

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Acuerdo No. 894 4 de agosto de 2016

Por el cual se aprueba la incorporación de un cambio de los parámetros técnicos y los sistemas de control asociados a las unidades 1 y 2 de la planta Termovalle

El Consejo Nacional de Operación en uso de sus facultades legales, en especial las conferidas en el Artículo 36 de la Ley 143 de 1994, el Anexo general de la Resolución CREG 025 de 1995 y su Reglamento Interno y según lo aprobado en la reunión No. 495 del 4 de agosto de 2016 y,

CONSIDERANDO

1. Que en el Acuerdo 752 de 2015 (hoy Acuerdo 843 de 2016) se establecieron los requerimientos para la obtención y validación de parámetros del generador y los modelos del sistema de excitación, control de velocidad/potencia y estabilizadores de sistemas de potencia de las unidades de generación del SIN y se definieron las pautas para las pruebas y reajustes de los controles de generación.
2. Que siguiendo el procedimiento para solicitar el cambio de parámetros técnicos de las plantas de generación del Acuerdo 497 de 2010, TERMOVALLE S.A. E.S.P. solicitó al CND mediante comunicaciones con número de radicado en XM 201644010131-3 y 201644013644-3 del 18 de mayo y 15 de junio de 2016 respectivamente, el cambio de los parámetros técnicos y los sistemas de control asociados a los generadores de las unidades 1 y 2 de la planta Termovalle.
3. Que XM S.A. E.S.P. mediante comunicación 013349-1 del 30 de junio de 2016 dio concepto favorable a la solicitud de modificación de los parámetros técnicos y los sistemas de control asociados a los generadores de las unidades 1 y 2 de la planta Termovalle.
4. Que el Subcomité de Controles en la reunión 75 del 18 de julio de 2016 dio su concepto favorable a la solicitud de modificación de los parámetros técnicos y los sistemas de control asociados a los generadores de las unidades 1 y 2 de la planta Termovalle.
5. Que el Comité de Operación en la reunión 275 del 28 de julio de 2016 recomendó la expedición del presente Acuerdo.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

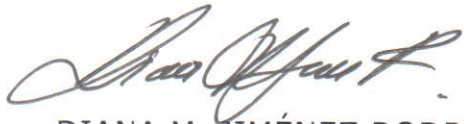
ACUERDA:

PRIMERO. Aprobar la incorporación de los cambios en los parámetros técnicos y los sistemas de control asociados a los generadores de las unidades 1 y 2 de la planta Termovalle como se muestra en el Anexo del presente Acuerdo que hace parte integral del mismo.

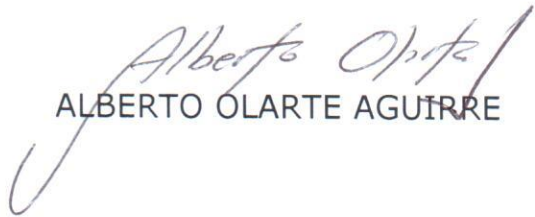
SEGUNDO. El presente Acuerdo rige para el despacho que se realizará el 8 de agosto de 2016 para la operación del 9 de agosto de 2016.

Presidente,

Secretario Técnico,



DIANA M. JIMÉNEZ RODRÍGUEZ



ALBERTO OLARTE AGUIRRE

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

ANEXO

Anexo 1: Tablas de parámetros y Diagramas de Bloques de los controles asociados a la Unidad 1 - CT.

1. Unidad 1 – CT

1.1. PARÁMETROS DE GENERADOR, TRANSFORMADOR ELEVADOR Y RED DE ALTA TENSIÓN.

Los parámetros utilizados en el proceso de modelado del generador, transformador elevador y red eléctrica se muestran en la Tabla 1. Los estudios se desarrollaron asumiendo que el torque de entrada (torque mecánico) es constante.

Tabla 1. Parámetros del generador, Transformador elevador y Red eléctrica.

Generador sincrónico			
Parámetro	Variable	Unidad	VALOR UTILIZADO
Denominación	-	Turbina combustión	
Fabricante	-	Whestinghouse	
Tipo	-	Turbo Generador	
	-	Rotor liso	
Rated power	Sn	[VA]	212000000
Rated generator voltage	Un	[V]	13800
Frequency grid	fn	[Hz]	60
Armature resistance	Ra	[ohm]	0.005
Leakage reactance	Xl	[p.u.]	0.209
Unsaturated d axis synchronous reactance	Xd	[p.u.]	1.815
Unsaturated d axis transient reactance	Xpd	[p.u.]	0.417
Unsaturated d axis subtransient reactance	Xppd	[p.u.]	0.245
Unsaturated q axis synchronous reactance	Xq	[p.u.]	1.774
Unsaturated q axis transient reactance	Xpq	[p.u.]	0.4955
Unsaturated q axis subtransient reactance	Xppq	[p.u.]	0.243
d axis transient open circuit time constant	Tpdo	[s]	5.609

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

d axis subtransient open circuit time constant	Tppdo	[s]	0.046
q axis transient open circuit time constant	Tpqr	[s]	0.623
q axis subtransient open circuit time constant	Tppqr	[s]	0.043
Inertia constant	H	[MWs/MVA]	5.809
Field current (no load)	ifbase	[Adc]	786.000
Field voltage (no load)	vfbase	[Vdc]	128.000
Transformador			
Parámetro	Variable	Unidad	VALOR UTILIZADO
Potencia Nominal	Sntr	[VA]	180000000
Tensión nominal del primario	Untr2	[V]	13800
Tensión nominal del secundario	Untr1	[V]	115000
Leakage inductance	Uk	[p.u.]	0.133
Topología de la red			
Parámetro	Variable	Unidad	VALOR UTILIZADO (CALCULADO / MEDIDO)
Potencia de corto-circuito del bus de Alta Tensión	-	[MVA]	6000
X/R	-	-	10

1.2. REGULADOR DE TENSIÓN (AVR)

La unidad 1 de Termovalle está equipada con un sistema de excitación que puede ser modelado como un sistema tipo ST4B tal como se muestra:

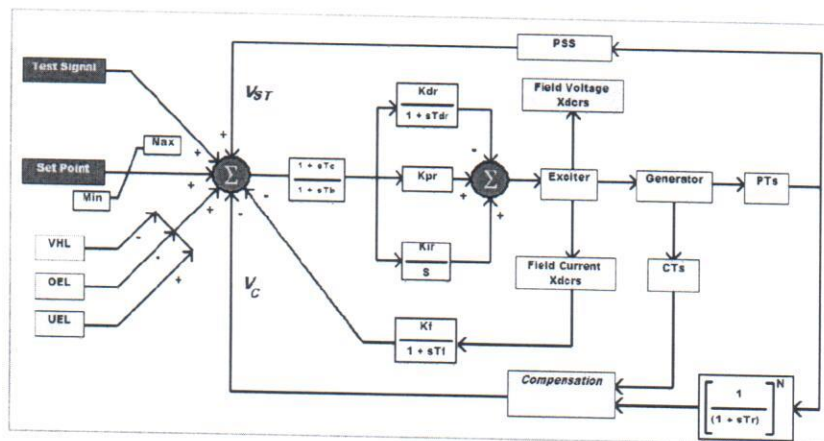


Figura 1. Regulador de tensión unidades a Gas - Fabricante

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

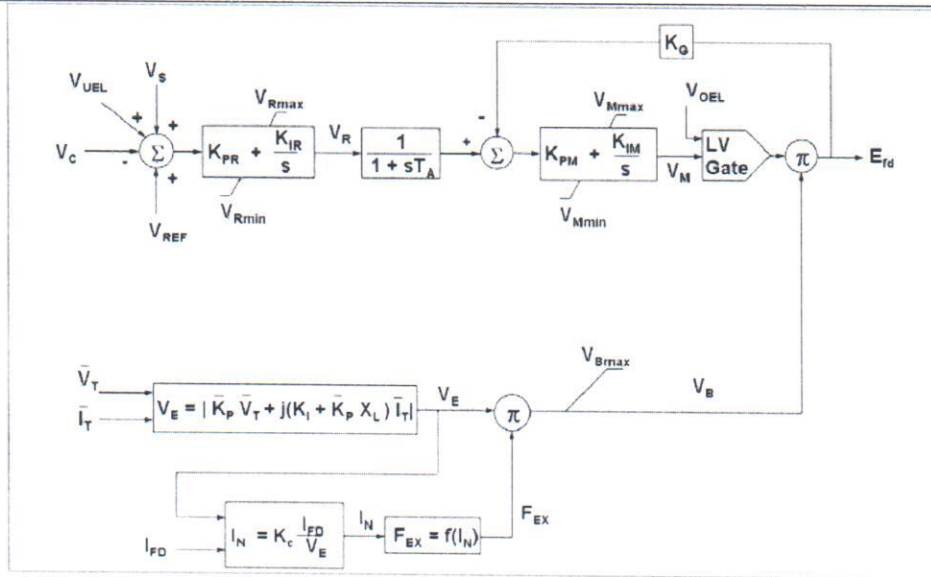


Figura 2. Modelo AVR IEEE ST4B

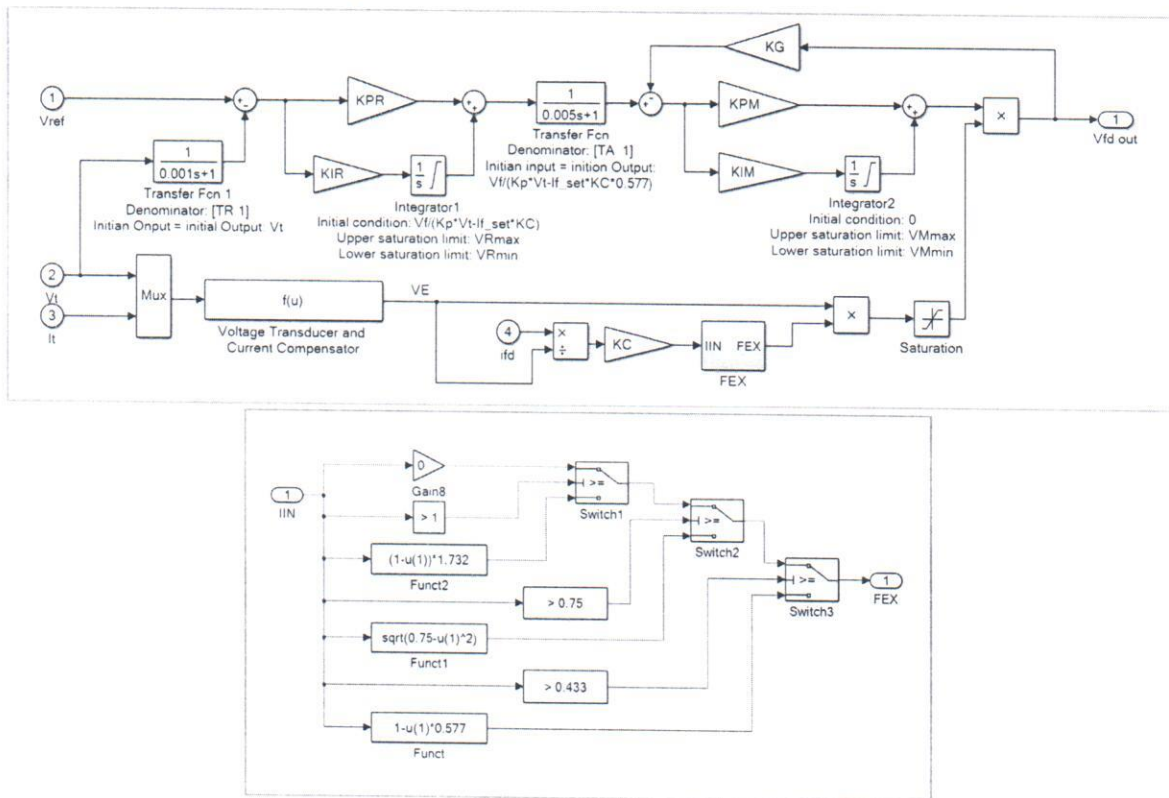


Figura 3. Modelo AVR implementado.

Este regulador cuenta con la funcionalidad de compensación por corriente de generador, la cual esta desactivada por el juego de parámetros actual. Por lo anterior la compensación por corriente de generador está incluida en el modelo pero desactivada, ya que los parámetros K_i y X_L están en cero (ver

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 2).

La unidad no cuenta con limitador de corriente estatorica (SCL).

Los parámetros correspondientes del AVR se presentan en la
Tabla 2

Tabla 2. Parámetros del AVR

Parámetros AVR			
Parámetro	Variable	Unidad	Valor
Fabricante	-	EMERSON	
Voltage measurement time constant	TR	[s]	0.001
AVR Proportional gain	KPR	[p.u.]	90
AVR maximum output	VRmax	[p.u.]	5.36
AVR minimum output	VRmin	[p.u.]	-5.36
AVR time constant	TA	[s]	0.005
Inner loop proportional gain	KPM	[p.u.]	1
Inner loop maximum output	VMmax	[p.u.]	5.36
Inner loop minimum output	VMmin	[p.u.]	-5.36
Potential source gain	Kp	[p.u.]	1
Maximum excitation voltage	VBmax	[p.u.]	1.2
Rectifier regulation factor	KC	[p.u.]	0.08
Integral gain	KIR	[p.u.]	20.4
Inner loop feedback gain	KG	[p.u.]	0
Inner loop integral gain	KIM	[p.u.]	0
Current source gain	Ki	[p.u.]	0
Leakage reactance	XL	[p.u.]	0

1.3. SISTEMA ESTABILIZADOR DE POTENCIA (PSS)

El regulador de tensión de la unidad 1 está equipada con un PSS que puede ser representado con un tipo PSS2A. El diagrama de bloques del PSS y los parámetros correspondientes se presentan en la Figura 4, 5 y

Tabla 3 respectivamente.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

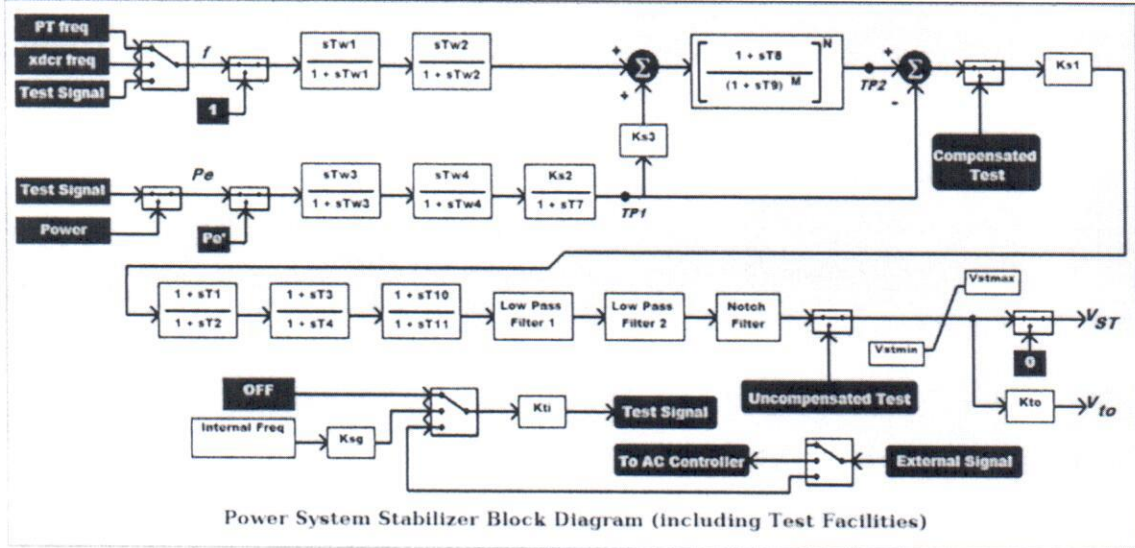


Figura 4. Modelo del PSS2A (FABRICANTE).

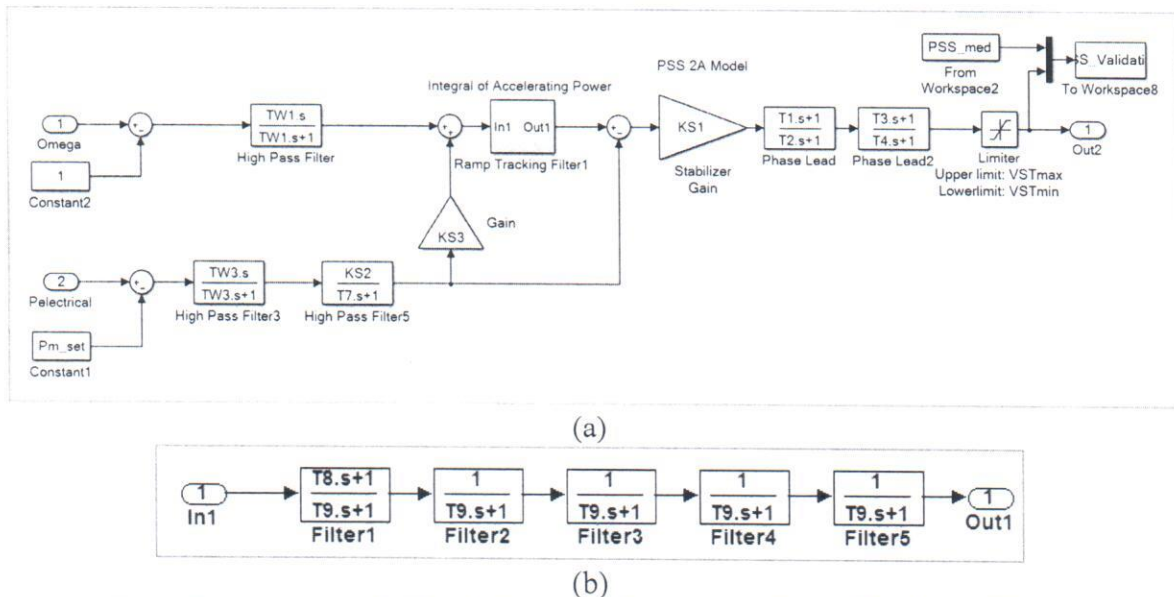


Figura 5. Modelo del PSS (PSS2A). (a) General. (b) Ramp Tracking Filter1.

Tabla 3. Parámetros modelo PSS2A.

Parámetros PSS			
Parámetro	Variable	Unidad	Valor inicial
1st Washout 1th Time Constant	TW1	[s]	7.000
1st Washout 2th Time Constant	TW2	[s]	7.000
2nd Washout 1th Time Constant	TW3	[s]	7.000
2nd Washout 2th Time Constant	TW4	[s]	5.000
PSS Gain	KS1	[p.u.]	5.000
2nd Signal Transducer Factor	KS2	[p.u.]	0.648

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN
CNO

Parámetros PSS			
Parámetro	Variable	Unidad	Valor inicial
Washouts Coupling Factor	KS3	[p.u.]	1.000
1st Lead-Lag Derivative Time Constant	T1	[s]	0.120
1st Lead-Lag Delay Time Constant	T2	[s]	0.040
2nd Lead-Lag Derivative Time Constant	T3	[s]	0.120
2nd Lead-Lag Delay Time Constant	T4	[s]	0.040
2nd Signal Transducer Time Constant	T7	[s]	7.000
Ramp Tracking Filter Deriv. Time Constant	T8	[s]	0.500
Ramp Tracking Filter Delay Time Constant	T9	[s]	0.100
Ramp Tracking Filter Deriv. Time Constant	T10	[s]	0.230
Ramp Tracking Filter Delay Time Constant	T11	[s]	0.050
Controller Minimum Output	VSTmax	[p.u.]	0.050
Controller Maximum Output	VSTmin	[p.u.]	-0.050

1.4. LIMITADORES

1.4.1. Limitador de sobreexcitación (OEL)

El modelo dinámico suministrado por el fabricante se presenta en la **Figura 6**. Los parámetros del modelo implementado se presentan en la **Tabla 4**.

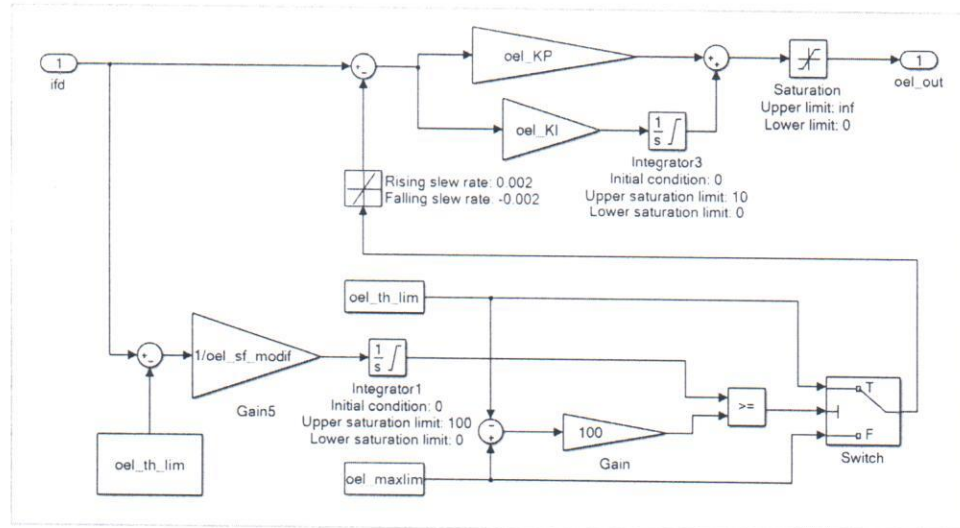


Figura 6. Modelo del limitador OEL

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 4. Parámetros OEL. TermoValle - U1.

Parámetros OEL				
Parámetro	Variable	Unidad	Valor inicial	Valor respecto a la Ibase de la Tabla 1
OEL Proportional Gain	oel_KP	[p.u.]	0.4	0.4
OEL Integral Gain	oel_KI	[1/s]	0.08	0.08
Maximum excitation limiter set point (Mxl_i_sp)	oel_th_lim	[p.u.]	2.8335	2.6543
Maximum instantaneous value of field current (fld_i_max)	oel_maxlim	[p.u.]	3.3179	3.3179
Inverse timing curve derating scale factor for the OEL function	oel_sf_modif	[s]	0.7	0.7

Nota 1: Los parámetros **oel_th_lim**, **oel_maxlim** y **oel_sf_modif** están escalados respecto al parámetro ifbase (Ver tabla Tabla 1).

Nota 2: Los parámetros utilizados para la simulación en Digsilent son los enumerados en la columna de Valor Inicial, el cual refleja el valor en MVAR para la sobre excitación temporizada.

1.4.2. Limitador de sub excitación (UEL)

El modelo dinámico implementado se presenta en la Figura 7. Los parámetros del modelo implementado se presentan en la Tabla 5.

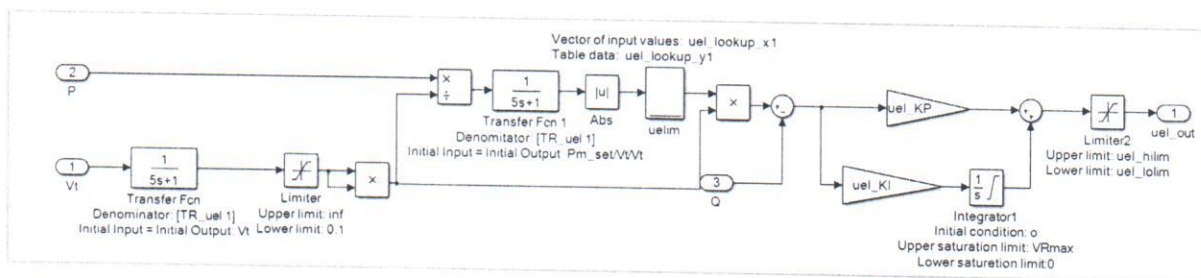


Figura 7. Modelo del limitador UEL

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 5. Parámetros UEL

Parámetros UEL			
Parámetro	Unidad	Variable	Valor
Voltage Filter Time Constant	TR_uel	[p.u.]	5
uel_lookup_x1	x0	[p.u.]	0
	x1	[p.u.]	0.306603774
	x2	[p.u.]	0.471698113
	x3	[p.u.]	0.683962264
	x4	[p.u.]	1
uel_lookup_y1	y0	[p.u.]	-0.42122642
	y1	[p.u.]	-0.41509434
	y2	[p.u.]	-0.35849057
	y3	[p.u.]	-0.28773585
	y4	[p.u.]	0
Regulator Proportional Gain	uel_KP	[p.u.]	0.07
Regulator Integral Gain	uel_KI	[1/s]	0.1
UEL output upper limit	uel_hili m	[p.u.]	1
UEL output lower limit	uel_loli m	[p.u.]	0

1.4.3. Limitador V/HZ

El modelo dinámico implementado se presenta en la Figura 8. Los parámetros se presentan en la Tabla 6.

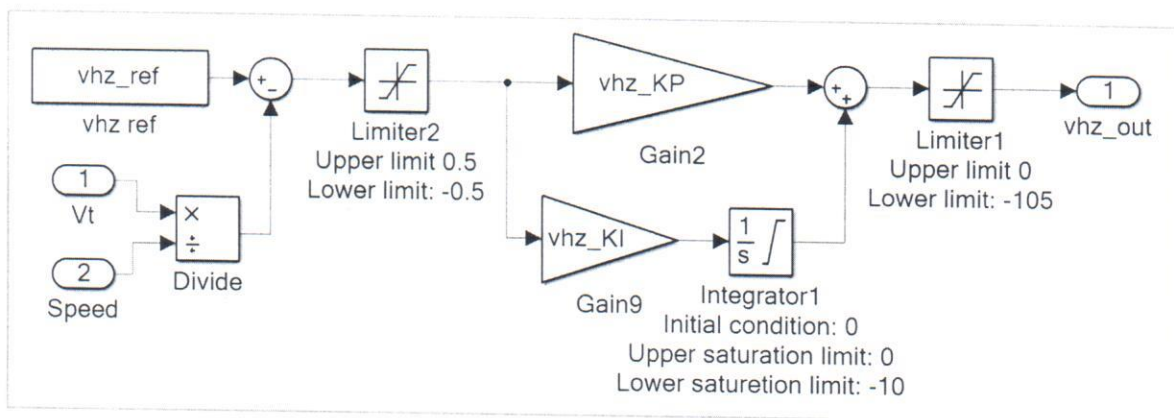


Figura 8. Modelo del limitador V/Hz unidades a Gas - Fabricante

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 6. Parámetros V/Hz

Parámetros V/Hz			
Parámetro	Variable	Unidad	Valor
V/Hz limit set point	vhz_ref	[p.u.]	1.05
V/Hz Proportional Gain	vhz_KP	[p.u.]	0.2
V/Hz Integral Gain	vhz_KI	[p.u.]	0.3

MODELO DEL GENERADOR Y AVR

El modelo en el dominio de la frecuencia se presenta en la Figura 9 y Figura 10.

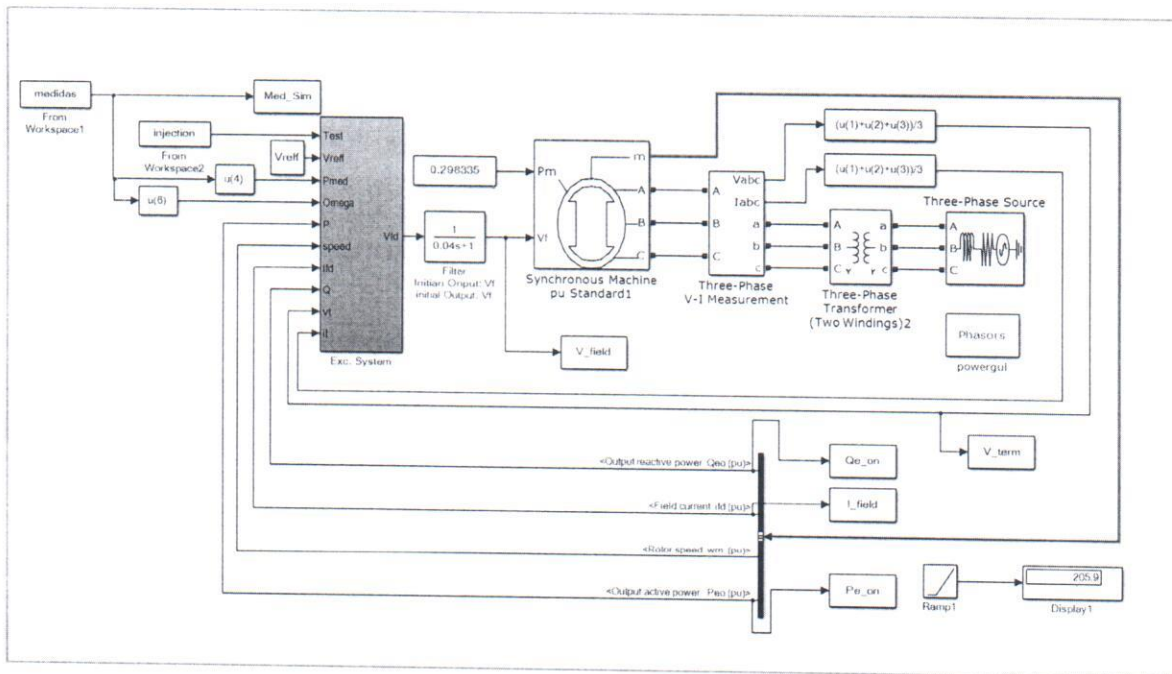


Figura 9. Modelo del generador y el sistema de excitación

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

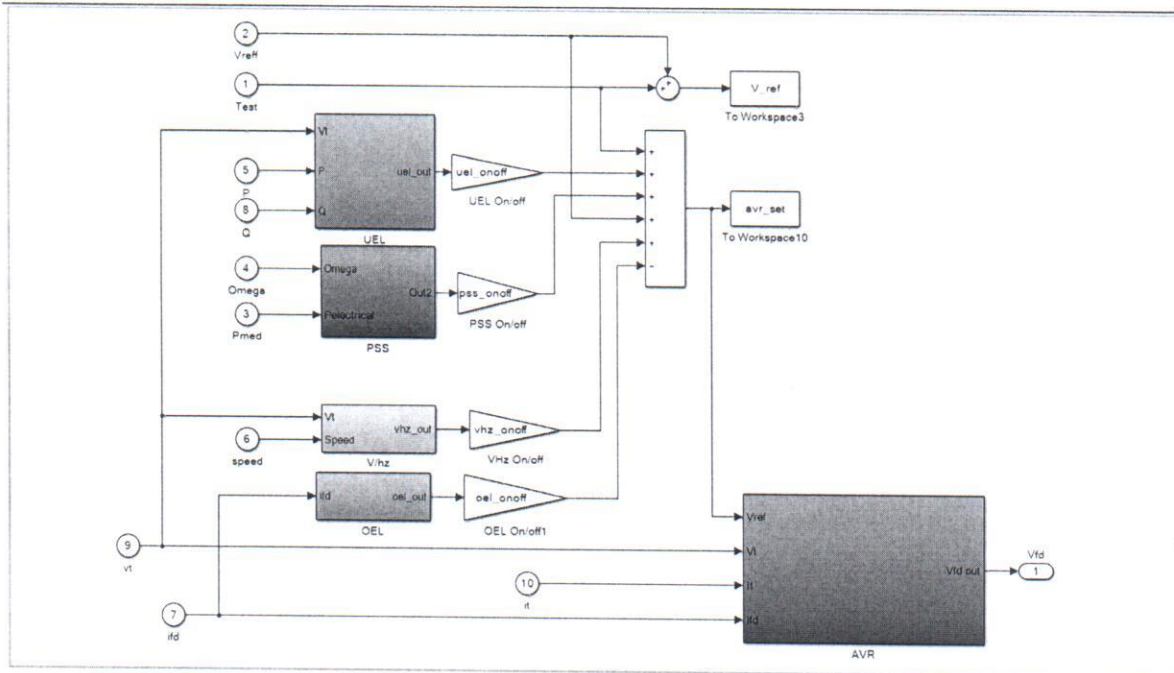


Figura 10. Modelo de control sistema de excitación

1.5. CURVA DE SATURACIÓN DEL GENERADOR CTG – UNIDAD 1.

Se presenta la curva de saturación del generador de la unidad 1 en la Figura 11 y la Tabla 7:

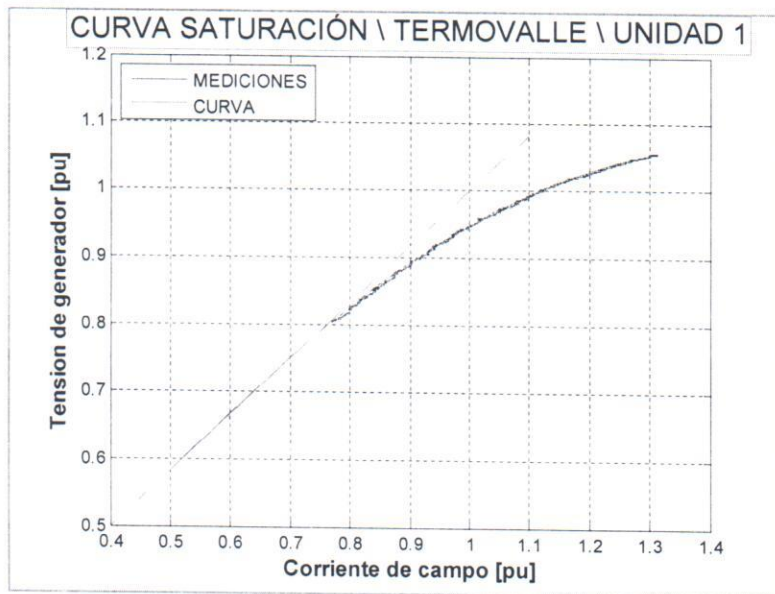


Figura 11. Curva de característica de saturación.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 7. Curva de saturación

CURVA DE SATURACIÓN	
IF [pu]	Vt [pu]
0.5	0.58333333
0.6	0.66666667
0.68369546	0.73636944
0.70369546	0.75282943
0.72369546	0.76887608
0.74369546	0.78450938
0.76369546	0.79972933
0.78369546	0.81453593
0.80369546	0.82892919
0.82369546	0.84290909
0.84369546	0.85647565
0.86369546	0.86962887
0.88369546	0.88236873
0.90369546	0.89469525
0.92369546	0.90660842
0.94369546	0.91810824

CURVA DE SATURACIÓN	
IF [pu]	Vt [pu]
0.96369546	0.92919472
0.98369546	0.93986784
1.00369546	0.95012762
1.02369546	0.95997406
1.04369546	0.96940714
1.06369546	0.97842688
1.08369546	0.98703327
1.10369546	0.99522631
1.12369546	1.003006
1.14369546	1.01037235
1.16369546	1.01732535
1.18369546	1.023865
1.20369546	1.02999131
1.22369546	1.03570426
1.24369546	1.04100387
1.26369546	1.04589014
1.28369546	1.05036305
1.30369546	1.05442262

1.6. TURBINA Y GOBERNADOR

El sistema de control de velocidad potencia, está basado en el control de combustión de gas de ciclo tipo Brayton, el regulador está implementado en un sistema de control distribuido referencia OVATION fabricados por EMERSON, el cual tiene dos modos de control:

- Regulación de velocidad / potencia.
- Regulación de control por temperatura. Es de aclarar que este modo de control se activa para limitar la temperatura máxima del sistema y reemplaza la acción de control del modo de velocidad potencia cuando está activado.

Donde es de aclarar que el modo de operación y objeto del presente modelamiento es el control de velocidad / potencia.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

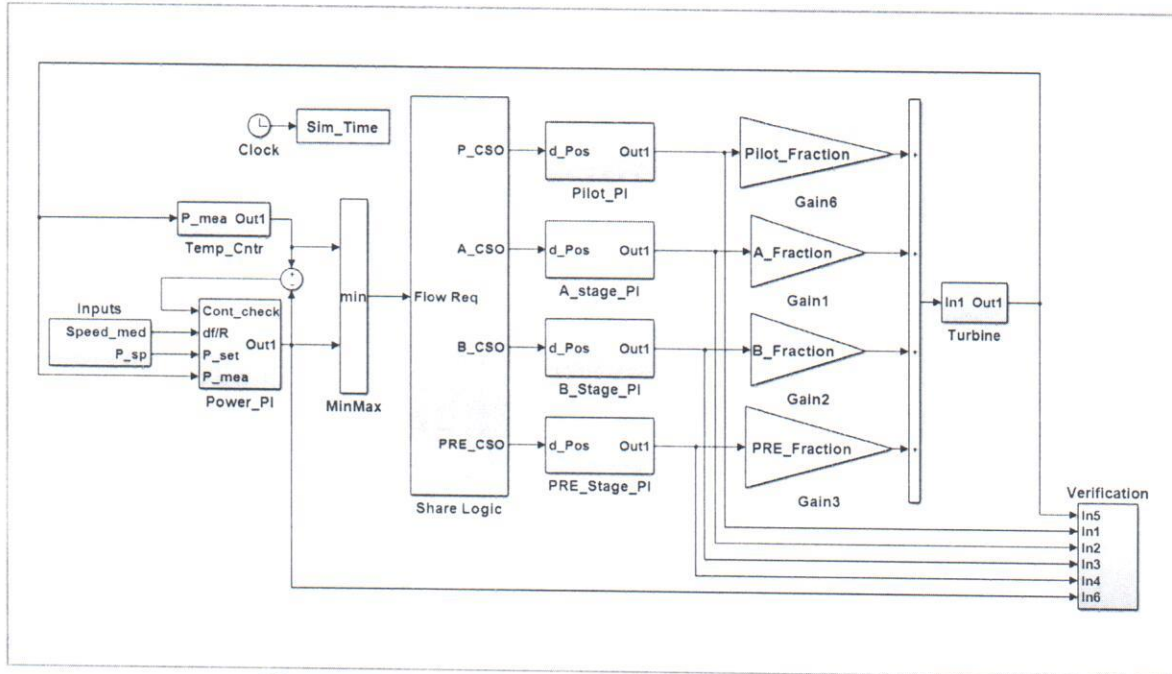


Figura 12. Diagrama general del modelo.

1.6.1. MODELOS DINÁMICOS DE CONTROL

Las unidades a gas realizan la regulación de carga por medio de cuatro válvulas denominadas Válvula Piloto, Válvula A, Válvula B y Válvula de pre mezcla.

1.6.1.1. Modelo del Regulador de Velocidad

Un documento de muestra del controlador se presenta en la Figura 13 del regulador de velocidad del fabricante EMERSON.

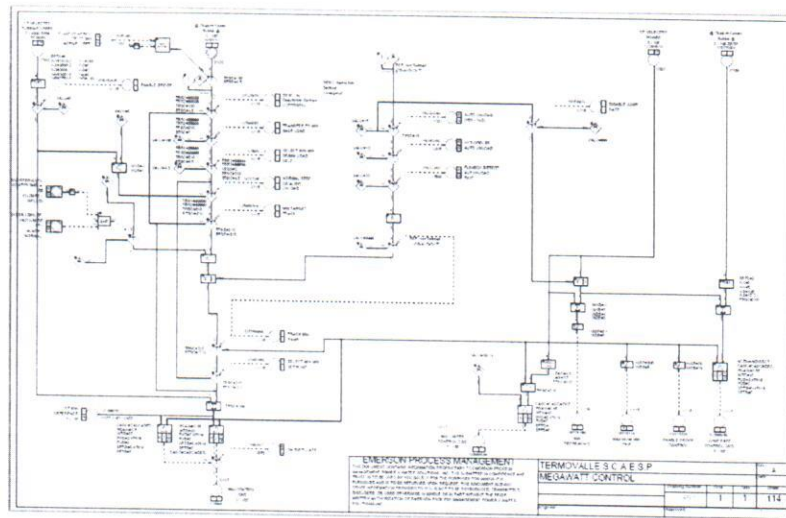


Figura 13. Muestra de la documentación de planta que describe las funciones del controlador

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

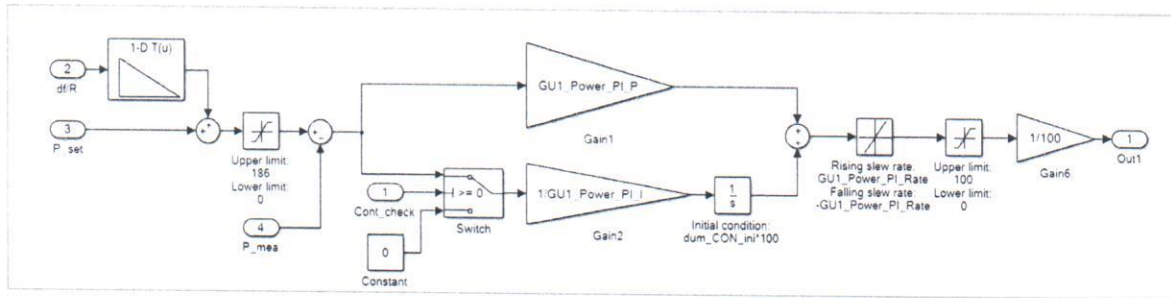


Figura 14. Modelo control potencia

Tabla 8. Parámetros del regulador de velocidad

PARÁMETROS DEL REGULADOR DE VELOCIDAD		
Parámetro	UNIDAD	VALOR
GU1_Power_PI_P	[p.u.]	0.035
GU1_Power_PI_I	[s]	60
GU1_Power_PI_Rate	[p.u.]	2.5
DB_X	Cantidad puntos	5
DB_Y	Cantidad puntos	5

La configuración de la función de regulación primaria de frecuencia (Estatismo y Banda Muerta) se ve representada en la Figura 15 y la Tabla 9.

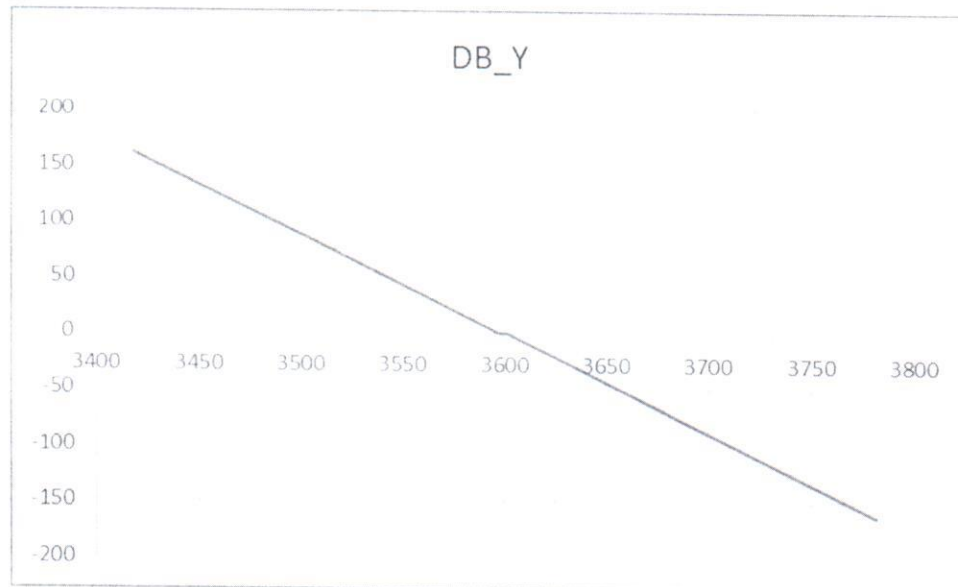


Figura 15. Estatismo y banda muerta

Tabla 9. Estatismo y banda muerta

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Estatismo y banda muerta	
DB_X	DB_Y
3418.2	162
3598.2	0
3600	0
3601.8	0
3781.8	-162

1.6.1.2. Control de las válvulas de regulación

En la Figura 16, Figura 17, Figura 18 y Figura 19 y la Tabla 11, Tabla 12, Tabla 13, y Tabla 14 se presenta el modelo y las características de cada válvula (actuador) del regulador de velocidad. Los parámetros de control de las válvulas se encuentran en la Tabla 10.

Tabla 10. Parámetros Control de válvulas

Parámetros Control de válvulas		Parámetros Control de válvulas	
Parámetro	VALOR	Parámetro	VALOR
GUI_Pilot_P	0.35	TAB_P_FLO2 (puntos)	9
GUI_Pilot_I	0.05555556	TAB_O_Pilot (puntos)	9
GUI_Pilot_Rate	0.025	TAB_A_flo (puntos)	31
GUI_V_P_Time	0.1	TAB_B_flo (puntos)	31
GUI_A_Stage_P	0.15	TAB_O (puntos)	31
GUI_A_Stage_I	0.02	TAB_PRE_flo (puntos)	7
GUI_A_Stage_Rate	0.025	TAB_O_PRE (puntos)	7

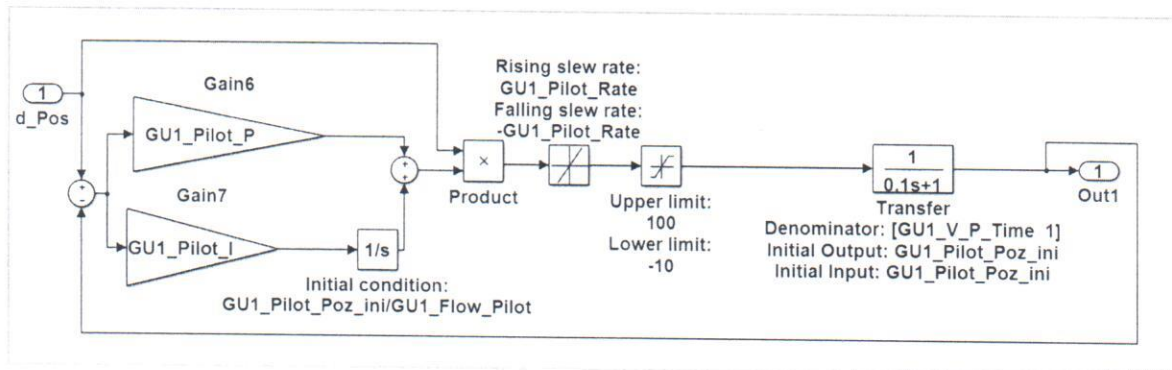


Figura16. Modelo válvula piloto

Tabla 11. Característica Válvula Piloto

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Característica Válvula Piloto	
TAB_O_Pilot	TAB_P_FLO2
0	0.51
0.30220938	0.50600345
0.34781959	0.4442085
0.3505	0.384
0.37732405	0.28056404
0.40171477	0.237831
0.45713171	0.22638431
0.59398135	0.21508088
1	0.2

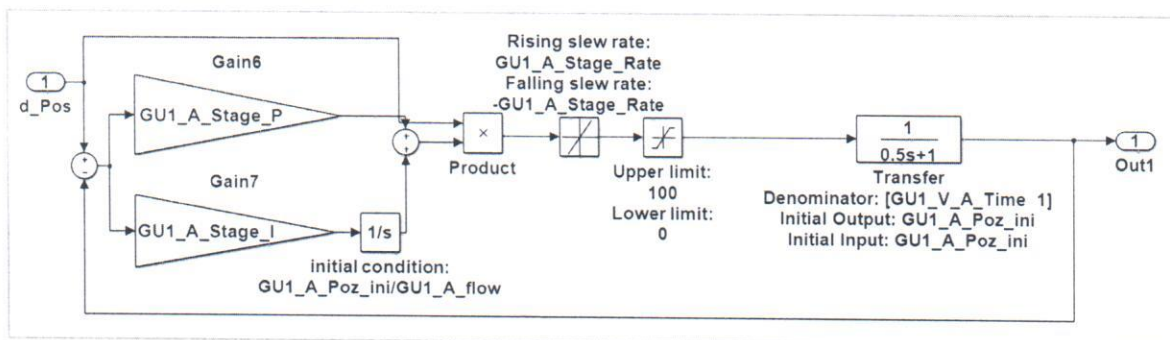


Figura 17. Modelo válvula A

Tabla 12.
Característica
Válvula A

Característica Válvula A	
TAB_O	TAB_A_flo
0.3	0.188850869
0.31	0.217151803
0.32	0.231084523
0.33	0.239691977
0.34	0.247831153
0.35	0.257612048
0.36	0.269464845
0.37	0.282907955

Característica Válvula A	
TAB_O	TAB_A_flo
0.38	0.297079084
0.39	0.311081887
0.4	0.324192097
0.41	0.335959217
0.42	0.346233006
0.43	0.355138024
0.44	0.363014404
0.45	0.370338908
0.46	0.377637034
0.47	0.385394618
0.48	0.393975921
0.49	0.403554664

Característica Válvula A	
TAB_O	TAB_A_flo
0.5	0.414064838
0.51	0.425179399
0.52	0.436327136
0.53	0.44676109
0.54	0.455695897
0.55	0.462536315
0.56	0.467225029
0.57	0.470744496
0.58	0.475815259
0.59	0.487841627
0.6	0.516165102

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

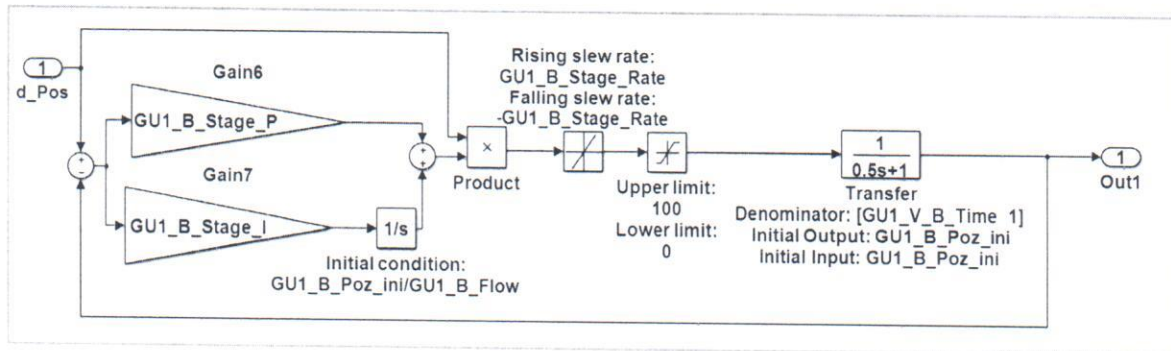


Figura 18. Modelo válvula B

Tabla 13.
Característica
Válvula B

Característica Válvula B	
TAB_O	TAB B flo
0.3	0.194044964
0.31	0.214700901
0.32	0.227495467
0.33	0.236264812
0.34	0.244557925
0.35	0.254716295
0.36	0.267647711
0.37	0.283027314
0.38	0.299717555

Característica Válvula B	
TAB_O	TAB B flo
0.39	0.316251186
0.4	0.331268109
0.41	0.34383761
0.42	0.353632364
0.43	0.360949513
0.44	0.366597141
0.45	0.371681596
0.46	0.377342322
0.47	0.384486174
0.48	0.393572581
0.49	0.404494442
0.5	0.416587219

Característica Válvula B	
TAB_O	TAB B flo
0.51	0.428780384
0.52	0.439881172
0.53	0.448950446
0.54	0.455694496
0.55	0.460754609
0.56	0.465728483
0.57	0.472703733
0.58	0.483024173
0.59	0.494943965
0.6	0.49975326

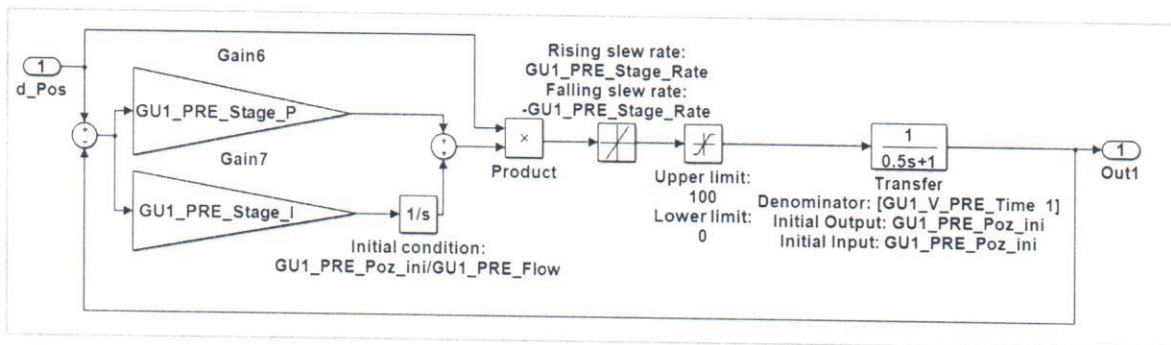


Figura 19. Modelo válvula premix

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 14. Característica Válvula Premix

Característica Válvula Premix	
TAB_O_PRE	TAB_PRE_flo
0	0
0.34	0
0.35	0.09
0.4555	0.1828
0.5581	0.2292
0.6	0.24
1	0.241

1.6.1.3. Modelo de turbina

El modelo de la turbina se presenta en la Figura 20 y los parámetros en la Tabla 15:

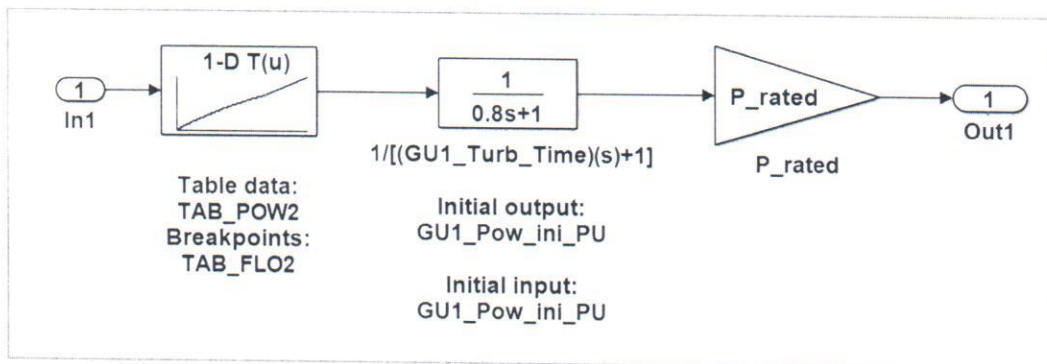


Figura 20. Modelo turbina

Tabla 15. Parámetros Turbina

Parámetros Turbina	
Parámetro	VALOR
P_rated	212
GU1_Turb_Time	0.8
TAB_POW2 (puntos)	92
TAB_FLO2 (puntos)	92

En la Figura 21 y la Tabla 16 se presenta la respuesta de la potencia respecto al flujo de gas:

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

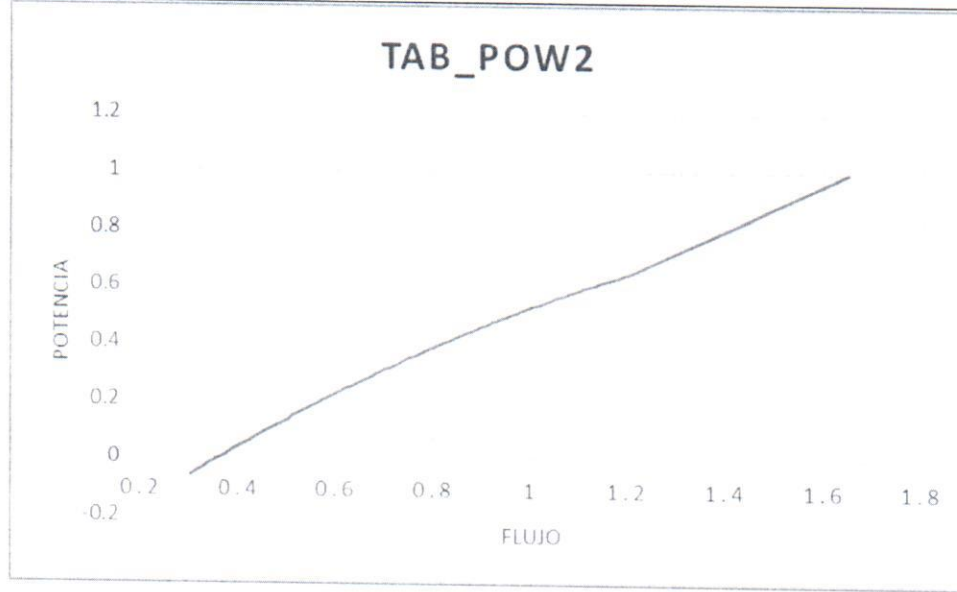


Figura 21 FLUJO VS. POTENCIA

Tabla 16. Flujo Vs. Potencia

Flujo Vs. Potencia	
TAB_FLO2	TAB_POW2
0.3	-0.059041835
0.31	-0.048689592
0.32	-0.038394302
0.33	-0.028155966
0.34	-0.017974585
0.35	-0.007850157
0.36	0.002217316
0.37	0.012227836
0.38	0.022181401
0.39	0.032078013
0.4	0.041917671
0.41	0.051700374
0.42	0.061426124
0.43	0.07109492
0.44	0.080706761
0.45	0.090261649
0.46	0.099759582
0.47	0.109200562
0.48	0.118584588
0.49	0.12791166

Flujo Vs. Potencia	
TAB_FLO2	TAB_POW2
0.5	0.137181777
0.51	0.146394941
0.52	0.155551151
0.53	0.164650406
0.54	0.173692708
0.55	0.182678056
0.56	0.19160645
0.57	0.20047789
0.58	0.209292375
0.59	0.218049907
0.6	0.226750485
0.61	0.235394109
0.62	0.243980779
0.63	0.252510494
0.64	0.260983256
0.65	0.269399064
0.66	0.277757918
0.67	0.286059818
0.68	0.294304764
0.69	0.302492756

Flujo Vs. Potencia	
TAB_FLO2	TAB_POW2
0.7	0.310623794
0.71	0.318697877
0.72	0.326715007
0.73	0.334675183
0.74	0.342578405
0.75	0.350424673
0.76	0.358213987
0.77	0.365946347
0.78	0.373621753
0.79	0.381240205
0.8	0.388801703
0.81	0.396306247
0.82	0.403753837
0.83	0.411144473
0.84	0.418478155
0.85	0.425754883
0.86	0.432974657
0.87	0.440137478
0.88	0.447243344
0.89	0.454292256

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Flujo Vs. Potencia	
TAB_FLO2	TAB_POW2
0.9	0.461284214
0.91	0.468219218
0.92	0.475097268
0.93	0.481918364
0.94	0.488682506
0.95	0.495389695
0.96	0.502039929
0.97	0.508633209
0.98	0.515169535
0.99	0.521648907
1	0.528071325

Flujo Vs. Potencia	
TAB_FLO2	TAB_POW2
1.01	0.53443679
1.02	0.5407453
1.03	0.546996856
1.04	0.553191458
1.05	0.559329107
1.06	0.565409801
1.07	0.571433541
1.08	0.577400328
1.09	0.58331016
1.1	0.589163038
1.11	0.594958962

Flujo Vs. Potencia	
TAB_FLO2	TAB_POW2
1.12	0.600697933
1.13	0.606379949
1.14	0.612005011
1.15	0.61757312
1.16	0.623084274
1.17	0.628538475
1.18	0.633935721
1.19	0.639276013
1.2	0.644559352
1.65	1

1.6.1.4. Modelo del Control por temperatura

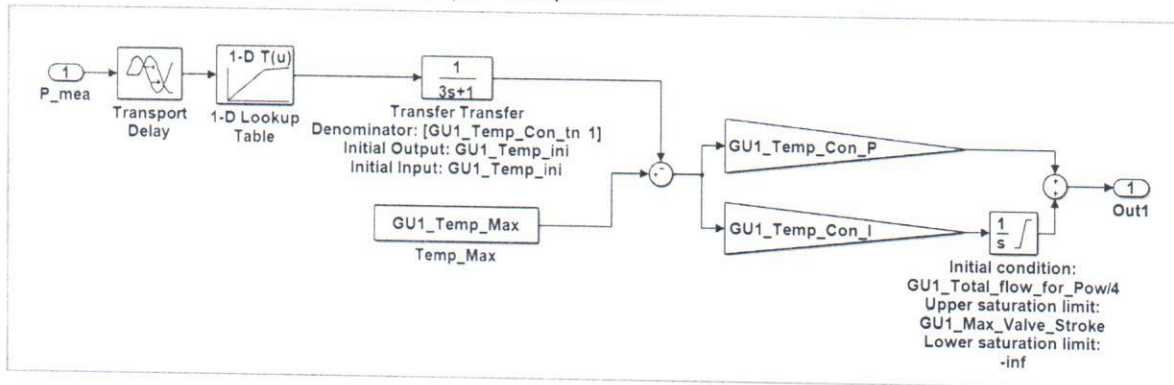


Figura 22. Modelo control de temperatura

Tabla 17. Modelo control de temperatura

MODELO CONTROL DE TEMPERATURA	
Parámetro	VALOR
GU1_Max_Valve_Stroke	100
GU1_Temp_Con_time_delay	2
GU1_Temp_Con_tn	3
GU1_Temp_Con_P	0.05
GU1_Temp_Con_I	0.1
GU1_Temp_Max	1200
TEMP_P_U1 (puntos)	3
TEMP_T_U1 (puntos)	3

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 18. Potencia Vs Temperatura

Potencia Vs Temperatura	
TEMP_P_U1	TEMP_T_U1
50	895
80	1050
100	1060

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Anexo 2: Tablas de parámetros y Diagramas de Bloques de los controles asociados a la Unidad 2 - ST.

2. Unidad 2 – ST

2.1. PARÁMETROS DE GENERADOR, TRANSFORMADOR ELEVADOR Y RED DE ALTA TENSIÓN.

Los parámetros utilizados en el proceso de modelado del generador, transformador elevador y red eléctrica se muestran en la Tabla 1. Los estudios se desarrollaron asumiendo que el torque de entrada (torque mecánico) es constante.

Tabla 1. Parámetros del generador, Transformador elevador y Red eléctrica.

Generador sincrónico			
Parámetro	Variable	Unidad	VALOR UTILIZADO
Denominación	-	Turbina vapor	
Fabricante	-	Brush	
Tipo	-	Rotor liso	
Rated power	Sn	[VA]	91165000
Rated generator voltage	Un	[V]	13800
Frequency grid	fn	[Hz]	60
Armature resistance	Ra	[ohm]	0.003
Leakage reactance	Xl	[p.u.]	0.135
Unsaturated d axis synchronous reactance	Xd	[p.u.]	1.950
Unsaturated d axis transient reactance	Xpd	[p.u.]	0.210
Unsaturated d axis subtransient reactance	Xppd	[p.u.]	0.150
Unsaturated q axis synchronous reactance	Xq	[p.u.]	1.770
Unsaturated q axis transient reactance	Xpq	[p.u.]	0.34
Unsaturated q axis subtransient reactance	Xppq	[p.u.]	0.150
d axis transient open circuit time constant	Tpd	[s]	12.200
d axis subtransient open circuit time constant	Tppd	[s]	0.040
q axis transient open circuit time constant	Tpq	[s]	3.540

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

q axis subtransient open circuit time constant	Tppq	[s]	0.120
Inertia constant	H	[MWs/MVA]	12.623
Field current (no load) (excitatriz)	ifbase	[Adc]	2.180
Field voltage (no load) (excitatriz)	vfbase	[Vdc]	15.000
Transformador			
Parámetro	Variable	Unidad	VALOR UTILIZADO
Potencia Nominal	Sntr	[VA]	90000000
Tensión nominal del primario	Untr2	[V]	13800
Tensión nominal del secundario	Untr1	[V]	115000
Leakage inductance	Uk	[p.u.]	0.125
Topología de la red			
Parámetro	Variable	Unidad	VALOR UTILIZADO (CALCULADO / MEDIDO)
Potencia de corto-circuito del bus de Alta Tensión	-	[MVA]	6000
X/R	-	-	10

2.2. REGULADOR DE TENSIÓN (AVR)

Las unidad 2 de Termovalle está equipadas con un sistema de excitación que puede ser modelado como un sistema tipo ST4B tal como se muestra en la Figura 1, 2 y 3.

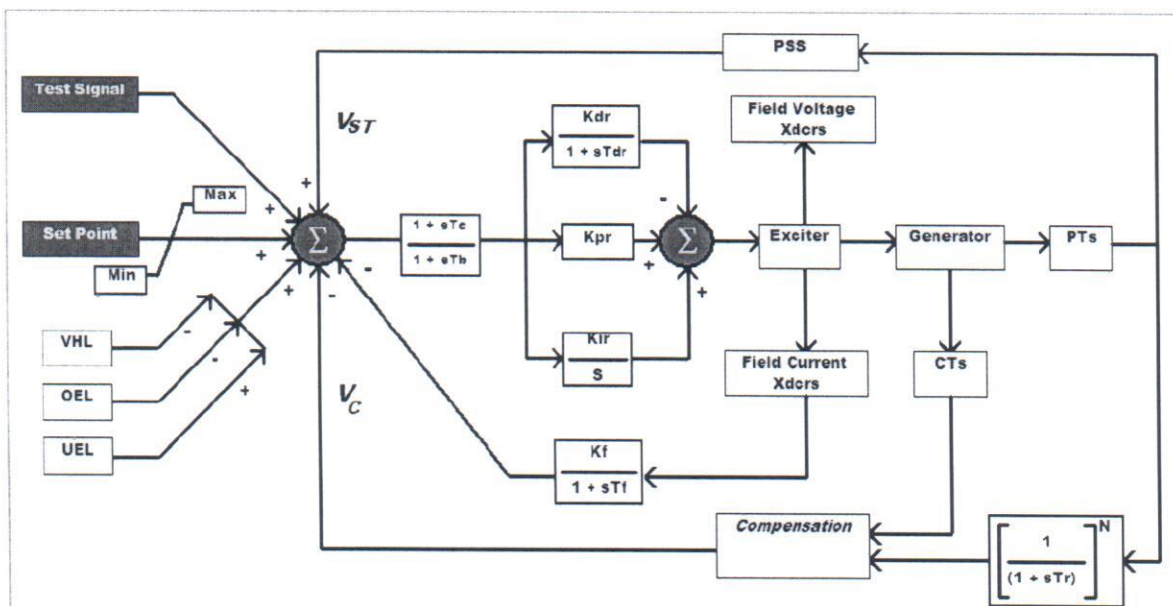


Figura 1. Regulador de tensión unidades a Gas - Fabricante

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

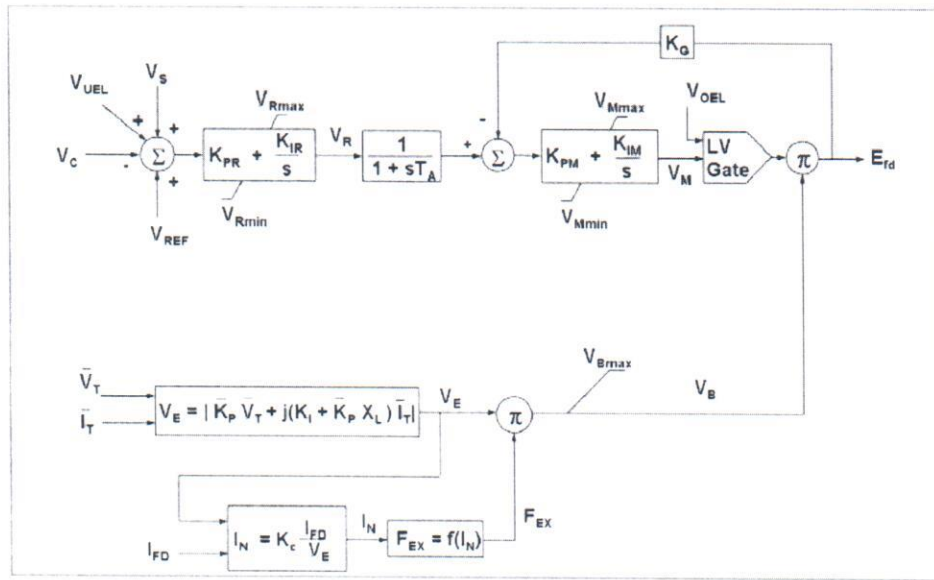


Figura 2. Modelo AVR IEEE ST4B

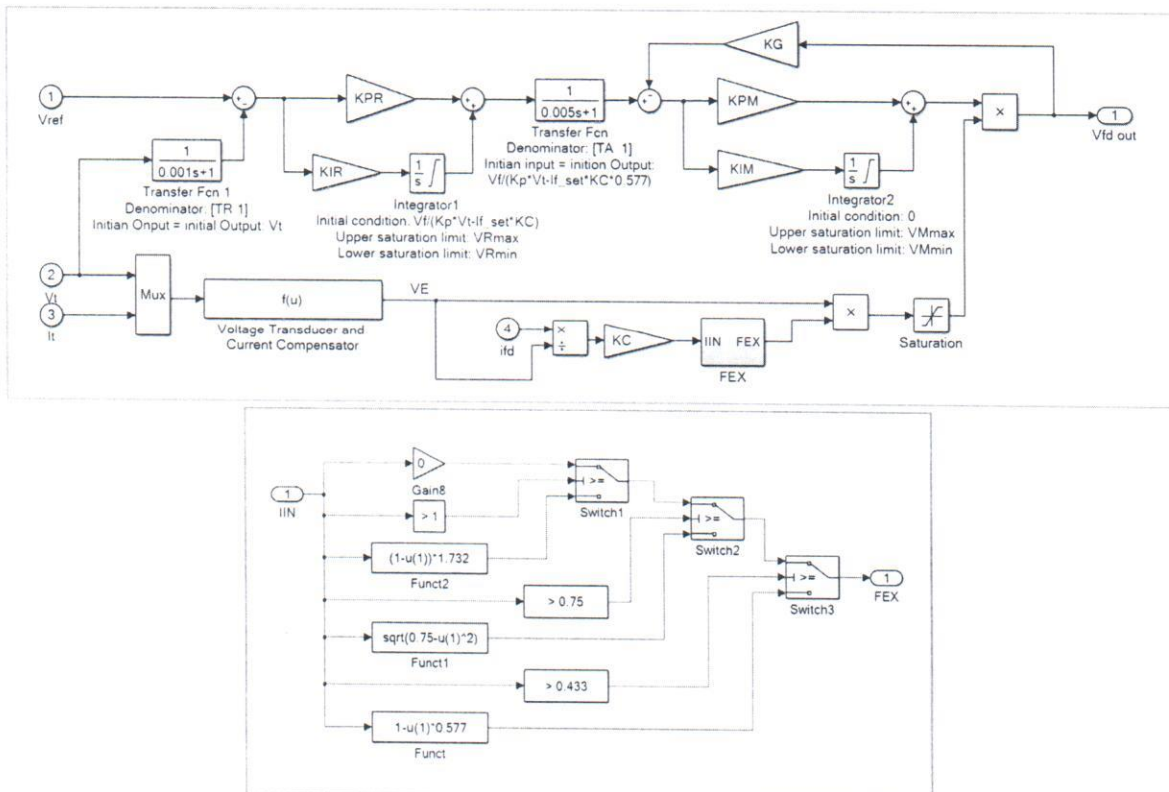


Figura 3. Modelo AVR implementado.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Este regulador cuenta con la funcionalidad de compensación por corriente de generador, la cual esta desactivada por el juego de parámetros actual. Por lo anterior la compensación por corriente de generador está incluida en el modelo pero desactivada, ya que los parámetros K_i y X_L están en cero (ver Tabla 2).

La unidad no cuenta con limitador de corriente estatórica (SCL).

Los parámetros correspondientes del AVR se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros del AVR

Parámetros AVR			
Parámetro	Variable	Unidad	Valor
Fabricante	-	EMERSON	
Voltage measurement time constant	TR	[s]	0.001
AVR Proportional gain	KPR	[p.u.]	144
AVR maximum output	VRmax	[p.u.]	5.36
AVR minimum output	VRmin	[p.u.]	-5.36
AVR time constant	TA	[s]	0.005
Inner loop proportional gain	KPM	[p.u.]	1
Inner loop maximum output	VMmax	[p.u.]	5.36
Inner loop minimum output	VMmin	[p.u.]	-5.36
Potential source gain	Kp	[p.u.]	1
Maximum excitation voltage	VBmax	[p.u.]	1.2
Rectifier regulation factor	KC	[p.u.]	0.08
Integral gain	KIR	[p.u.]	18
Inner loop feedback gain	KG	[p.u.]	0
Inner loop integral gain	KIM	[p.u.]	0
Current source gain	Ki	[p.u.]	0
Leakage reactance	X_L	[p.u.]	0

2.3. SISTEMA ESTABILIZADOR DE POTENCIA (PSS)

El regulador de tensión de la unidad 2 **no** cuenta con sistema estabilizador de potencia.

2.4. LIMITADORES

2.4.1. Limitador de sobreexcitación (OEL)

El modelo dinámico suministrado por el fabricante se presenta en la **Figura 4**. Los parámetros del modelo implementado se presentan en la **Tabla 43**.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

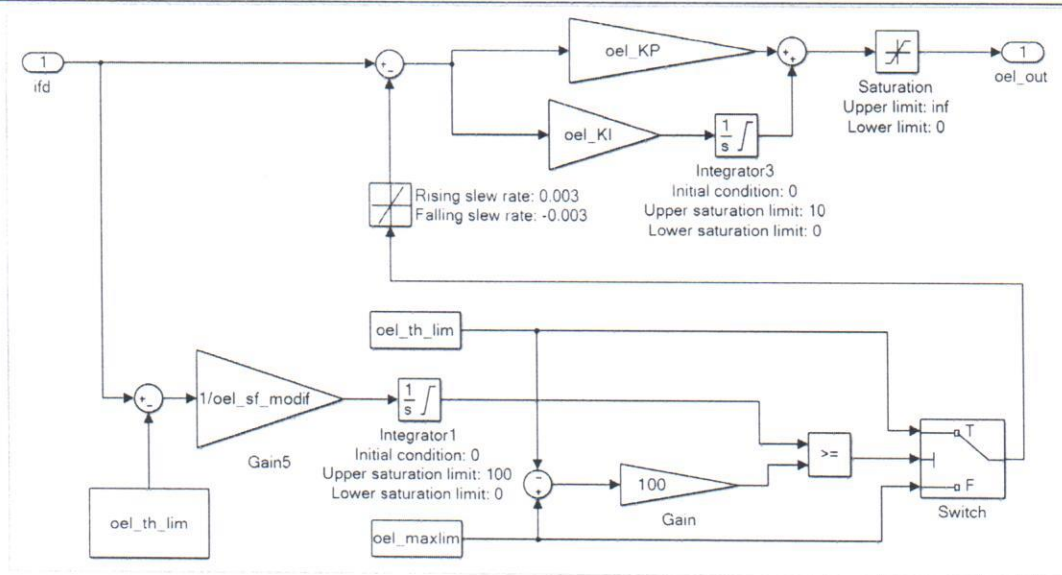


Figura 4. Modelo del limitador OEL

Tabla 3. Parámetros OEL.

Parámetros OEL				
Parámetro	Variable	Unidad	Valor inicial	Valor respecto a la Ibase de la Tabla 1
OEL Proportional Gain	oel_KP	[p.u.]	0.04	0.04
OEL Integral Gain	oel_KI	[1/s]	0.08	0.08
Maximum excitation limiter set point (Mxl_i_sp)	oel_th_lim	[p.u.]	2.812	2.4522
Maximum instantaneous value of field current (fld_i_max)	oel_maxlim	[p.u.]	3.6661	3.6661
Inverse timing curve derating scale factor for the OEL function	oel_sf_modif	[s]	0.7	0.7

Nota 1: Los parámetros **oel_th_lim**, **oel_maxlim** y **oel_sf_modif** están escalados respecto al parámetro ifbase (Ver tabla Tabla 1).

Nota 2: Los parámetros utilizados para la simulación en Digsilent son los enumerados en la columna de Valor Inicial, el cual refleja el valor en MVAR para la sobre excitación temporizada.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

2.4.2. Limitador de sub excitación (UEL)

El modelo dinámico suministrado por el fabricante se presenta en la Figura 5. Los parámetros del modelo implementado se presentan en la **Tabla 5**.

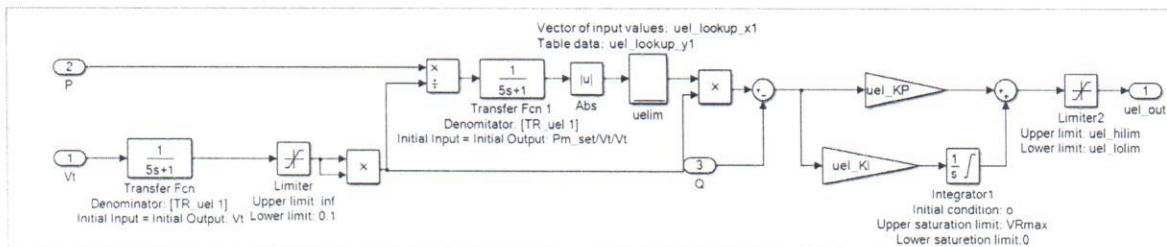


Figura 5. Modelo del limitador UEL

Tabla 4. Parámetros UEL

Parámetros UEL			
Parámetro	Unidad	Variable	Valor
Voltage Filter Time Constant	TR_uel	[p.u.]	5
uel_lookup_x1	x0	[p.u.]	0
	x1	[p.u.]	0.383919267
	x2	[p.u.]	0.658147315
	x3	[p.u.]	0.849997258
	x4	[p.u.]	1.228541655
uel_lookup_y1	y0	[p.u.]	-0.298360116
	y1	[p.u.]	-0.361981023
	y2	[p.u.]	-0.263258926
	y3	[p.u.]	-0.193275928
	y4	[p.u.]	0
Regulator Proportional Gain	uel_KP	[p.u.]	0.09
Regulator Integral Gain	uel_KI	[1/s]	0.04
UEL output upper limit	uel_hilim	[p.u.]	1
UEL output lower limit	uel_lolim	[p.u.]	0

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

2.4.3. Limitador V/Hz

El modelo dinámico suministrado por el fabricante se presenta en la Figura 6. Los parámetros del modelo implementado y sus parámetros se presentan en la Tabla 65.

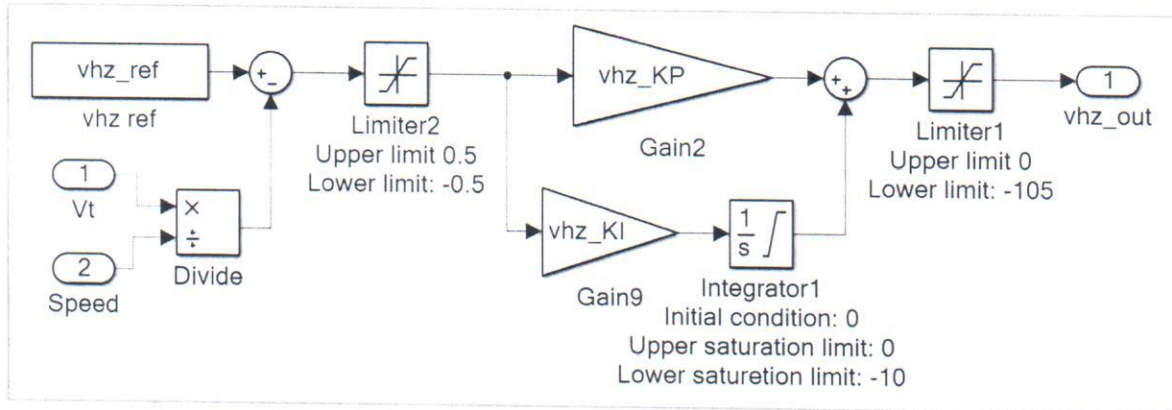


Figura 6. Modelo del limitador V/Hz.

Tabla 5. Parámetros V/Hz

Parámetros V/Hz			
Parámetro	Variable	Unidad	Valor
V/Hz limit set point	vhz_ref	[p.u.]	1.05
V/Hz Proportional Gain	vhz_KP	[p.u.]	0.1
V/Hz Integral Gain	vhz_KI	[p.u.]	0.6

2.5. MODELO DEL GENERADOR Y AVR

El modelo en el dominio de la frecuencia se presenta en la Figura 7 y 8.

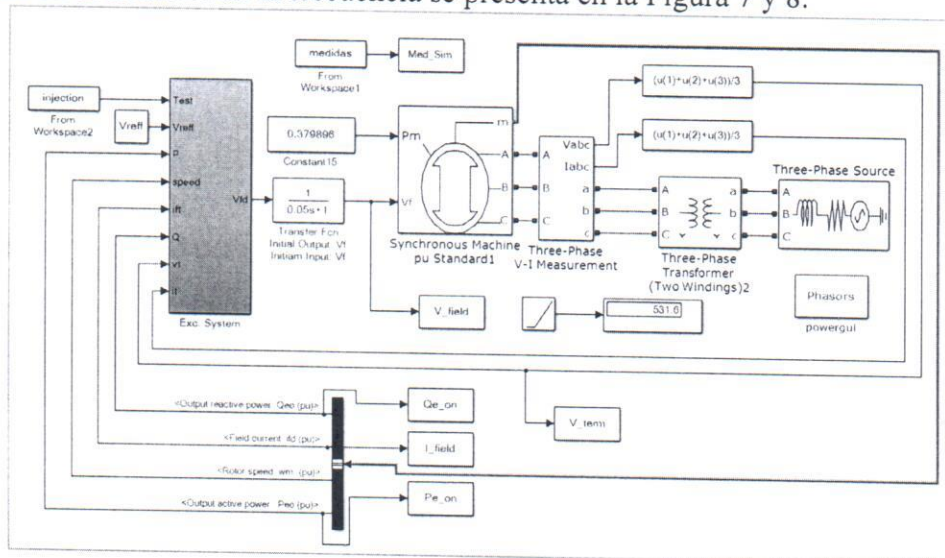


Figura 7. Modelo del generador y el sistema de excitación

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

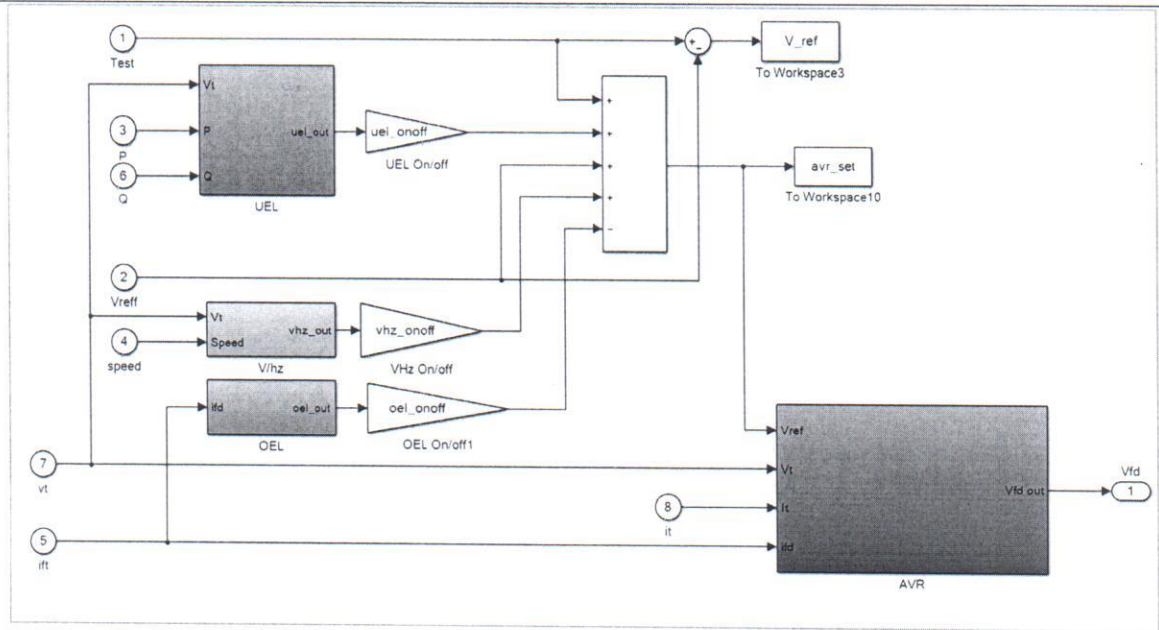


Figura 8. Modelo de control sistema de excitación

2.6. CURVA DE SATURACIÓN DEL GENERADOR STG – UNIDAD 2.

En la Figura 9 y la Tabla 6 se muestra la curva y los datos de saturación del generador de la unidad 2.

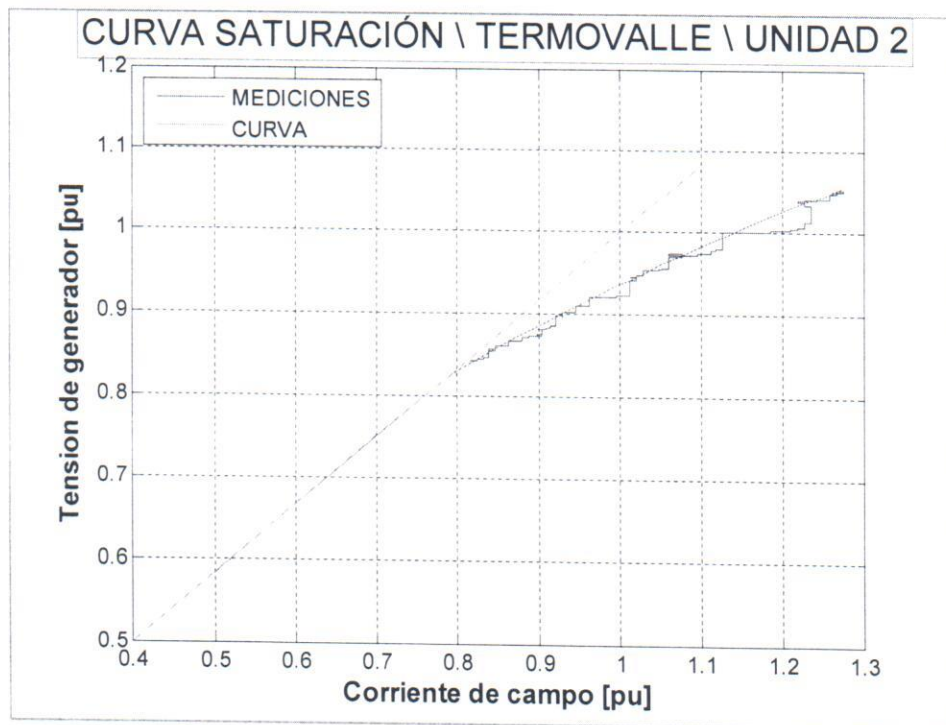


Figura 9. Curva de característica de saturación.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 6.
Curva de saturación

CURVA DE SATURACIÓN	
IF [pu]	Vt [pu]
0.5	0.58333333
0.6	0.66666667
0.7	0.75
0.79277455	0.82731212
0.81277455	0.83847403
0.83277455	0.84949017
0.85277455	0.86036054
0.87277455	0.87108515

CURVA DE SATURACIÓN	
IF [pu]	Vt [pu]
0.89277455	0.88166399
0.91277455	0.89209707
0.93277455	0.90238437
0.95277455	0.91252592
0.97277455	0.92252169
0.99277455	0.9323717
1.01277455	0.94207595
1.03277455	0.95163443
1.05277455	0.96104714
1.07277455	0.97031408
1.09277455	0.97943526

CURVA DE SATURACIÓN	
IF [pu]	Vt [pu]
1.11277455	0.98841068
1.13277455	0.99724032
1.15277455	1.00592421
1.17277455	1.01446232
1.19277455	1.02285467
1.21277455	1.03110125
1.23277455	1.03920207
1.25277455	1.04715712
1.27277455	1.0549664

2.7. TURBINA Y GOBERNADOR

El sistema de control de velocidad potencia para la unidad 2, está basado en el control de paso de vapor, de tipo ciclo combinado Rankine, el regulador está implementado en un sistema de control distribuido referencia OVATION fabricados por EMERSON, el cual tiene dos modos de control:

- Regulación de velocidad / potencia.
- Regulación por apertura.

Donde es de aclarar que el modo de operación y objeto del presente modelamiento es el control de velocidad / potencia.

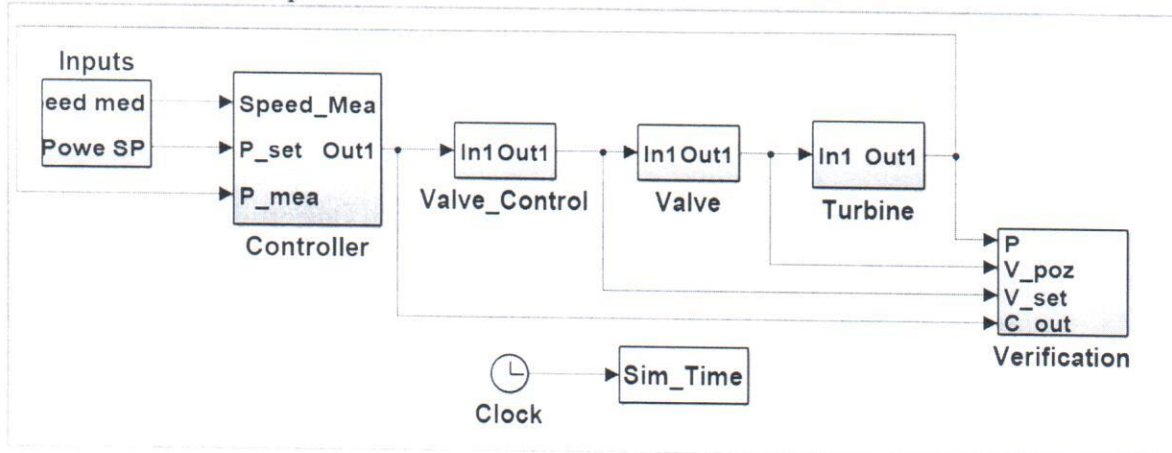


Figura 10. Diagrama General del modelo

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

2.7.1. MODELOS DINÁMICOS DE CONTROL

2.7.1.1. Modelo del Regulador de Velocidad – Potencia

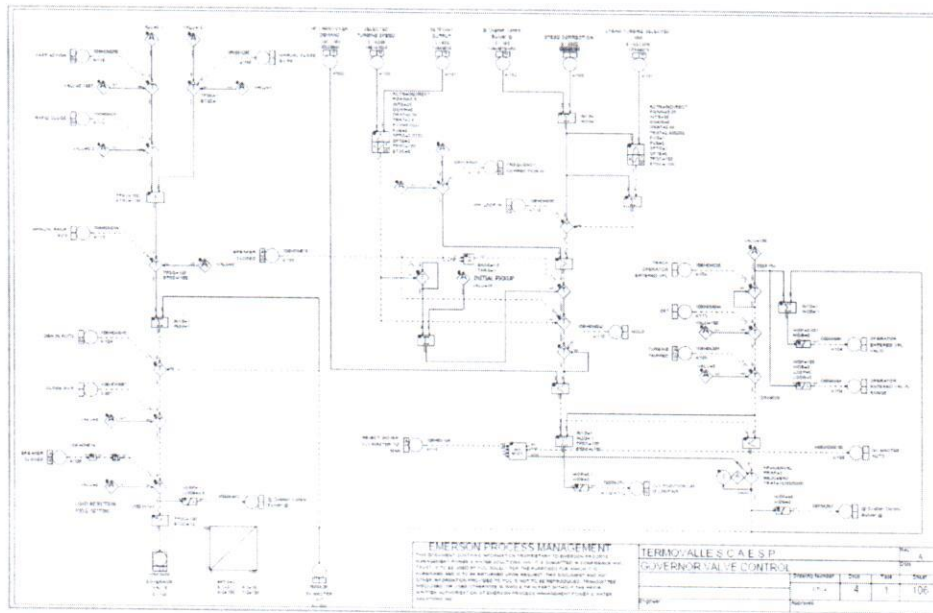


Figura 11. Muestra de la documentación de planta que describe las funciones del controlador

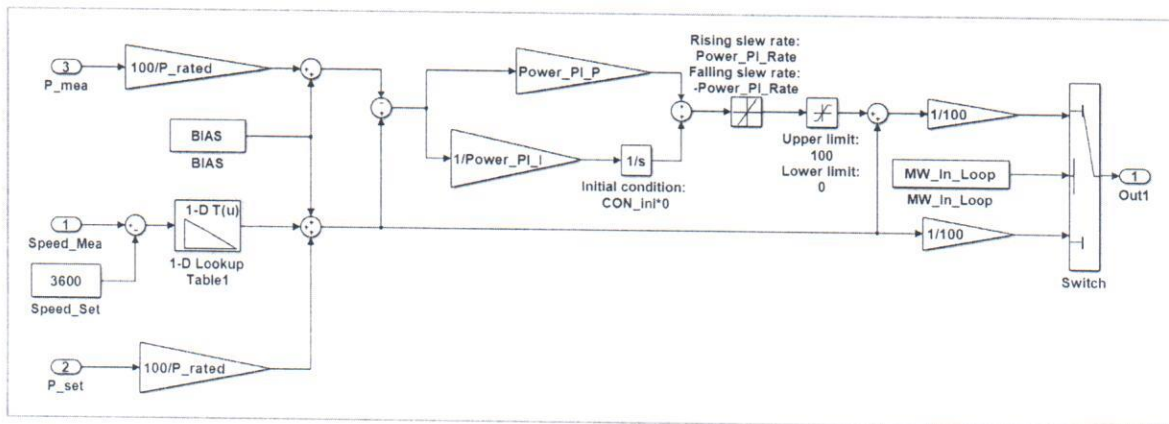


Figura 12. Modelo Regulador de velocidad - potencia

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 7. Parámetros
del Regulador de Velocidad

PARÁMETROS DEL REGULADOR DE VELOCIDAD	
Parámetro	VALOR
P _{rated}	91.16
Power_PI_P	0.25
Power_PI_I	30
Power_PI_Rate	25
ST_Droop_Curve_X (puntos)	4
ST_Droop_Curve_Y (puntos)	4

La configuración de la función de regulación primaria de frecuencia (Estatismo y Banda Muerta) se ve representada en la Figura 13 y la Tabla 8.

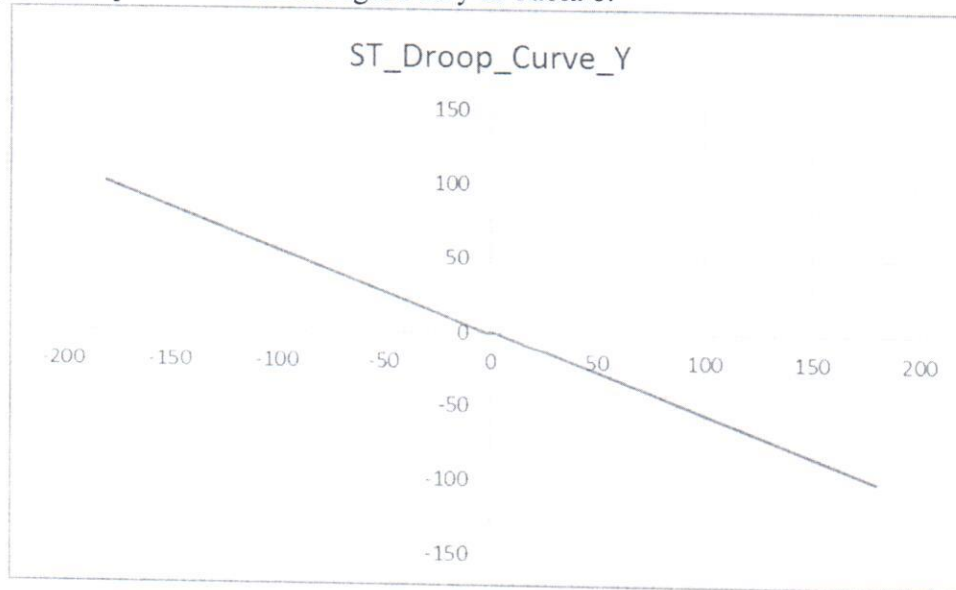


Figura 13. Estatismo y banda muerta

Tabla 8. Estatismo y banda muerta

Estatismo y banda muerta	
ST_Droop_Curve_X	ST_Droop_Curve_Y
-180	100
-1.8	0
1.8	0
180	-100

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

2.7.1.2. Control de las válvulas de regulación

Para la unidad a vapor el estudio de modelamiento se ejecutó relacionando la salida de control con la posición de la válvula. La relación resultante se presenta en la Figura 14, Figura 15, Figura 16, Figura 17, Tabla 9, Tabla 10 y Tabla 11.

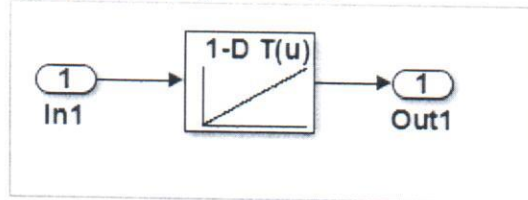


Figura 14. Modelo control válvula

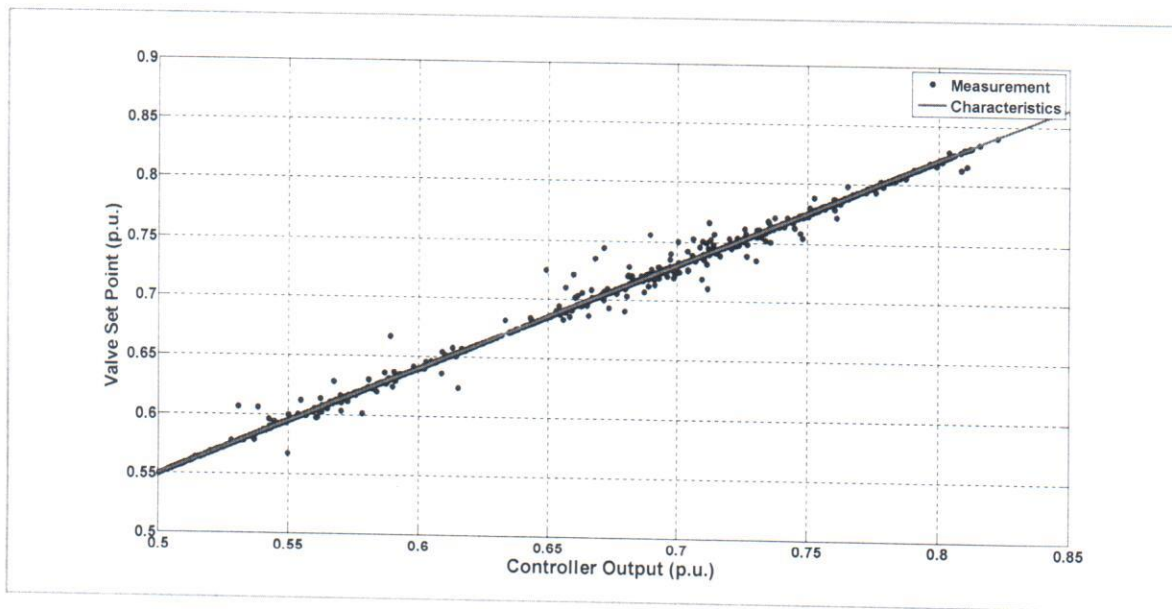


Figura 15. Características de salida de control con setpoint de válvula.

Tabla 9. Características de salida de control con setpoint de válvula

Características de salida de control con setpoint de válvula	
TAB_C_Out	TAB_V_Set
-0.111100189	0
-0.099990491	0.01
-0.088880792	0.02
-0.077771093	0.03
-0.066661395	0.04

Características de salida de control con setpoint de válvula	
TAB_C_Out	TAB_V_Set
-0.055551696	0.05
-0.044441998	0.06
-0.033332299	0.07
-0.0222226	0.08
-0.011112902	0.09
-3.20313E-06	0.1
0.011106495	0.11
0.022216194	0.12

Características de salida de control con setpoint de válvula	
TAB_C_Out	TAB_V_Set
0.033325893	0.13
0.044435591	0.14
0.05554529	0.15
0.066654989	0.16
0.077764687	0.17
0.088874386	0.18
0.099984084	0.19
0.111093783	0.2

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN

CNO

Características de salida de control con setpoint de válvula	
TAB_C_Out	TAB_V_Set
0.122203482	0.21
0.13331318	0.22
0.144422879	0.23
0.155532578	0.24
0.166642276	0.25
0.177751975	0.26
0.188861673	0.27
0.199971372	0.28
0.211081071	0.29
0.222190769	0.3
0.233300468	0.31
0.244410167	0.32
0.255519865	0.33
0.266629564	0.34
0.277739262	0.35
0.288848961	0.36
0.29995866	0.37
0.311068358	0.38
0.322178057	0.39
0.333287756	0.4
0.344397454	0.41
0.355507153	0.42
0.366616851	0.43
0.37772655	0.44
0.388836249	0.45
0.399945947	0.46
0.411055646	0.47
0.422165345	0.48
0.433275043	0.49
0.444384742	0.5
0.45549444	0.51
0.466604139	0.52
0.477713838	0.53
0.488823536	0.54
0.499933235	0.55
0.511042934	0.56

Características de salida de control con setpoint de válvula	
TAB_C_Out	TAB_V_Set
0.522152632	0.57
0.533262331	0.58
0.544372029	0.59
0.555481728	0.6
0.566591427	0.61
0.577701125	0.62
0.588810824	0.63
0.599920522	0.64
0.611030221	0.65
0.62213992	0.66
0.633249618	0.67
0.644359317	0.68
0.655469016	0.69
0.666578714	0.7
0.677688413	0.71
0.688798111	0.72
0.69990781	0.73
0.711017509	0.74
0.722127207	0.75
0.733236906	0.76
0.744346605	0.77
0.755456303	0.78
0.766566002	0.79
0.7776757	0.8
0.788785399	0.81
0.799895098	0.82
0.811004796	0.83
0.822114495	0.84
0.833224194	0.85
0.844333892	0.86
0.855443591	0.87
0.866553289	0.88
0.877662988	0.89
0.888772687	0.9
0.899882385	0.91
0.910992084	0.92

Características de salida de control con setpoint de válvula	
TAB_C_Out	TAB_V_Set
0.922101783	0.93
0.933211481	0.94
0.94432118	0.95
0.955430878	0.96
0.966540577	0.97
0.977650276	0.98
0.988759974	0.99
0.999869673	1
1.010979372	1.01
1.02208907	1.02
1.033198769	1.03
1.044308467	1.04
1.055418166	1.05
1.066527865	1.06
1.077637563	1.07
1.088747262	1.08
1.09985696	1.09
1.110966659	1.1
1.122076358	1.11
1.133186056	1.12
1.144295755	1.13
1.155405454	1.14
1.166515152	1.15
1.177624851	1.16
1.188734549	1.17
1.199844248	1.18
1.210953947	1.19
1.222063645	1.2
1.233173344	1.21
1.244283043	1.22
1.255392741	1.23
1.26650244	1.24
1.277612138	1.25
1.288721837	1.26
1.299831536	1.27
1.310941234	1.28

ny

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Características de salida de control con setpoint de válvula	
TAB_C_Out	TAB_V_Set
1.322050933	1.29
1.333160632	1.3
1.34427033	1.31
1.355380029	1.32
1.366489727	1.33
1.377599426	1.34
1.388709125	1.35
1.399818823	1.36

Características de salida de control con setpoint de válvula	
TAB_C_Out	TAB_V_Set
1.410928522	1.37
1.422038221	1.38
1.433147919	1.39
1.444257618	1.4
1.455367316	1.41
1.466477015	1.42
1.477586714	1.43
1.488696412	1.44

Características de salida de control con setpoint de válvula	
TAB_C_Out	TAB_V_Set
1.499806111	1.45
1.51091581	1.46
1.522025508	1.47
1.533135207	1.48
1.544244905	1.49
1.555354604	1.5

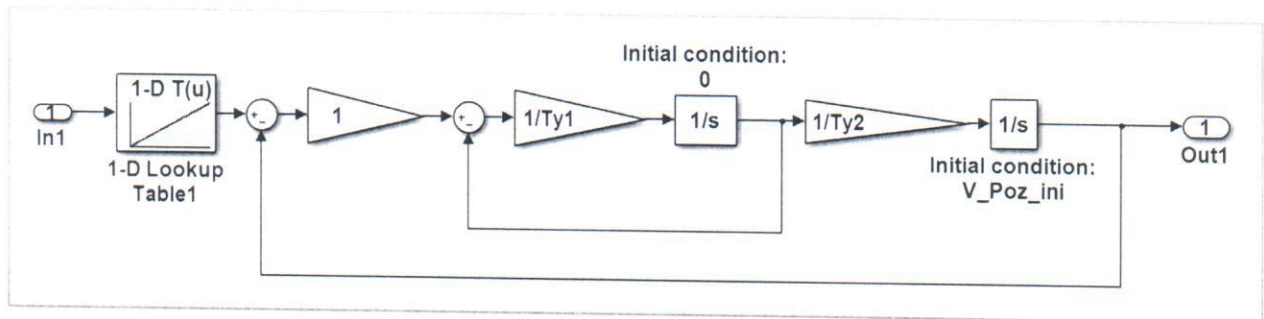


Figura 16. Modelo Válvula.

Tabla 10. Parámetros válvula

Parámetros válvula	
Parámetro	VALOR
Ty1	0.1
Ty2	0.05
TAB_V_Set (puntos)	151
TAB_V_Poz (puntos)	151

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

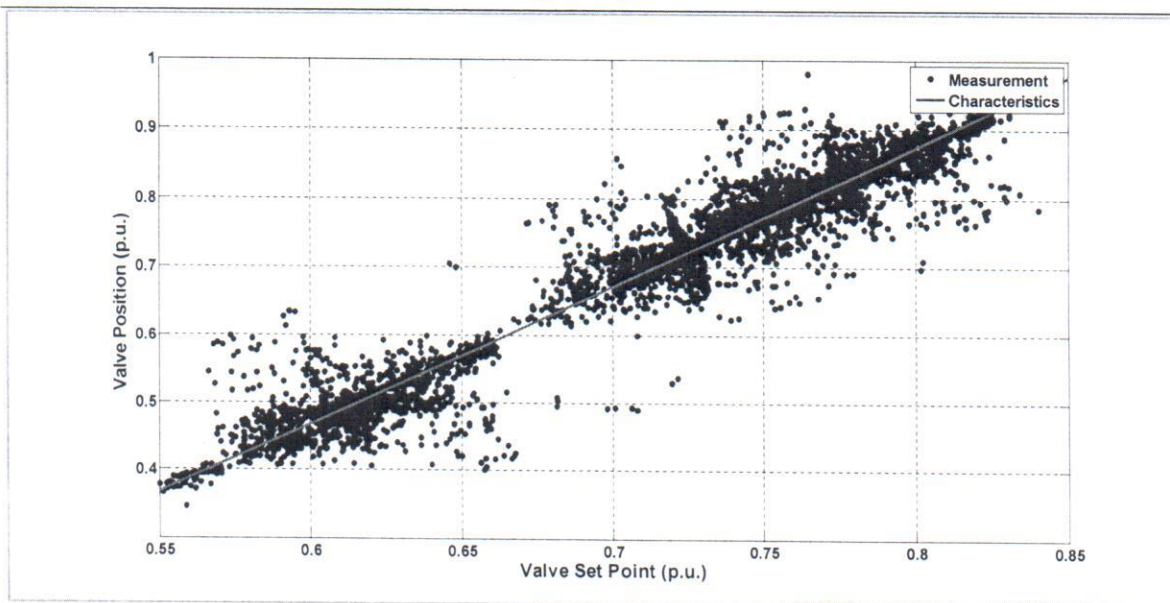


Figura 17. Características de setpoint de válvula con posición de válvula.

Tabla 11.
Características de
setpoint de válvula con
posición de válvula

Características de setpoint de válvula con posición de válvula	
TAB_V_Set	TAB_V_Poz
0	-0.747834603
0.01	-0.727565701
0.02	-0.707296798
0.03	-0.687027895
0.04	-0.666758992
0.05	-0.64649009
0.06	-0.626221187
0.07	-0.605952284
0.08	-0.585683381
0.09	-0.565414478
0.1	-0.545145576
0.11	-0.524876673
0.12	-0.50460777
0.13	-0.484338867
0.14	-0.464069965
0.15	-0.443801062

Características de setpoint de válvula con posición de válvula	
TAB_V_Set	TAB_V_Poz
0.16	-0.423532159
0.17	-0.403263256
0.18	-0.382994353
0.19	-0.362725451
0.2	-0.342456548
0.21	-0.322187645
0.22	-0.301918742
0.23	-0.28164984
0.24	-0.261380937
0.25	-0.241112034
0.26	-0.220843131
0.27	-0.200574228
0.28	-0.180305326
0.29	-0.160036423
0.3	-0.13976752
0.31	-0.119498617
0.32	-0.099229715
0.33	-0.078960812
0.34	-0.058691909
0.35	-0.038423006

Características de setpoint de válvula con posición de válvula	
TAB_V_Set	TAB_V_Poz
0.36	-0.018154103
0.37	0.002114799
0.38	0.022383702
0.39	0.042652605
0.4	0.062921508
0.41	0.08319041
0.42	0.103459313
0.43	0.123728216
0.44	0.143997119
0.45	0.164266021
0.46	0.184534924
0.47	0.204803827
0.48	0.22507273
0.49	0.245341633
0.5	0.265610535
0.51	0.285879438
0.52	0.306148341
0.53	0.326417244
0.54	0.346686146
0.55	0.366955049

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Características de setpoint de válvula con posición de válvula	
TAB_V_Set	TAB_V_Poz
0.56	0.387223952
0.57	0.407492855
0.58	0.427761758
0.59	0.44803066
0.6	0.468299563
0.61	0.488568466
0.62	0.508837369
0.63	0.529106271
0.64	0.549375174
0.65	0.569644077
0.66	0.58991298
0.67	0.610181883
0.68	0.630450785
0.69	0.650719688
0.7	0.670988591
0.71	0.691257494
0.72	0.711526396
0.73	0.731795299
0.74	0.752064202
0.75	0.772333105
0.76	0.792602008
0.77	0.81287091
0.78	0.833139813
0.79	0.853408716
0.8	0.873677619
0.81	0.893946521
0.82	0.914215424
0.83	0.934484327
0.84	0.95475323
0.85	0.975022133
0.86	0.995291035
0.87	1.015559938

Características de setpoint de válvula con posición de válvula	
TAB_V_Set	TAB_V_Poz
0.88	1.035828841
0.89	1.056097744
0.9	1.076366646
0.91	1.096635549
0.92	1.116904452
0.93	1.137173355
0.94	1.157442258
0.95	1.177711116
0.96	1.197980063
0.97	1.218248966
0.98	1.238517869
0.99	1.258786771
1	1.279055674
1.01	1.299324577
1.02	1.31959348
1.03	1.339862383
1.04	1.360131285
1.05	1.380400188
1.06	1.400669091
1.07	1.420937994
1.08	1.441206896
1.09	1.461475799
1.1	1.481744702
1.11	1.502013605
1.12	1.522282508
1.13	1.54255141
1.14	1.562820313
1.15	1.583089216
1.16	1.603358119
1.17	1.623627021
1.18	1.643895924
1.19	1.664164827

Características de setpoint de válvula con posición de válvula	
TAB_V_Set	TAB_V_Poz
1.2	1.68443373
1.21	1.704702633
1.22	1.724971535
1.23	1.745240438
1.24	1.765509341
1.25	1.785778244
1.26	1.806047146
1.27	1.826316049
1.28	1.846584952
1.29	1.866853855
1.3	1.887122757
1.31	1.90739166
1.32	1.927660563
1.33	1.947929466
1.34	1.968198369
1.35	1.988467271
1.36	2.008736174
1.37	2.029005077
1.38	2.04927398
1.39	2.069542882
1.4	2.089811785
1.41	2.110080688
1.42	2.130349591
1.43	2.150618494
1.44	2.170887396
1.45	2.191156299
1.46	2.211425202
1.47	2.231694105
1.48	2.251963007
1.49	2.27223191
1.5	2.292500813

2.7.1.3. Modelo de turbina

El modelo de la turbina se presenta en la **Figura 18** y la Tabla 12:

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

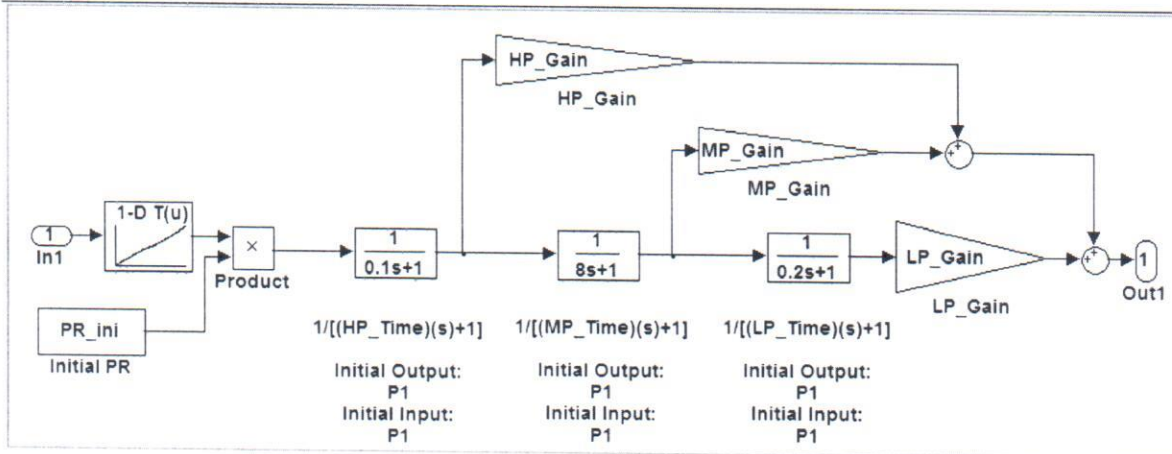


Figura 18. Modelo Turbina (MATLAB).

Tabla 12. Parámetros Turbina

Parámetros Turbina	
Parámetro	VALOR
HP_Time	0.1
MP_Time	8
LP_Time	0.2
HP_Gain	0.75
MP_Gain	0.25
LP_Gain	0
TAB_POW (puntos)	151
TAB_V_FOR_POW (puntos)	151

La relación de potencia respecto al flujo de vapor inyectado se muestra en la Figura 19 y Tabla 13.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

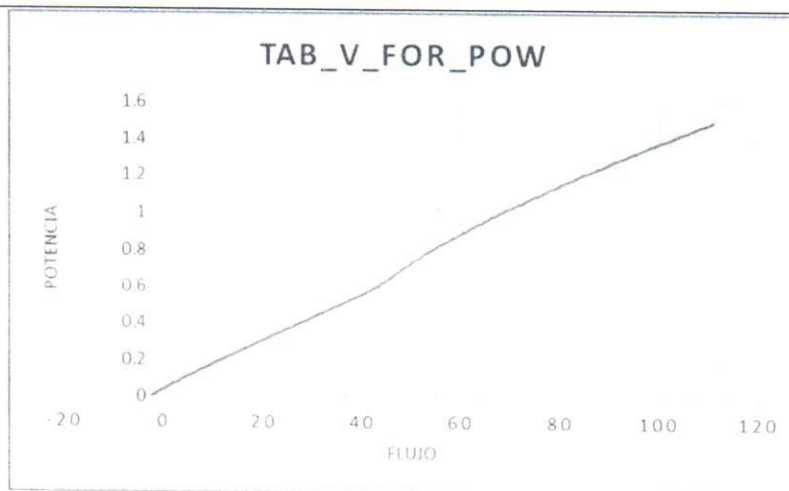


Figura 19. FLUJO VS. POTENCIA

Tabla 13. Flujo Vs. Potencia

Flujo Vs. Potencia	
TAB_POW	TAB_V_FOR_POW
-2.72873391	0
-2.0999758	0.01
-1.4610873	0.02
-0.81237884	0.03
-0.15416087	0.04
0.51325617	0.05
1.18956184	0.06
1.87444569	0.07
2.56759728	0.08
3.26870617	0.09
3.97746192	0.1
4.69355409	0.11
5.41667222	0.12
6.14650588	0.13
6.88274463	0.14
7.62507803	0.15
8.37319562	0.16
9.12678697	0.17
9.88554164	0.18
10.6491492	0.19
11.4172991	0.2
12.1896811	0.21

Flujo Vs. Potencia	
TAB_POW	TAB_V_FOR_POW
12.9659846	0.22
13.7458992	0.23
14.5291145	0.24
15.31532	0.25
16.1042052	0.26
16.8954598	0.27
17.6887733	0.28
18.4838352	0.29
19.2803351	0.3
20.0779626	0.31
20.8764072	0.32
21.6753585	0.33
22.474506	0.34
23.2735393	0.35
24.072148	0.36
24.8700215	0.37
25.6668495	0.38
26.4623216	0.39
27.2561272	0.4
28.0479559	0.41
28.8374974	0.42
29.6244411	0.43
30.4084766	0.44
31.1892935	0.45

Flujo Vs. Potencia	
TAB_POW	TAB_V_FOR_POW
31.9665812	0.46
32.7438461	0.47
33.5319488	0.48
34.3283402	0.49
35.1293946	0.5
35.9314861	0.51
36.7309889	0.52
37.5242772	0.53
38.3077251	0.54
39.0777069	0.55
39.8305966	0.56
40.5627686	0.57
41.270597	0.58
41.9504559	0.59
42.5987668	0.6
43.2164399	0.61
43.8078806	0.62
44.376589	0.63
44.9260652	0.64
45.4598091	0.65
45.9813211	0.66
46.494101	0.67
47.0016489	0.68
47.5074651	0.69

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Flujo Vs. Potencia		Flujo Vs. Potencia		Flujo Vs. Potencia	
TAB_POW	TAB_V_FOR_POW	TAB_POW	TAB_V_FOR_POW	TAB_POW	TAB_V_FOR_POW
48.0150494	0.7	74.0546415	1.08	107.233823	1.46
48.5279021	0.71	74.8639698	1.09	108.147849	1.47
49.0495232	0.72	75.678028	1.1	109.06255	1.48
49.5834127	0.73	76.4967096	1.11	109.977817	1.49
50.1330708	0.74	77.3199078	1.12	110.893545	1.5
50.7019976	0.75	78.1475158	1.13		
51.2923942	0.76	78.9794268	1.14		
51.8939973	0.77	79.8155342	1.15		
52.5037464	0.78	80.6557312	1.16		
53.1215348	0.79	81.499911	1.17		
53.7472556	0.8	82.3479668	1.18		
54.3808023	0.81	83.1997921	1.19		
55.0220679	0.82	84.0552798	1.2		
55.6709458	0.83	84.9143235	1.21		
56.3273293	0.84	85.7768162	1.22		
56.9911115	0.85	86.6426512	1.23		
57.6621857	0.86	87.5117219	1.24		
58.3404452	0.87	88.3839214	1.25		
59.0257832	0.88	89.2591429	1.26		
59.718093	0.89	90.1372799	1.27		
60.4172678	0.9	91.0182254	1.28		
61.1232009	0.91	91.9018728	1.29		
61.8357856	0.92	92.7881153	1.3		
62.554915	0.93	93.6768461	1.31		
63.2804824	0.94	94.5679586	1.32		
64.0123812	0.95	95.4613459	1.33		
64.7505044	0.96	96.3569013	1.34		
65.4947455	0.97	97.2545181	1.35		
66.2449976	0.98	98.1540895	1.36		
67.001154	0.99	99.0555087	1.37		
67.763108	1	99.9586691	1.38		
68.5307527	1.01		1.39		
69.3039816	1.02	101.769786	1.4		
70.0826877	1.03	102.67753	1.41		
70.8667643	1.04	103.586587	1.42		
71.6561048	1.05	104.496852	1.43		
72.4506023	1.06	105.408217	1.44		
73.2501501	1.07	106.320576	1.45		

24