenrhinoenergy.com/renewable/marine/tidal_range.php). [En línea]  
[Último acceso: 4 Junio 2012].
- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2011. *Informe sobre Energías Renovables y Mitigación del Cambio Climático*, Abu Dabi: IPCC.
- International Energy Agency, 2011. *Key World Energy Statistics*, París: International Energy Agency.
- International Geothermal Association, 2011. [http://www.geothermal-energy.org/226,installed\\_generating\\_capacity.html](http://www.geothermal-energy.org/226,installed_generating_capacity.html). [En línea]  
[Último acceso: 8 Junio 2012].
- Jessa, T., 2011. <http://www.universetoday.com/85320/lithospheric-plates/>. [En línea]  
[Último acceso: 4 Junio 2012].
- La Web de Física, 2011. *La Web de Física*. [En línea]  
Available at: <http://forum.lawebdefisica.com/threads/18013-Duda-ejercicio-de-Ciclo-Rankine-Simple>  
[Último acceso: 12 Julio 2012].
- Martínez, Y., 2007. *Instituto de la Ingeniería de España: Tendencias de la Ingeniería*. [En línea]  
Available at: [http://www.tendencias21.net/EE-UU-se-plantea-una-possible-implantacion-masiva-de-la-energia-geotermica\\_a1466.html](http://www.tendencias21.net/EE-UU-se-plantea-una-possible-implantacion-masiva-de-la-energia-geotermica_a1466.html)  
[Último acceso: 26 Junio 2012].
- Massachusetts Institute of Technology, 2006. *The Future of Geothermal Energy: Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century*, Idaho Falls: Idaho National Laboratory.
- Ministerio de Sectores Estratégicos, 2012. *Catálogo de Inversión para Proyectos Estratégicos*, Quito: s.n.
- Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático, 1997. *Protocolo de Kyoto*, Kyoto: Naciones Unidas.
- Naciones Unidas, 2010. *65/151 Año Internacional de la Energía Sostenible para todos*, Nueva York: Naciones Unidas.
- Naciones Unidas, 2010. *United Nations Framework Convention on Climate Change*, Cancún: Naciones Unidas.
- Naciones Unidas, 2012. *Ban destaca compromisos con iniciativa "Energía Sostenible para Todos"*. [En línea]  
Available at: <http://www.un.org/spanish/News/fullstorynews.asp?newsID=23774>  
[Último acceso: 26 Junio 2012].
- Petrocomercial, 2012. *Precios Por Sector*. [En línea]  
Available at:  
[http://www.petrocomercial.com/wps/portal/!ut/p/c1/04\\_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os\\_jQAN9AQzcPlwN3dz9zA08LVx\\_noFBzY3cjA6B8pFm8n79RqJuJp6GhhZmroYGRmYeJk0-Yp4G7izEB3eEg-DrB8kb4ACOBvp-Hvm5qfoFuREGWSaOiqBWkduq/dl2/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfVVBNUtFGSDIwTzcwMDBJN](http://www.petrocomercial.com/wps/portal/!ut/p/c1/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os_jQAN9AQzcPlwN3dz9zA08LVx_noFBzY3cjA6B8pFm8n79RqJuJp6GhhZmroYGRmYeJk0-Yp4G7izEB3eEg-DrB8kb4ACOBvp-Hvm5qfoFuREGWSaOiqBWkduq/dl2/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfVVBNUtFGSDIwTzcwMDBJN)  
[Último acceso: 8 Agosto 2012].
- Richard, M. G., 2009. <http://www.treehugger.com/solar-technology/improved-solar-power-dish-with-stirling-engine-made-by-car-parts-suppliers.html>. [En línea]  
[Último acceso: 28 Mayo 2012].

- Sanchez, J., 2011. *Ley de Darcy. Conductividad Hidraulica*. [En línea]  
Available at: [http://hidrologia.usal.es/temas/Ley\\_Darcy.pdf](http://hidrologia.usal.es/temas/Ley_Darcy.pdf)  
[Último acceso: 6 Junio 2012].
- Sustainable Sources, 2012. *Passive Solar Design*. [En línea]  
Available at: <http://passivesolar.sustainable-sources.com/>  
[Último acceso: 4 Junio 2012].
- Tacle, W. A. & Uvidia, R. F., 2007. *Comercialización Independiente en los Mercados Mayorista y Minorista de Energía Eléctrica, Aplicada en el Ecuador*, Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Taylor, D., 2004. Wind Energy. En: *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future*. Cambridge: The Open University, pp. 243-296.
- Tester, J. W. y otros, 2005. *Sustainable Energy*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- The University of Queensland, 2012.  
<http://www.mech.uq.edu.au/qgece/agegwiki/pmwiki.php?n=Tutorial.PowerPlantTutorial>. [En línea]  
[Último acceso: 4 Junio 2012].
- U.S. Department of Energy, 2011.  
[http://www.energysavers.gov/your\\_home/water\\_heating/index.cfm/mytopic=12850](http://www.energysavers.gov/your_home/water_heating/index.cfm/mytopic=12850). [En línea]  
[Último acceso: 1 Junio 2012].
- U.S. Energy Information Administration, 2009. *2016 Levelized Cost of New Generation Resources from the Annual Energy Outlook 2010*. [En línea]  
Available at: [http://www.eia.gov/oiaf/aeo/pdf/2016levelized\\_costs\\_aeo2010.pdf](http://www.eia.gov/oiaf/aeo/pdf/2016levelized_costs_aeo2010.pdf)  
[Último acceso: 11 Junio 2012].
- U.S. Energy Information Administration, 2010. *Levelized Cost of New Generation Resources from the Annual Outlook 2010*, s.l.: s.n.
- US Department of Energy, 2003. *La Energía Geotérmica en la Actualidad*, Washington D.C.: s.n.
- Vergara, G. A., 2012. *La Energía Geotérmica*. [En línea]  
Available at: <http://manodemandiocaambiente.blogspot.com/2012/04/la-energia-geotermica.html>  
[Último acceso: 21 Junio 2012].
- WordPress, 2009. <http://mendocoastcurrent.wordpress.com/2009/10/05/pelamis-wave-energy-device-testing-again/>. [En línea]  
[Último acceso: 4 Junio 2012].
- WordPress, 2012. <http://kresalaenergia.wordpress.com/2012/02/02/ocean-powers-powerbuoy/>. [En línea]  
[Último acceso: 4 Junio 2012].
- World Wind Energy Association, 2012. *World Wind Energy Association*. [En línea]  
Available at:  
[http://www.wwindea.org/home/index.php?option=com\\_content&task=view&id=345&Itemid=43](http://www.wwindea.org/home/index.php?option=com_content&task=view&id=345&Itemid=43)  
[Último acceso: 6 Julio 2012].