

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN

CNO

Acuerdo No. 886 **7 de julio de 2016**

Por el cual se aprueba la incorporación de un cambio de los parámetros técnicos y los sistemas de control asociados a la unidad 3 de San Francisco y de las unidades 1, 2, y 3 de Guadalupe IV

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. 494 del 7 de julio 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, EPM E.S.P. solicitó al CND mediante comunicaciones con número de radicado en XM 201644006812-3, 201644006813-3 y 201644006814-3 del 12 de abril de 2016 y 201644007532-3 del 20 de abril de 2016 el cambio de los parámetros técnicos y los sistemas de control asociados a los generadores de la unidad 3 de San Francisco y de las unidades 1, 2, y 3 de Guadalupe IV.

3. Que XM S.A. E.S.P. mediante comunicación 007772-1 del 29 de abril de 2016 dio concepto favorable a la solicitud de modificación de los parámetros técnicos y los sistemas de control asociados a los generadores de la unidad 3 de San Francisco y de las unidades 1, 2, y 3 de Guadalupe IV.

4. Que el Subcomité de Controles en la reunión 72 del 21 de abril 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 la unidad 3 de San Francisco y de las unidades 1, 2, y 3 de Guadalupe IV.

5. Que el Comité de Operación en la reunión 274 del 30 de junio 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 la unidad 3 de San Francisco y de las unidades 1, 2, y 3 de Guadalupe IV como se muestra en los Anexos del presente Acuerdo que hacen parte integral del mismo.

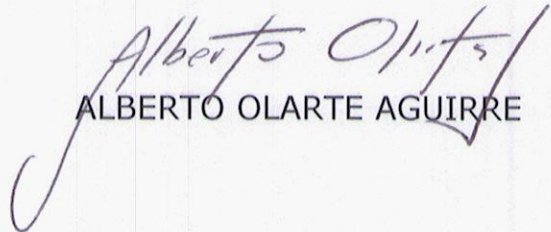
SEGUNDO. El presente Acuerdo rige para el despacho que se realizará el 11 de julio de 2016 para la operación del 12 de julio de 2016.

Presidente,

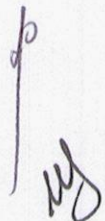
Secretario Técnico,



DIANA M. JIMÉNEZ RODRÍGUEZ



ALBERTO OLARTE AGUIRRE



CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

ANEXO 1: Parámetros unidad 1 de Guadalupe IV

Tabla 1. Parámetros de generador

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit1
Rated power	Sn	[W]	77400000
Rated power	Sn1	[MW]	77.40
Rated output voltage	Un	[V]	13800
Frequency	fn	[Hz]	60
Armature resistance	Ra	[ohm]	0.126
d-axis reactance	Xd	[p.u.]	1.001
d-axis transient reactance	Xpd	[p.u.]	0.311
d-axis subtransient reactance	Xppd	[p.u.]	0.202
q-axis reactance	Xq	[p.u.]	0.331
q-axis subtransient reactance	Xppq	[p.u.]	0.111
Leakage reactance	Xl	[p.u.]	0.051
d axis open circuit transient time constant	Tpdo	[s]	8.355
d axis open circuit subtransient time constant	Tppdo	[s]	0.044
q axis open circuit subtransient time constant	Tppqo	[s]	0.042
Field current base	Ifbase	[A]	465
Field voltage base	Vfbase	[V]	54
Inertia constant	H	[MWs/MVA]	4.921

Tabla 2. Parámetros de transformador elevador

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit1
Nominal power	Sntr	[VA]	135000000
Nominal coil	Untr2	[V]	230000
Nominal coil	Untr1	[V]	13800
Trafo Inductance	Uk	[p.u]	0.135

Tabla 3. Parámetros de la red

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit1
Reactancia	Xe	[p.u.]	0.010
Resistance	Re	[p.u.]	0.001
Short circuit power	SCMVA	[VA]	2000000000

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

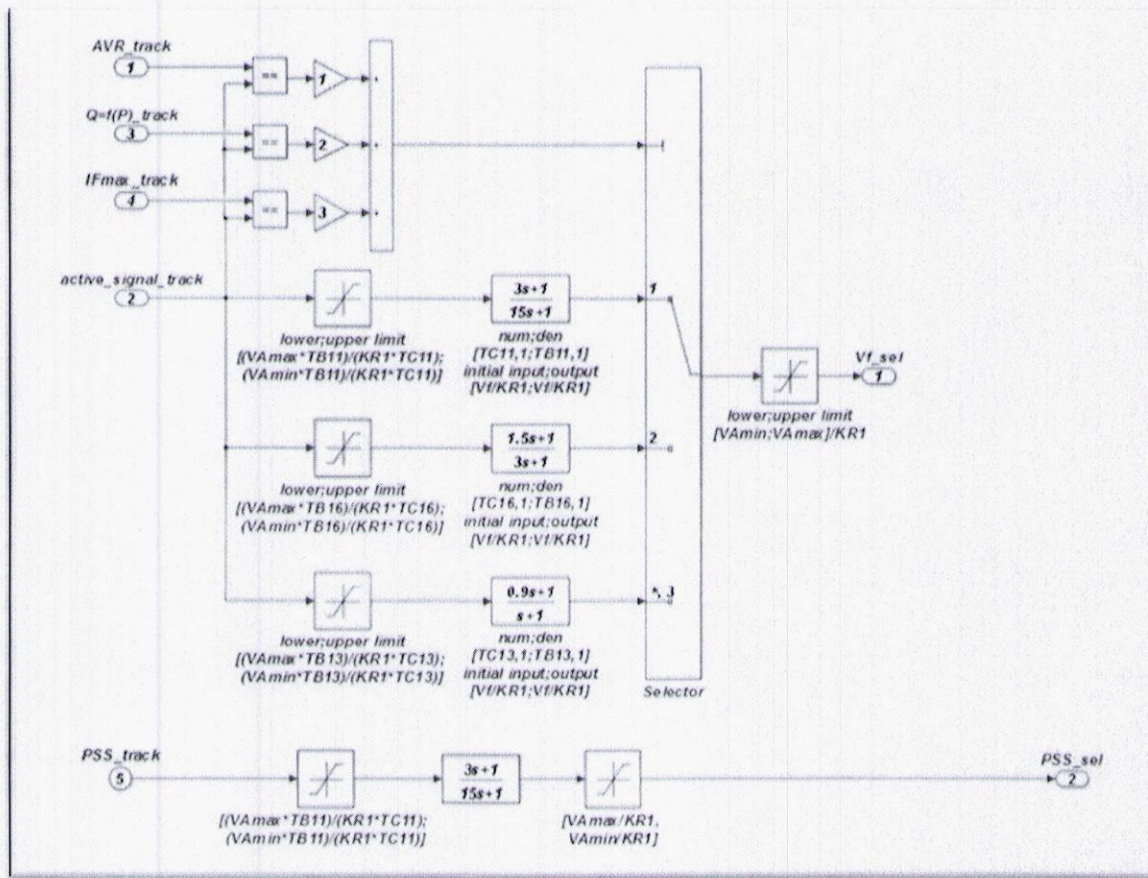


Figura 3. Modelo SIMULINK, bloque “LEAD_LAG_SELECTOR”

Tabla 4. Parámetros AVR

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit1
Measuring filter time constant	TR	[s]	0.1
Reactive power compensation factor	KIR	[p.u/p.u.]	0.0
AVR controller first lead time constant	TC11	[s]	3.0
AVR controller first lag time constant	TB11	[s]	15.0
Steady state gain	KR1	[s]	450
AVR output negative ceiling value	Vamin	[s]	-5.1880
AVR output positive ceiling value	Vamax	[p.u.]	5.8995
Ifmax controller first lag time constant	TB13	[s]	1.0
Ifmax controller first lead time constant	TC13	[s]	0.9
PQ controller first lag time constant	TB16	[s]	3.0
PQ controller first lead time constant	TC16	[s]	1.5

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

SISTEMA ESTABILIZADOR DE POTENCIA (PSS):

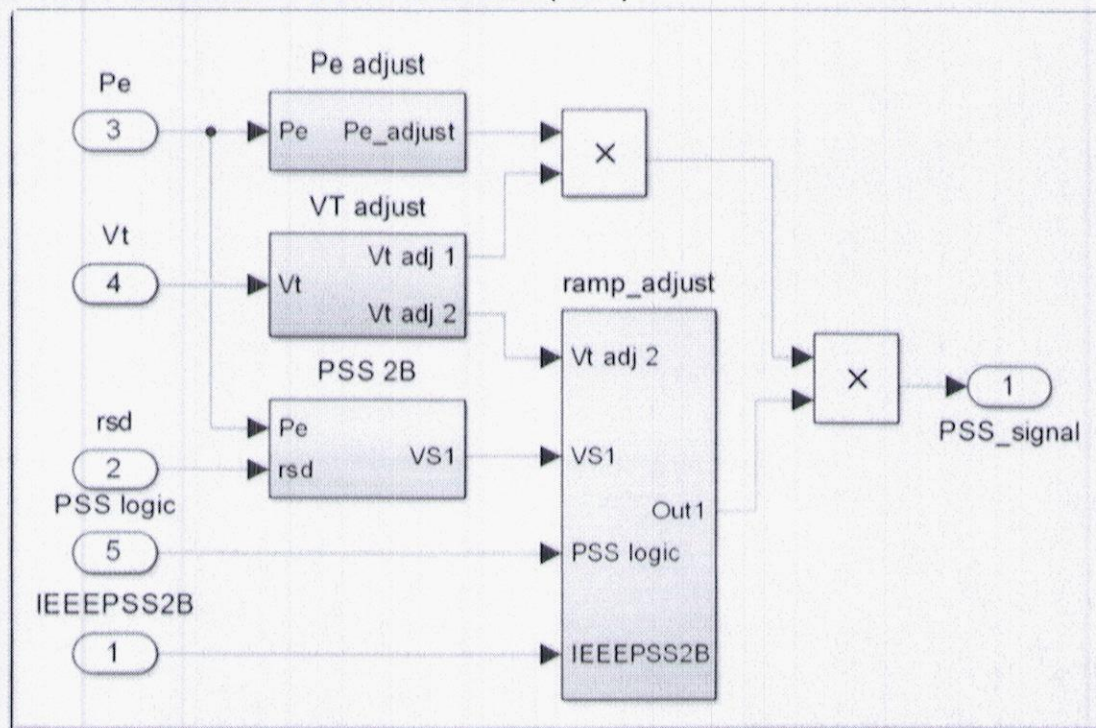


Figura 4. Modelo SIMULINK, bloque "PSS".

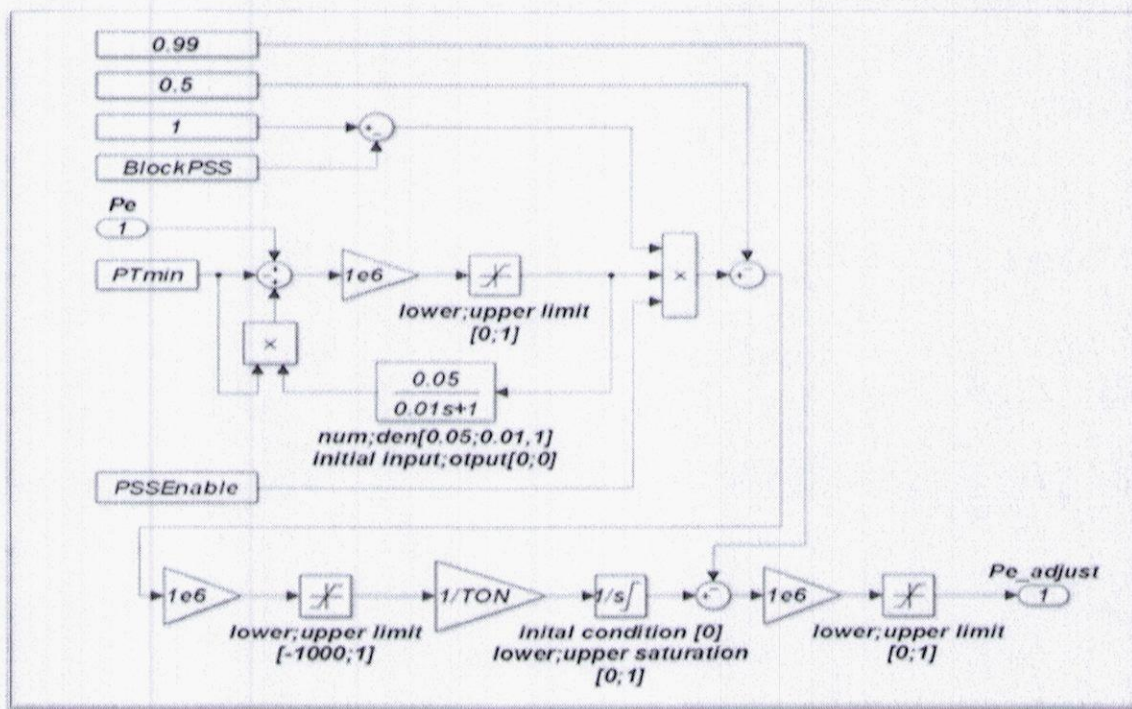


Figura 5. Modelo SIMULINK, bloque "PE ADJUST".

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

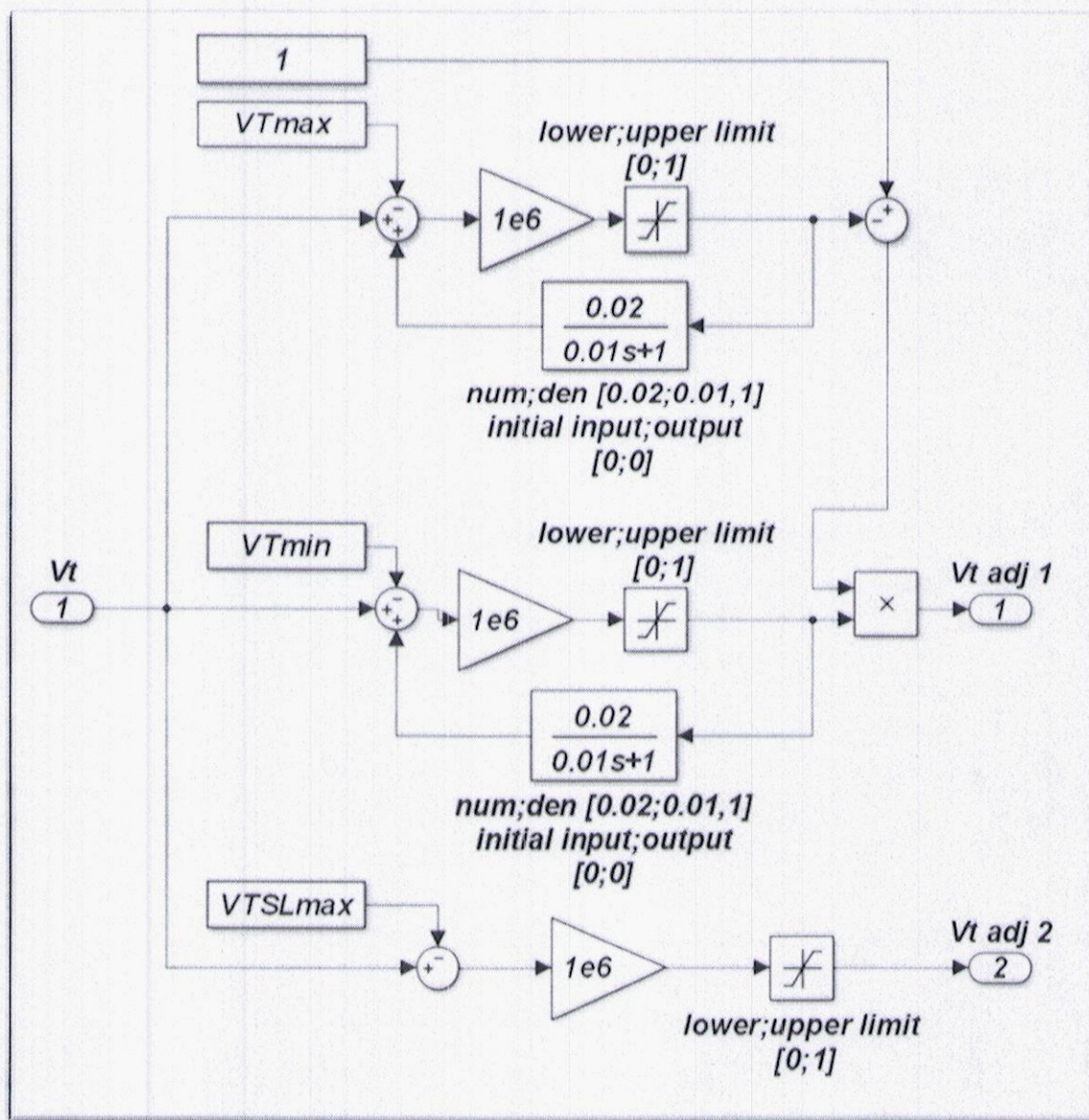


Figura 6. Modelo SIMULINK, bloque "VT ADJUST".

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

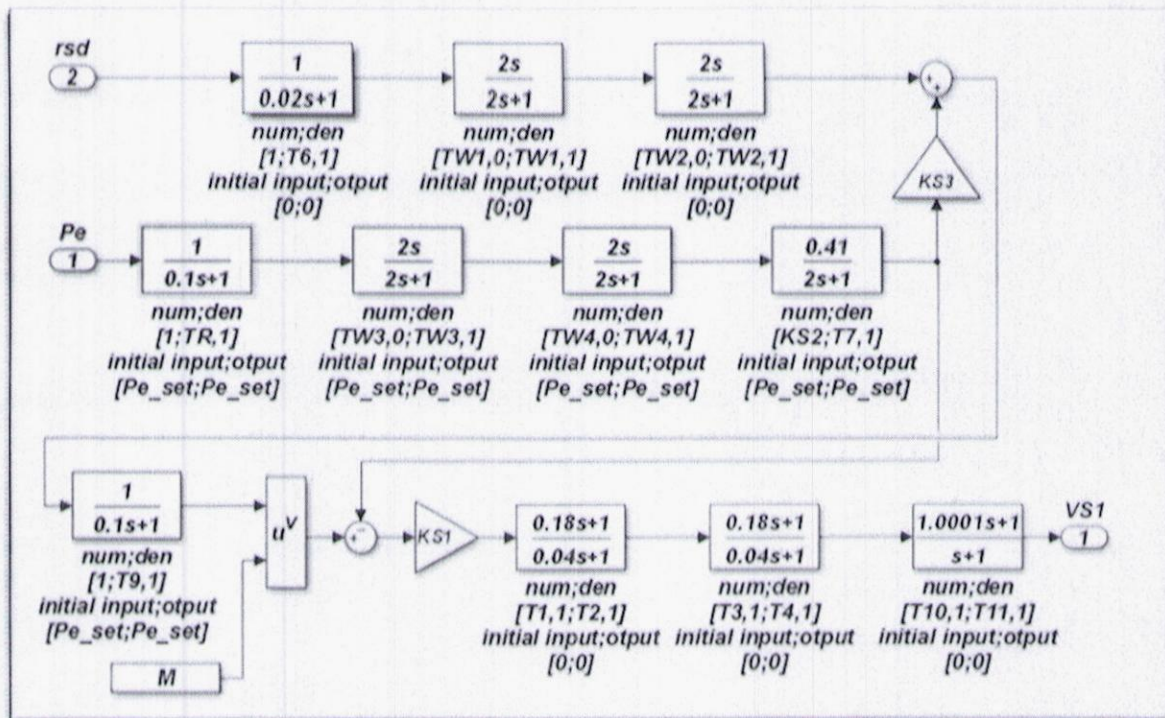


Figura 7. Modelo SIMULINK, bloque “PSS 2B”.

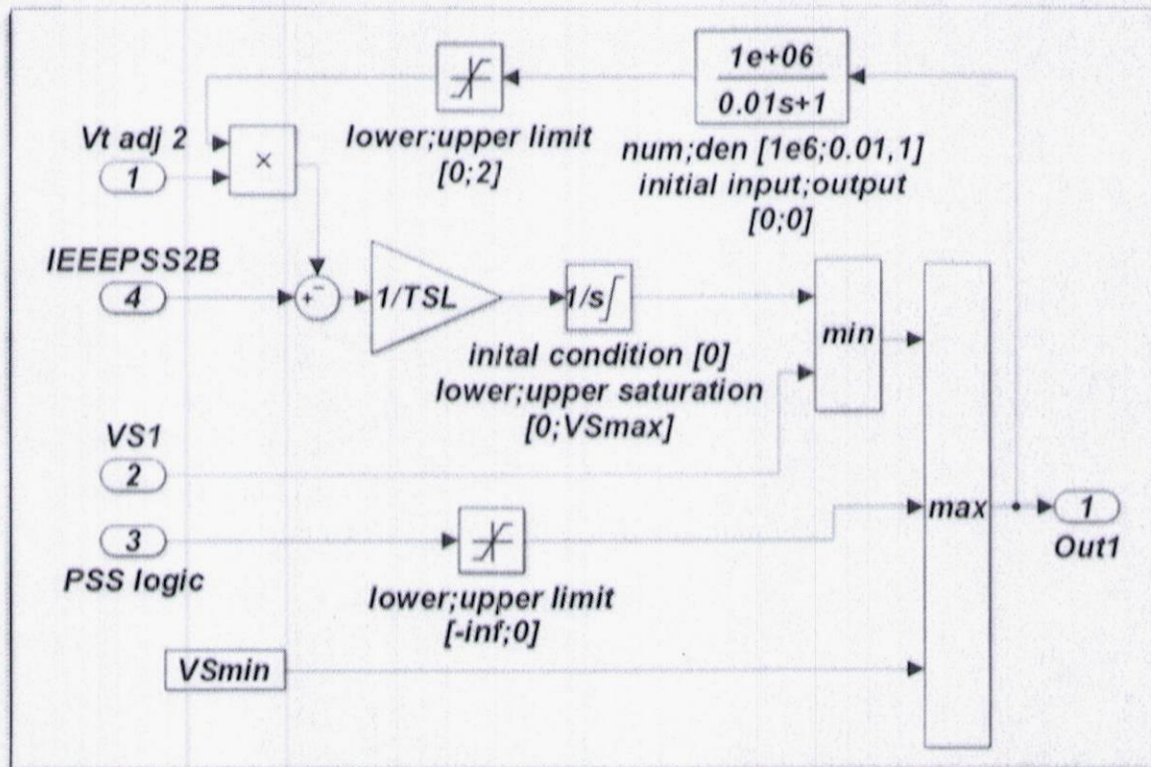


Figura 8. Modelo SIMULINK, bloque “RAMP_ADJUST”.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 5. Parámetros PSS

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	unit1
Wash out time constant	TW1	[s]	2.0000
Wash out time constant	TW2	[s]	2.0000
Wash out time constant	TW3	[s]	2.0000
Wash out time constant	TW4	[s]	2.0000
PSS gain factor	KS1	[p.u.]	5.0000
Compensation factor for calculation of integral of electrical power	KS2	[p.u.]	0.4100
Signal matching factor	KS3	[p.u.]	1.0000
Lead time constant of conditioning network	T1	[s]	0.1800
Lag time constant of conditioning network	T2	[s]	0.0400
Lead time constant of conditioning network	T3	[s]	0.1800
Lag time constant of conditioning network	T4	[s]	0.0400
Rotor angular frequency deviation transducer time constant	T6	[s]	0.0200
Time constant for integral of electrical power calculation	T7	[s]	2.0000
Ramp Tracking filter time constant	T9	[s]	0.1000
Lead time constant of conditioning network	T10	[s]	1.0001
Lag time constant of conditioning network	T11	[s]	1.0000
Ramp Tracking filter degree	M	[]	5.0000
PSS block parameter	BlockPSS	[]	1.0000
Minimum active power level for PSS release	PTmin	[p.u.]	0.3000
PSS release parameter	PSSEnable	[]	1.0000
PSS release time delay	TON	[s]	1.0000
Maximum terminal voltage level for PSS blocking	VTmax	[p.u.]	1.1000
Minimum terminal voltage level for PSS blocking	VTmin	[p.u.]	0.9000
Terminal voltage limit value for reduction of PSS maximum limit of PSS signal	VTSLmax	[p.u.]	1.0700
Integration time of VTSLmax limitation	TSL	[s]	1.0000
Maximum limit of PSS signal	VSmax	[p.u.]	0.1000
Minimum limit of PSS signal	VSmin	[p.u.]	-0.1000

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

LIMITADOR DE SUBEXCITACIÓN (PQ LIMITER):

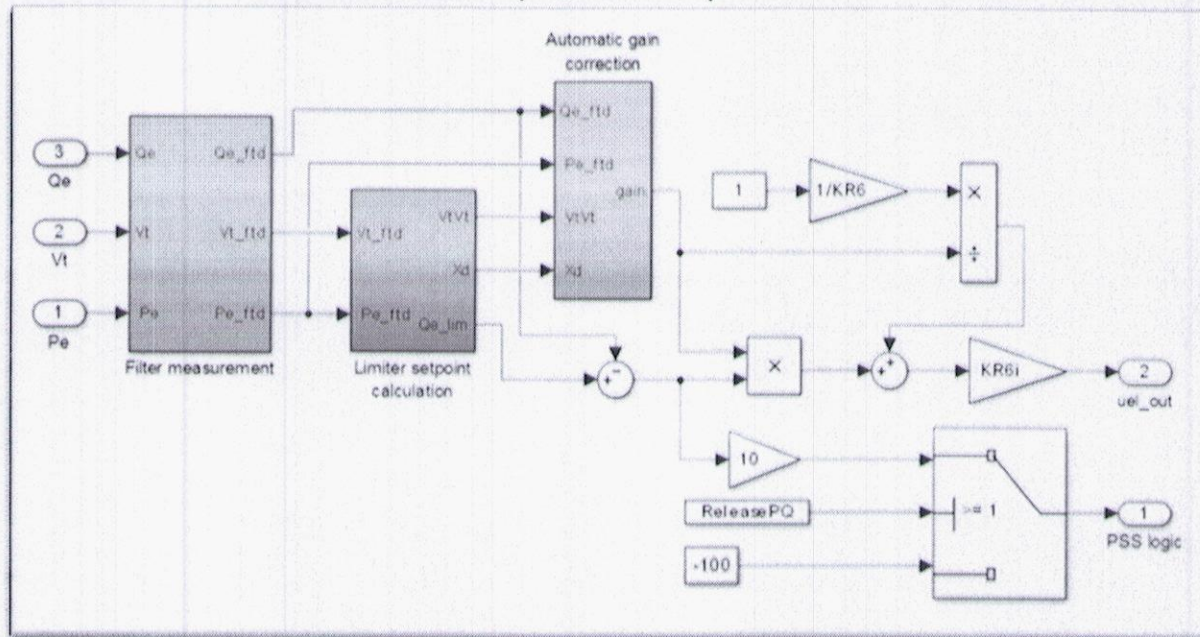


Figura 9. Modelo SIMULINK, bloque "PQ_LIMITER".

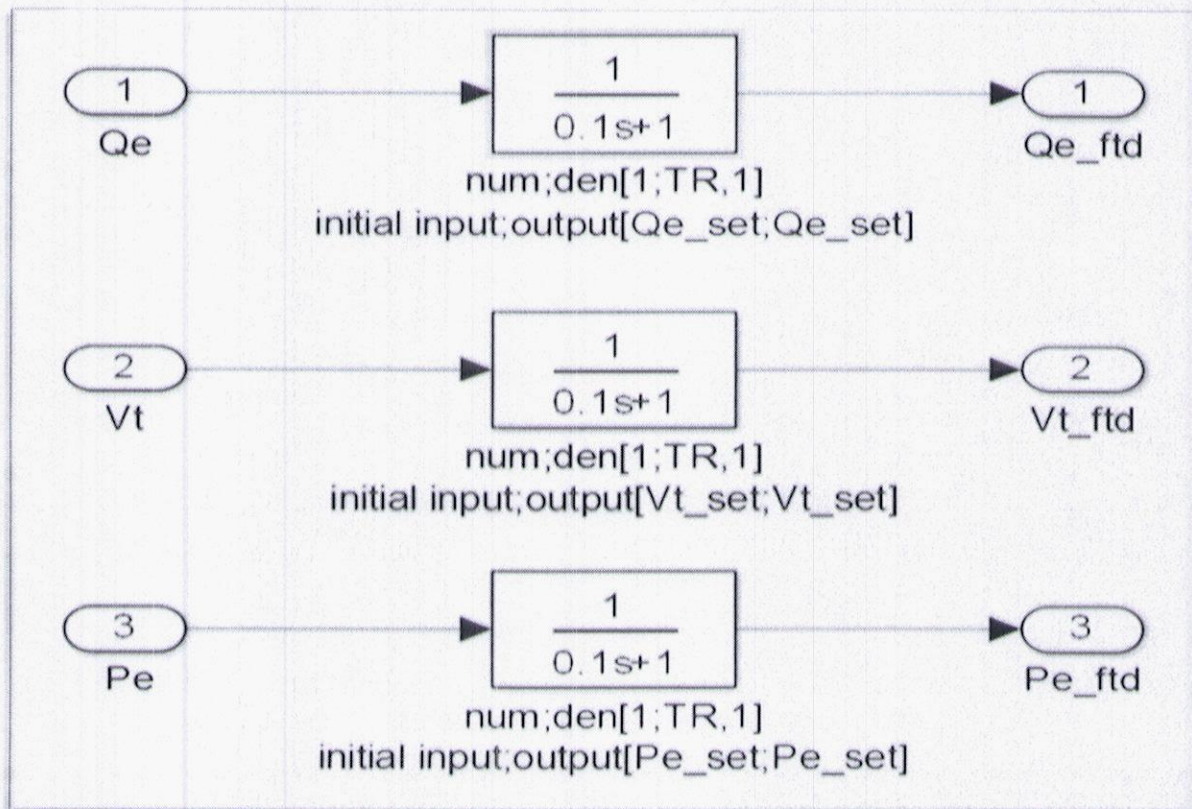


Figura 10. Modelo SIMULINK, bloque "FILTER MEASUREMENT".

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

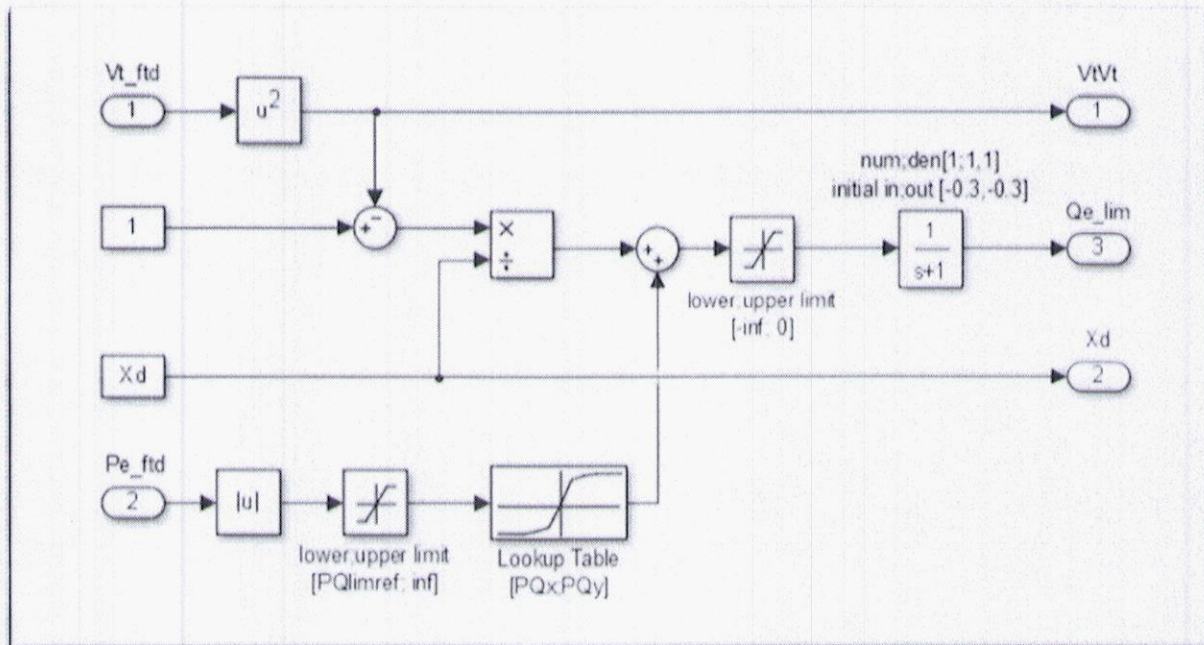


Figura 11. Modelo SIMULINK, bloque “LIMITER SETPOINT CALCULATION”.

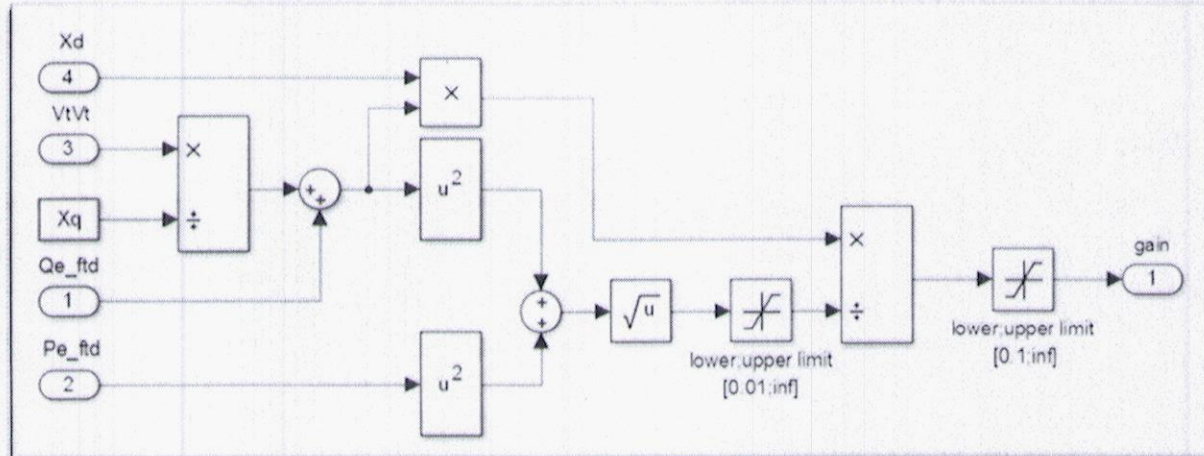


Figura 12. Modelo SIMULINK, bloque “AUTOMATIC GAIN CORRECTION”.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 6. Parámetros PQ limiter.

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit1 Valor decalrado por EPM	Valor propuesto por XM para Base de Datos Digsilent del CND
Lookup table (x1)	PQx(1)	[p.u.]	0.000	
Lookup table (x2)	PQx(2)	[p.u.]	0.200	
Lookup table (x3)	PQx(3)	[p.u.]	0.400	
Lookup table (x4)	PQx(4)	[p.u.]	0.600	
Lookup table (x5)	PQx(5)	[p.u.]	0.800	
Lookup table (x6)	PQx(6)	[p.u.]	1.000	
Lookup table (y1)	PQy(1)	[p.u.]	-0.600	-0.601
Lookup table (y2)	PQy(2)	[p.u.]	-0.550	-0.55528
Lookup table (y3)	PQy(3)	[p.u.]	-0.500	-0.50956
Lookup table (y4)	PQy(4)	[p.u.]	-0.450	-0.4459
Lookup table (y5)	PQy(5)	[p.u.]	-0.400	-0.3357
Lookup table (y6)	PQy(6)	[p.u.]	-0.350	-0.1757
Low limit PQ reference	Pqlimref	[p.u.]	-0.327	
Steady state gain	KR6	[p.u./p.u.]	50.00	
Steady state gain adjustment	KR6i	[p.u./p.u.]	0.05	

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

LIMITADOR DE SOBRE EXCITACIÓN (IFMAX LIMITER):

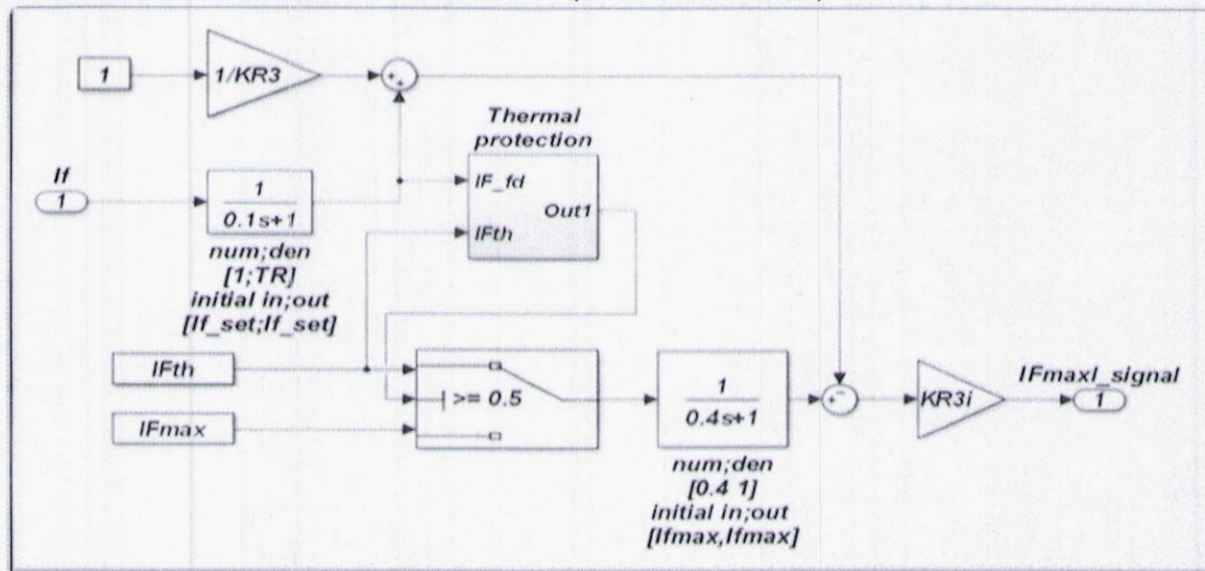


Figura 13. Modelo SIMULINK, bloque "IFMAX_LIMITER"

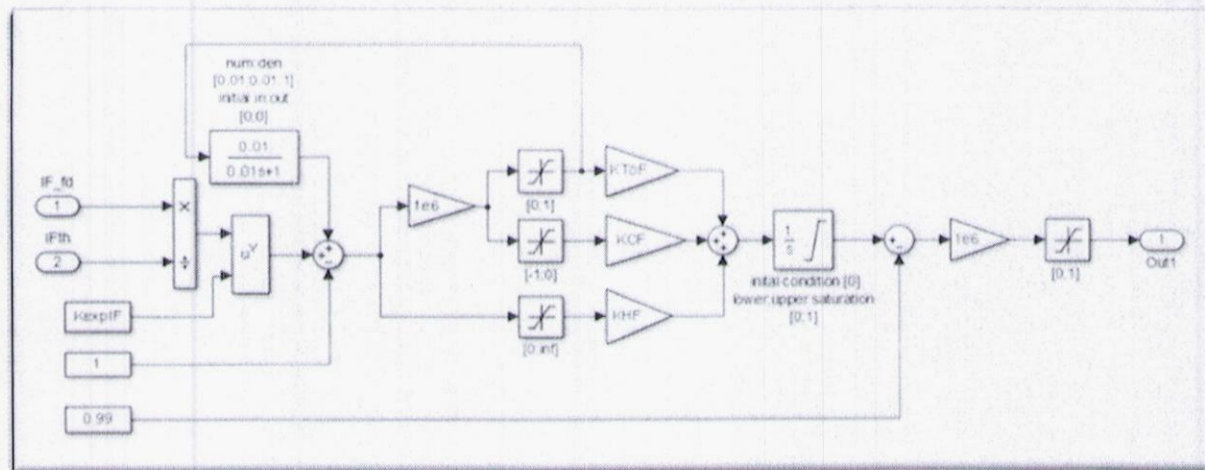


Figura 14. Modelo SIMULINK, bloque "THERMAL PROTECTION"

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 7. Parámetros IFmax limiter

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit1 valor declarado por EPM	Valor propuesto por XM para Base de Datos Digsilent del CND
Maximum field current limit	IFmax	[p.u.]	2.6911	
Maximum thermal field current limit	IFth	[p.u.]	2.0183	1.7809
Exponent factor of inverse time characteristic	KexplF	-	1.0	
Inverse time characteristic integration constant	KHF	[1/s]	0.0	
Cooling integration constant	KCF	[1/s]	0.2	
Fixed time integration constant	KToF	[1/s]	0.1	
Steady state gain	KR3	[p.u./p.u.]	500.0	
Steady state gain adjustment	KR3i	[p.u./p.u.]	1.3	

LIMITADOR RELACIÓN VOLTIOS – HERTZ (V/Hz LIMITER):

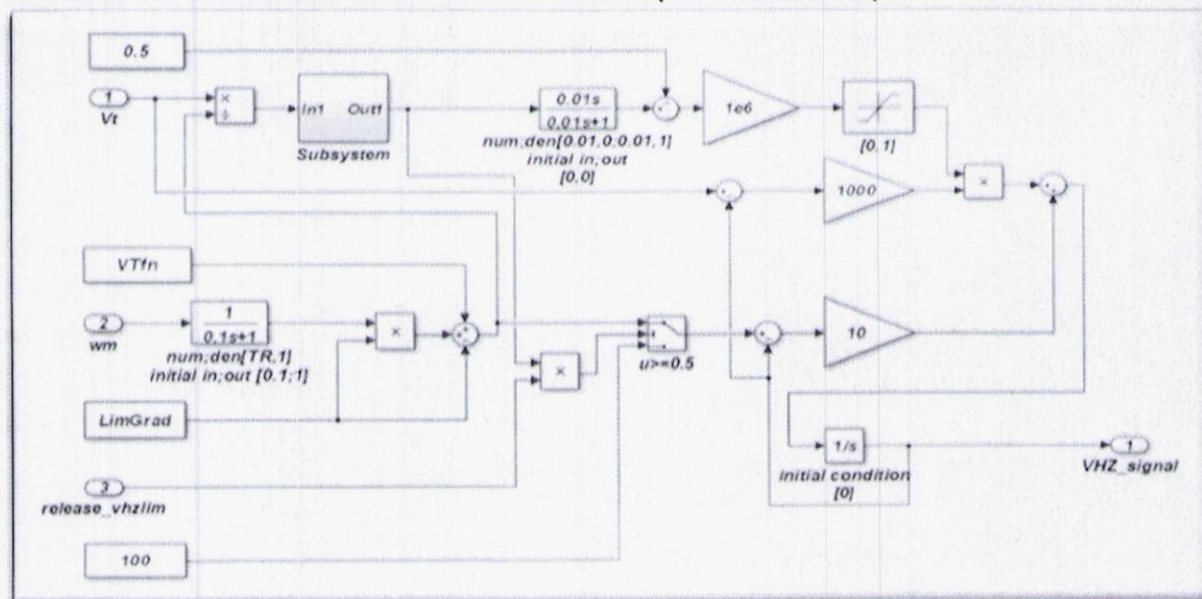


Figura 15. Modelo SIMULINK, bloque “V/HZ_LIMITER”.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

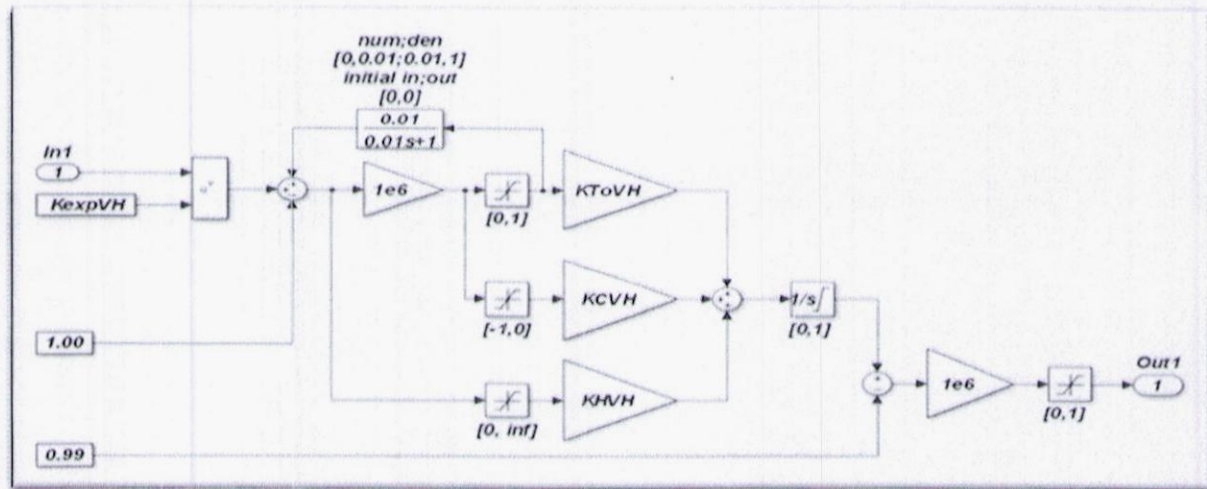


Figura 16. Modelo SIMULINK, bloque “SUBSYSTEM”.

Tabla 8. Parámetros V/Hz limiter.

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit1
Maximum V/Hz gradient	LimGrad	[p.u.]	1.15
Maximum generator voltage	VTfn	[p.u.]	1.10
Exponent factor of inverse time characteristic	KexpVH	-	1.00
Inverse time integration constant	KHVH	[1/s]	0.00
Cooling integration constant	KCVH	[1/s]	0.001
Fixed time integration constant	KToVH	[1/s]	1000.000

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

TURBINA Y GOBERNADOR:

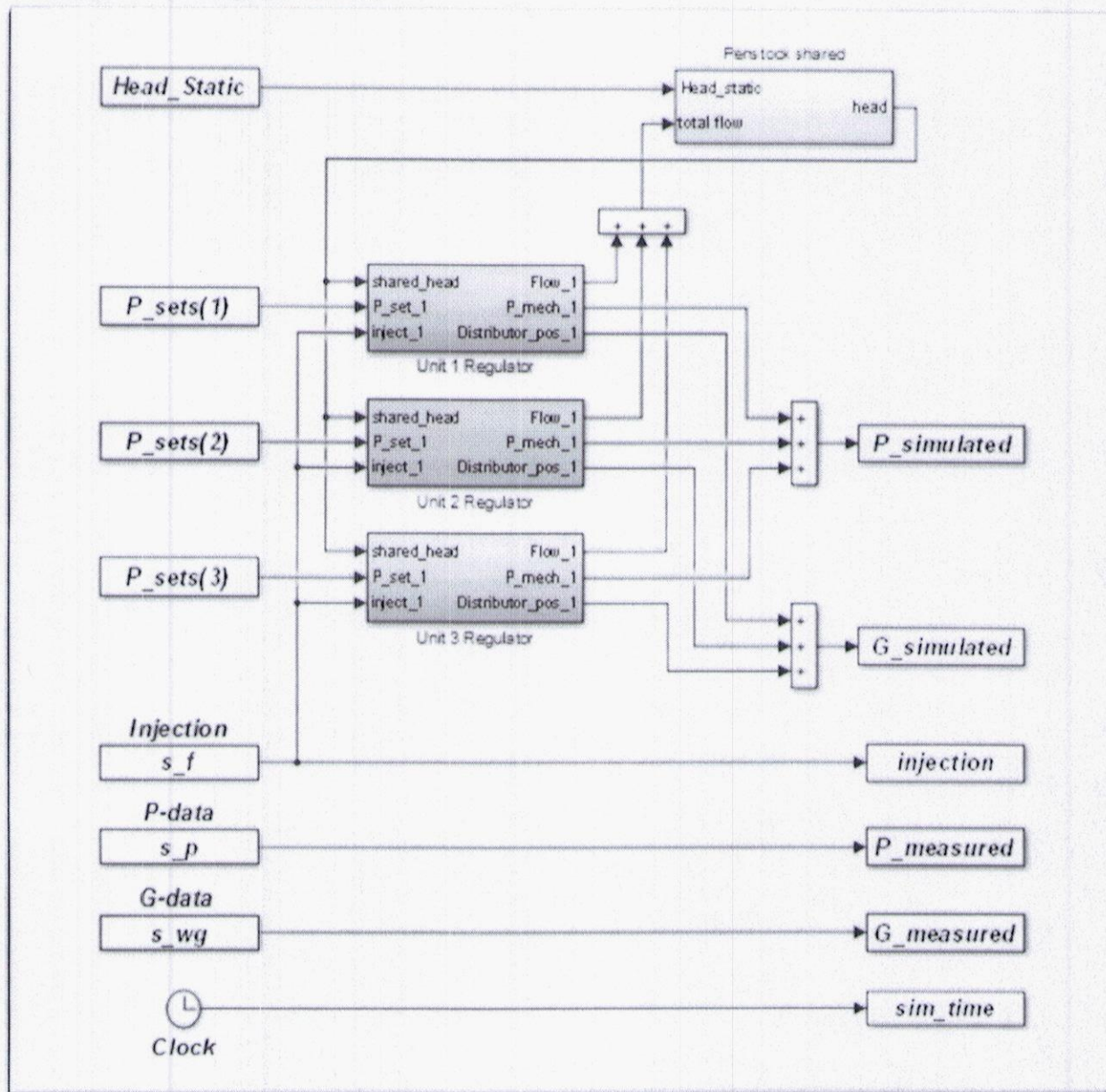


Figura 17. Modelo SIMULINK conjunto regulador de velocidad.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

MODELO DE LA CONDUCCIÓN:

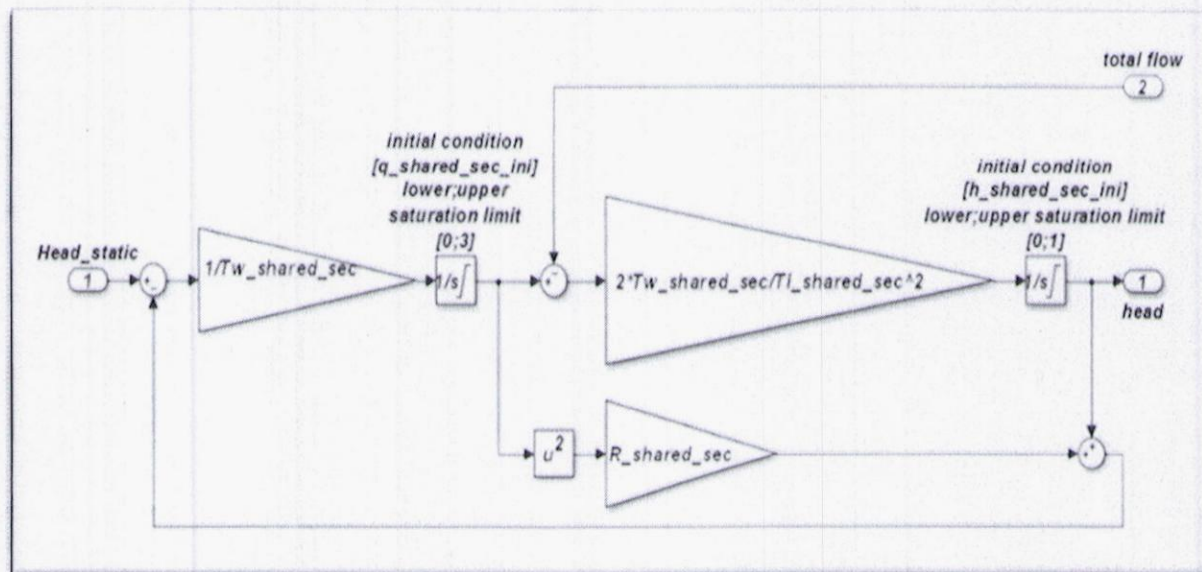


Figura 18. Modelo SIMULINK, bloque “PENSTOCK SHARED”

Tabla 9. Parámetros penstock shared.

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit1
Inertia of water (Water time constant)	Tw_shared_sec	[s]	0.266
Elastic water column (Elastic time constant)	Tl_shared_sec	[s]	756.000
Friction of water (friction and geometric losses)	R_shared_sec	[1/m]	0.002

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

MODELOS DINÁMICOS DE CONTROL:

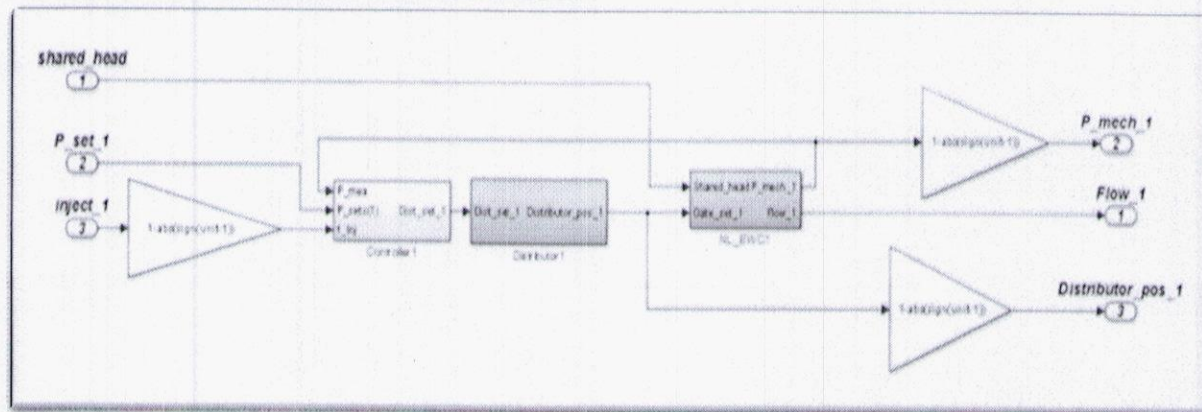


Figura 19. Modelo SIMULINK, bloque “UNIT 1 REGULATOR”.

MODELO CONDUCCIÓN FINAL Y TURBINA HIDRÁULICA (NL_EWC):

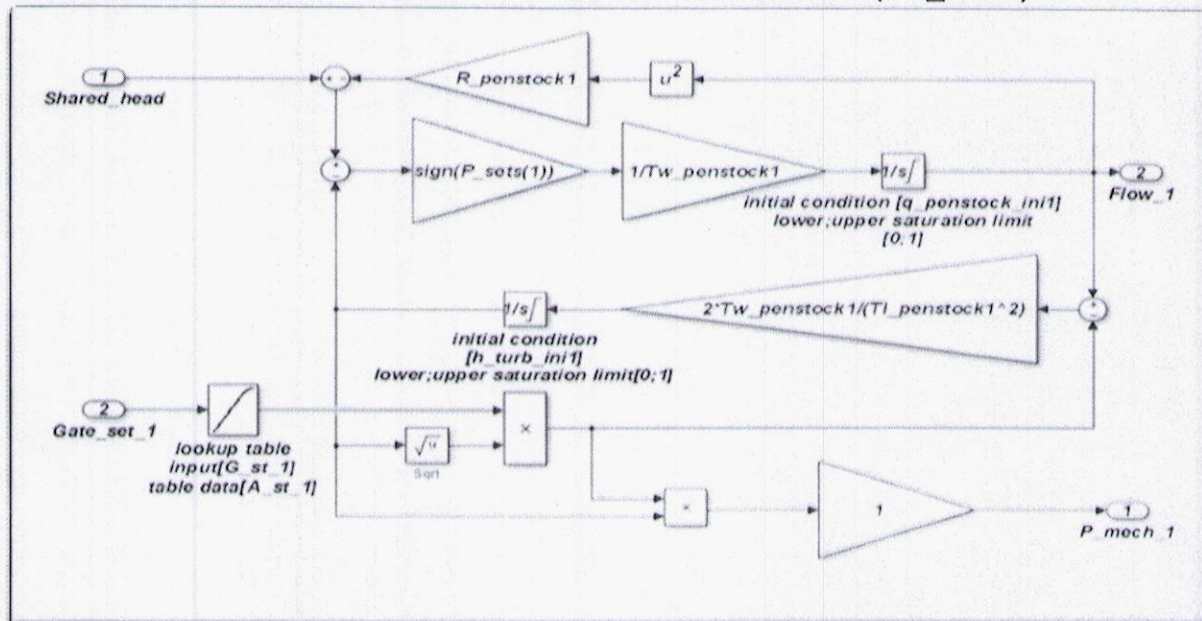


Figura 20. Modelo SIMULINK, bloque “NL_EWC1”.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 10. Parámetros conducción final y turbina (NL EWC1).

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit1
Inertia of water (Water time constant)	Tw_penstock1	[s]	0.018
Elastic water column (Elastic time constant)	Tl_penstock1	[s]	0.018
Friction of water (friction and geometric losses)	R_penstock1	[1/m]	0.001

MODELO CONTROLADOR:

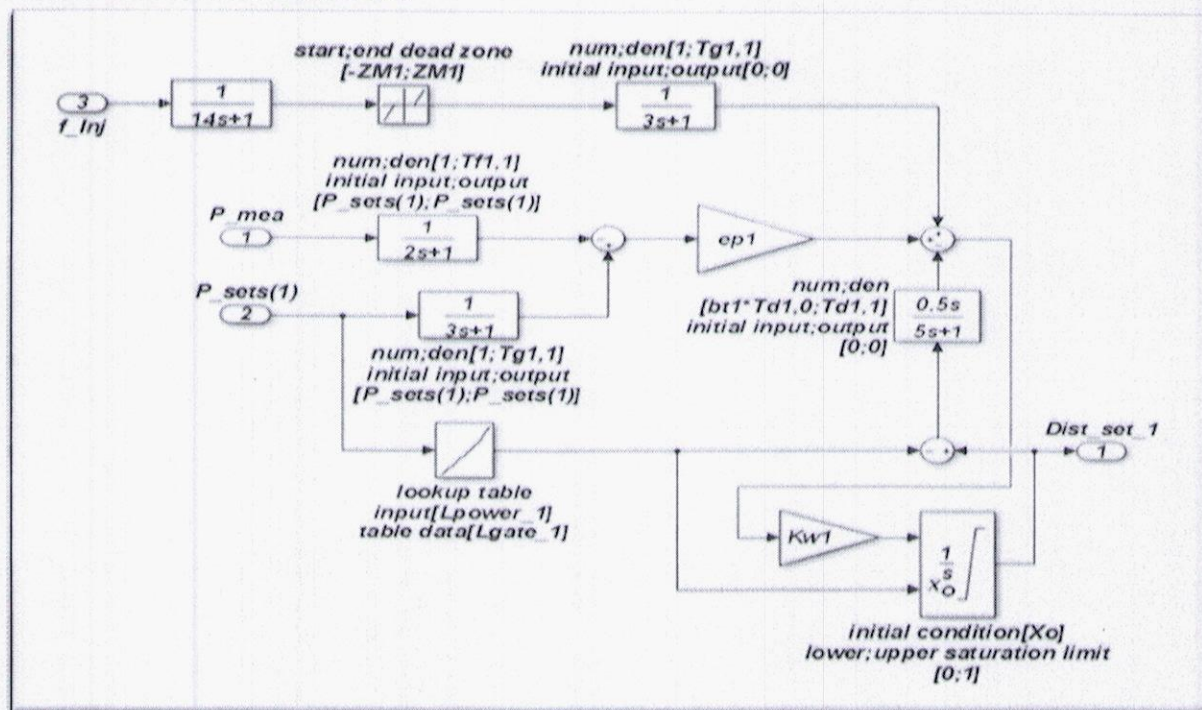


Figura 21. Modelo SIMULINK, bloque “CONTROLLER1”.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 11. Parámetros Controller1.

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit1 Valor declarado por EPM	Valor propuesto por XM para Base de Datos Digsilent del CND
Dead band	ZM1	[p.u.]	0.000	
Time constant	Tg1	[s]	3.000	
Time constant	Tf1	[s]	2.000	
Estatism	ep1	[p.u.]	0.050	
Gain	bt1	[]	0.100	0.700
Time constant	Td1	[s]	5.000	1.000
Gain controller	Kw1	[]	100.000	

Tabla 12. Tabla lookup Potencia vs Apertura compuerta.

lpower_1 [p.u.]	lgate_1 [p.u.]	lpower_1 [p.u.]	lgate_1 [p.u.]
0.059	0.103	0.610	0.501
0.120	0.151	0.668	0.551
0.192	0.200	0.730	0.601
0.268	0.250	0.783	0.651
0.343	0.301	0.825	0.701
0.411	0.350	0.852	0.750
0.487	0.401	0.905	0.801
0.552	0.450	0.948	0.850

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

MODELO DISTRIBUIDOR:

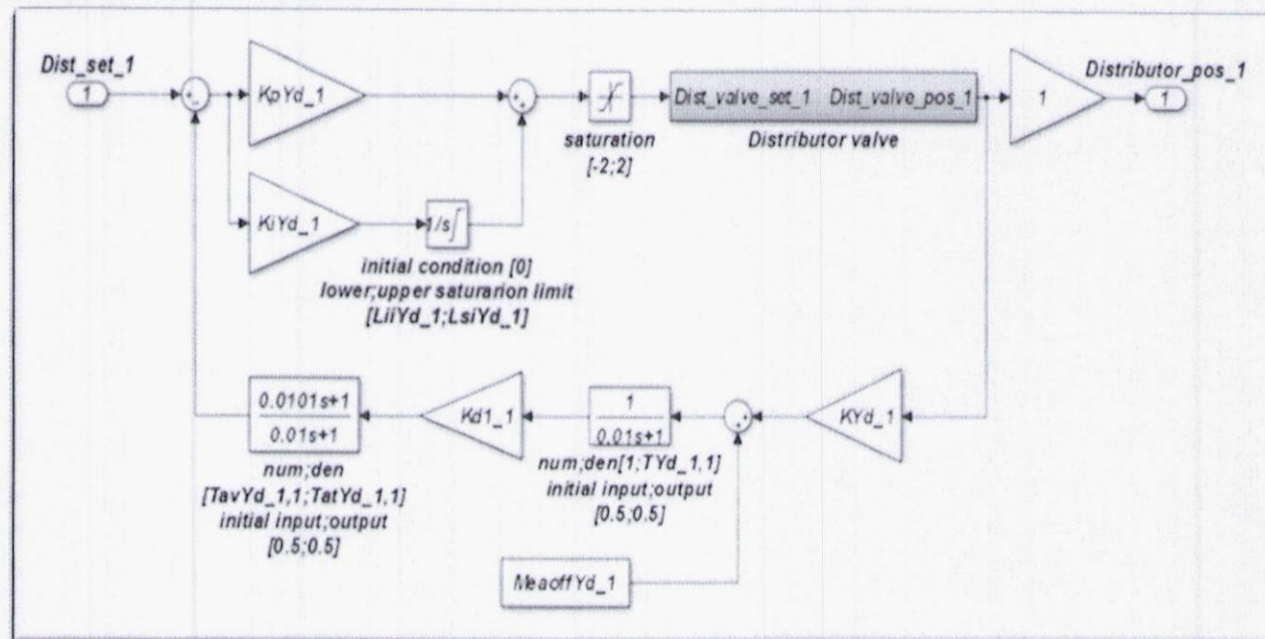


Figura 22. Modelo SIMULINK, bloque “DISTRIBUTOR1”.

Tabla 13. Parámetros DISTRIBUTOR1

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit1
Proportional gain distributor control loop	KpYd_1	[]	10.000
Integral gain distributor control loop	KiYd_1	[]	5.000
Lower limit integrator control loop	LiiYd_1	[p.u.]	-0.100
Upper limit integrator control loop	LsiYd_1	[p.u.]	0.100
Feedback gain	KYd_1	[p.u./v]	0.063
Time of feedback filter measurement	TYd_1	[s]	0.010
Feedback gain lead - lag block	Kd1_1	[]	1.000
Time of feedback gain lead - lag block	TavYd_1	[s]	0.010
Time of feedback gain lead - lag block	TatYd_1	[s]	0.010
Feedback off set	MeaoffYd_1	[p.u.]	0.500

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

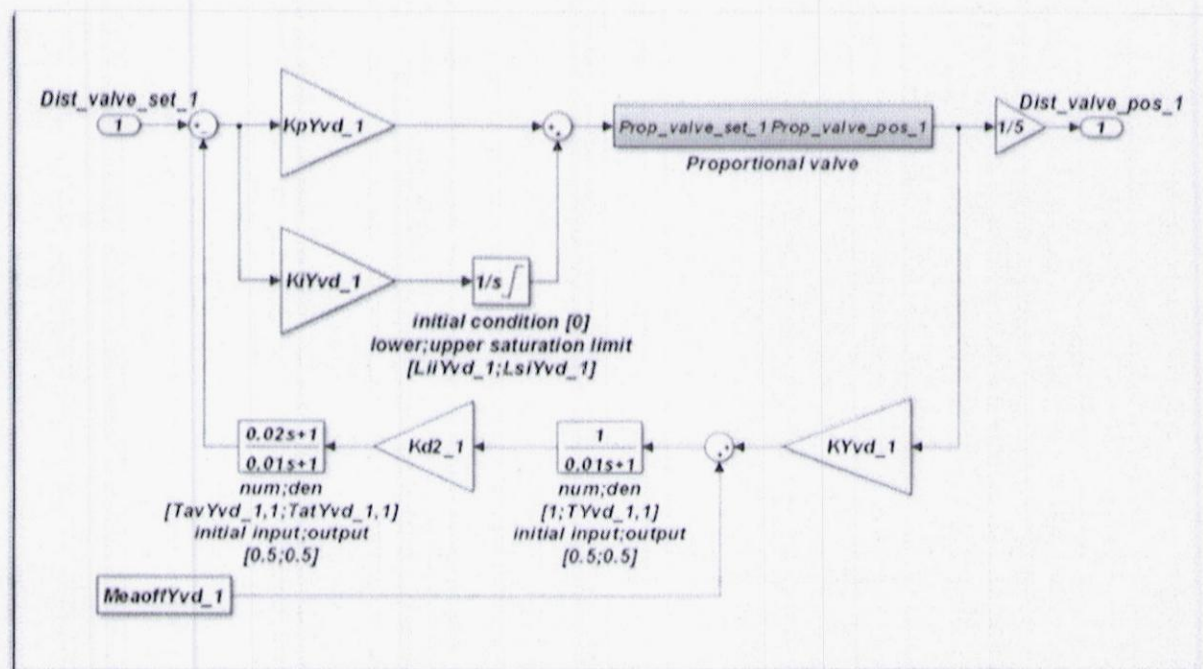


Figura 23. Modelo SIMULINK, bloque “DISTRIBUTOR VALVE”.

Tabla 14. Parámetros DISTRIBUTOR VALVE.

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit1
Proportional gain distributor valve control loop	KpYvd_1	[]	5.000
Integral gain distributor valve control loop	KiYvd_1	[]	20.000
Lower limit integrator control loop	LiiYvd_1	[p.u.]	-1.000
Upper limit integrator control loop	LsiYvd_1	[p.u.]	1.000
Feedback gain	KYvd_1	[p.u./v]	0.125
Time of feedback filter measurement	TYvd_1	[s]	0.010
Feedback gain lead - lag block	Kd2_1	[]	1.000
Time of feedback gain lead - lag block	TavYvd_1	[s]	0.020
Time of feedback gain lead - lag block	TatYvd_1	[s]	0.010
Feedback off set	MeaoffYvd_1	[p.u.]	0.000

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

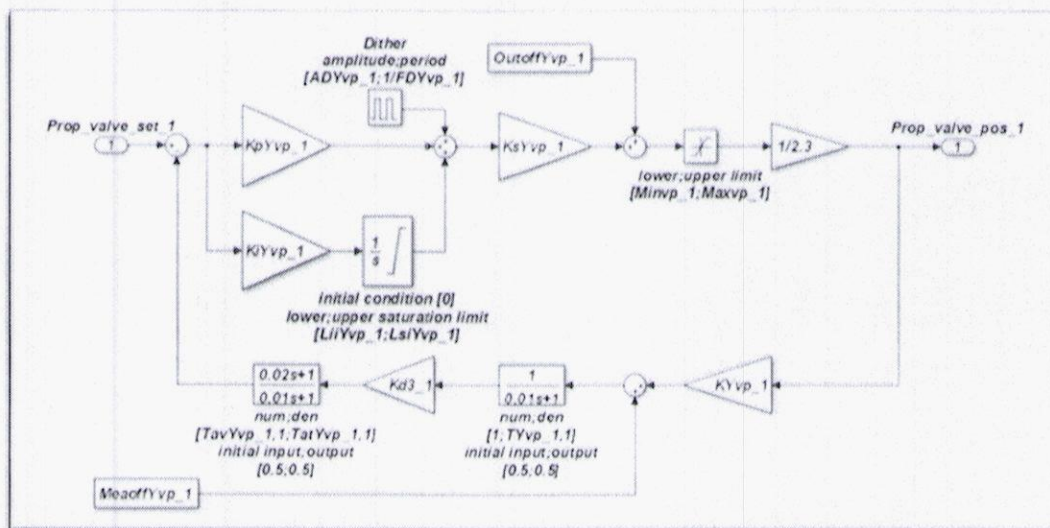


Figura 24. Modelo SIMULINK, bloque “PROPORTIONAL VALVE”.

Tabla 15. Parámetros PROPORTIONAL VALVE.

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit1 Valor decalrado por EPM	Valor propuesto por XM para Base de Datos Digsilent del CND
Proportional gain proportional valve control loop	KpYvp_1	[]	0.900	
Integral gain proportional valve control loop	KiYvp_1	[]	11.000	
Amplitude Dither	ADYvp_1	[p.u.]	0.020	
Frequency Dither	FDYvp_1	[Hz]	40.000	
Lower limit integrator control loop	LiiYvp_1	[p.u.]	-0.100	
Upper limit integrator control loop	LsiYvp_1	[p.u.]	0.400	
Gain ramp	KsYvp_1	[]	3.000	
Output off set	OutoffYvp_1	[v]	0.000	
Minimum limit proportional valve	Minvp_1	[v]	-3.000	
Maximum limit proportional valve	Maxvp_1	[v]	10.000	17.700
Feedback gain	KYvp_1	[p.u./v]	0.100	
Feedback off set	MeaoffYvp_1	[p.u.]	0.000	
Time of feedback filter measurement	TYvp_1	[s]	0.010	
Feedback gain lead - lag block	Kd3_1	[]	1.000	
Time of feedback gain lead - lag block	TavYvp_1	[s]	0.020	
Time of feedback gain lead - lag block	TatYvp_1	[s]	0.010	

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

ANEXO 2: Parámetros unidad 2 de Guadalupe IV

Tabla 1. Parámetros de generador

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit2
Rated power	Sn	[W]	774000000
Rated power	Sn1	[MW]	77.40
Rated output voltage	Un	[V]	13800
Frequency	fn	[Hz]	60
Armature resistance	Ra	[ohm]	0.126
d-axis reactance	Xd	[p.u.]	1.001
d-axis transient reactance	Xpd	[p.u.]	0.311
d-axis subtransient reactance	Xppd	[p.u.]	0.202
q-axis reactance	Xq	[p.u.]	0.331
q-axis subtransient reactance	Xppq	[p.u.]	0.111
Leakage reactance	Xl	[p.u.]	0.051
d axis open circuit transient time constant	Tpdo	[s]	8.355
d axis open circuit subtransient time constant	Tppdo	[s]	0.044
q axis open circuit subtransient time constant	Tppqo	[s]	0.042
Field current base	Ifbase	[A]	465
Field voltage base	Vfbase	[V]	54
Inertia constant	H	[MWs/MVA]	4.400

Tabla 2. Parámetros de transformador elevador

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit2
Nominal power	Sntr	[VA]	135000000
Nominal coil	Untr2	[V]	230000
Nominal coil	Untr1	[V]	13800
Trafo Inductance	Uk	[p.u]	0.131

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 3. Parámetros de la red

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit2
Reactancia	Xe	[p.u.]	0.010
Resistance	Re	[p.u.]	0.001
Short circuit power	SCMVA	[VA]	2000000000

REGULADOR DE Tensión (AVR):

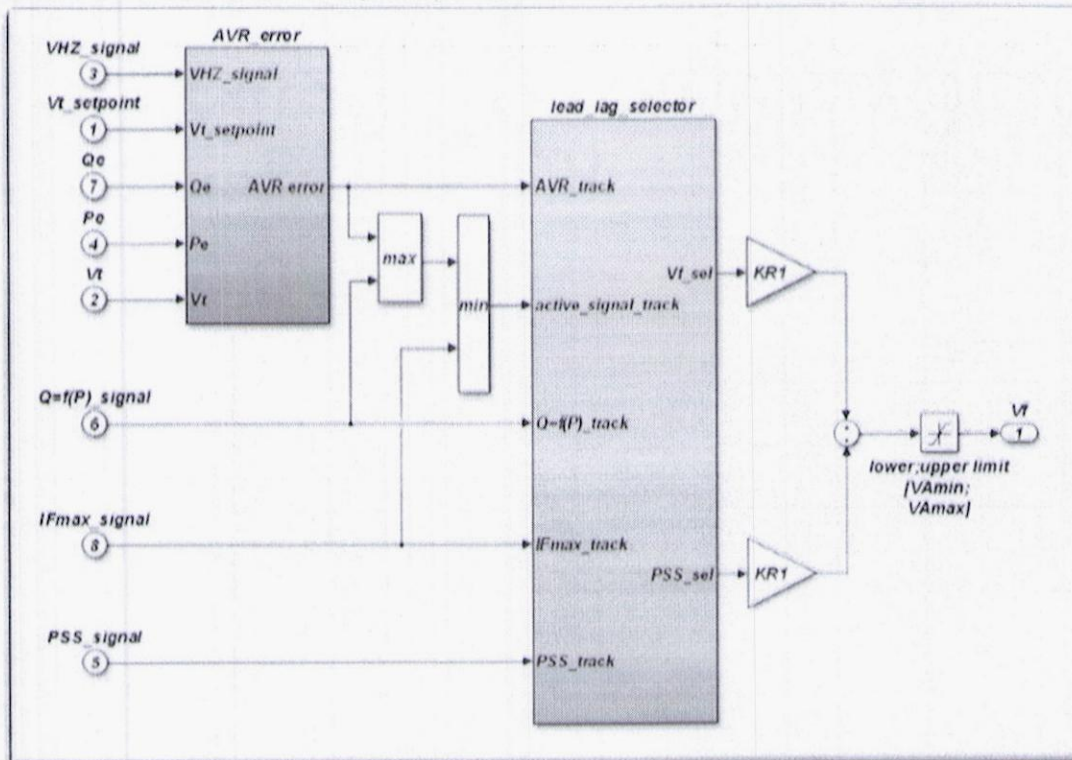


Figura 1. Modelo SIMULINK, bloque "AVR"

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

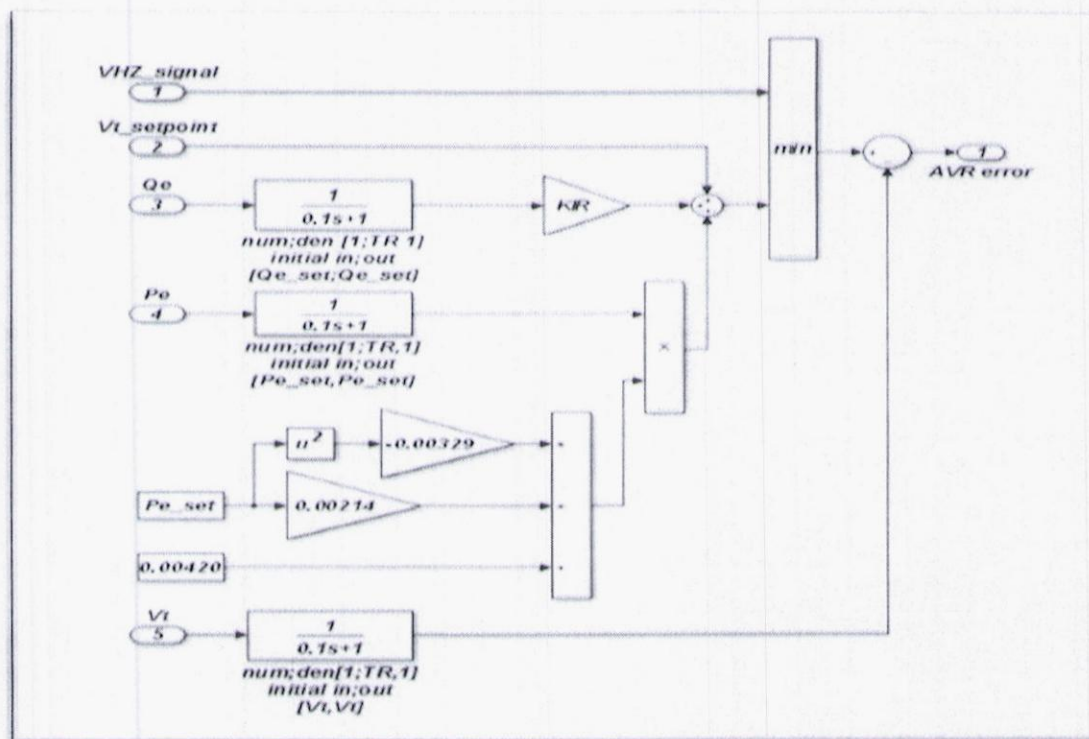


Figura 2. Modelo SIMULINK, bloque "AVR_ERROR"

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

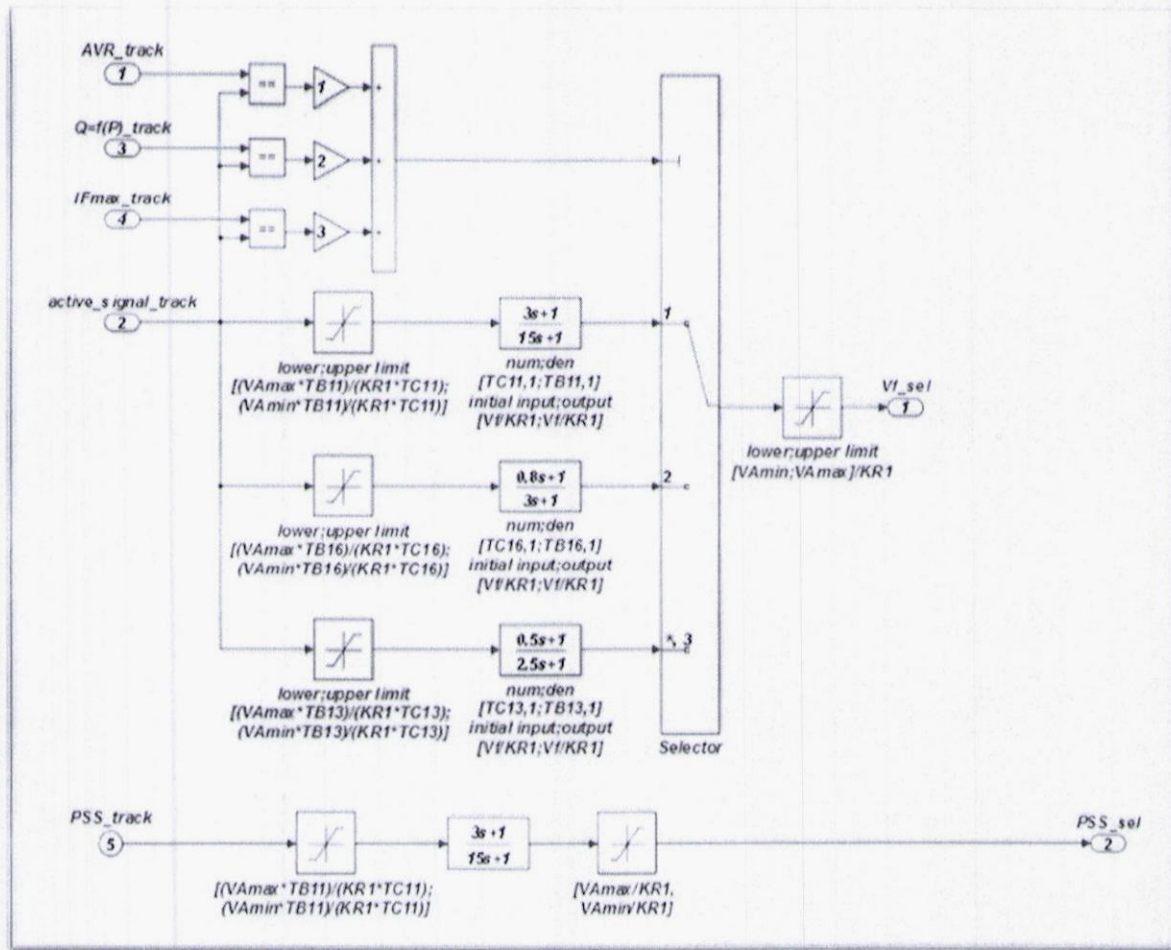


Figura 3. Modelo SIMULINK, bloque "LEAD_LAG_SELECTOR"

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 4. Parámetros AVR

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit2
Measuring filter time constant	TR	[s]	0.1
Reactive power compensation factor	KIR	[p.u/p.u.]	0.0
AVR controller first lead time constant	TC11	[s]	3.0
AVR controller first lag time constant	TB11	[s]	15.0
Steady state gain	KR1	[s]	450
AVR output negative ceiling value	Vamin	[s]	-5.1880
AVR output positive ceiling value	Vamax	[p.u.]	5.8995
Ifmax controller first lag time constant	TB13	[s]	2.5
Ifmax controller first lead time constant	TC13	[s]	0.5
PQ controller first lag time constant	TB16	[s]	3.0
PQ controller first lead time constant	TC16	[s]	0.8

SISTEMA ESTABILIZADOR DE POTENCIA (PSS):

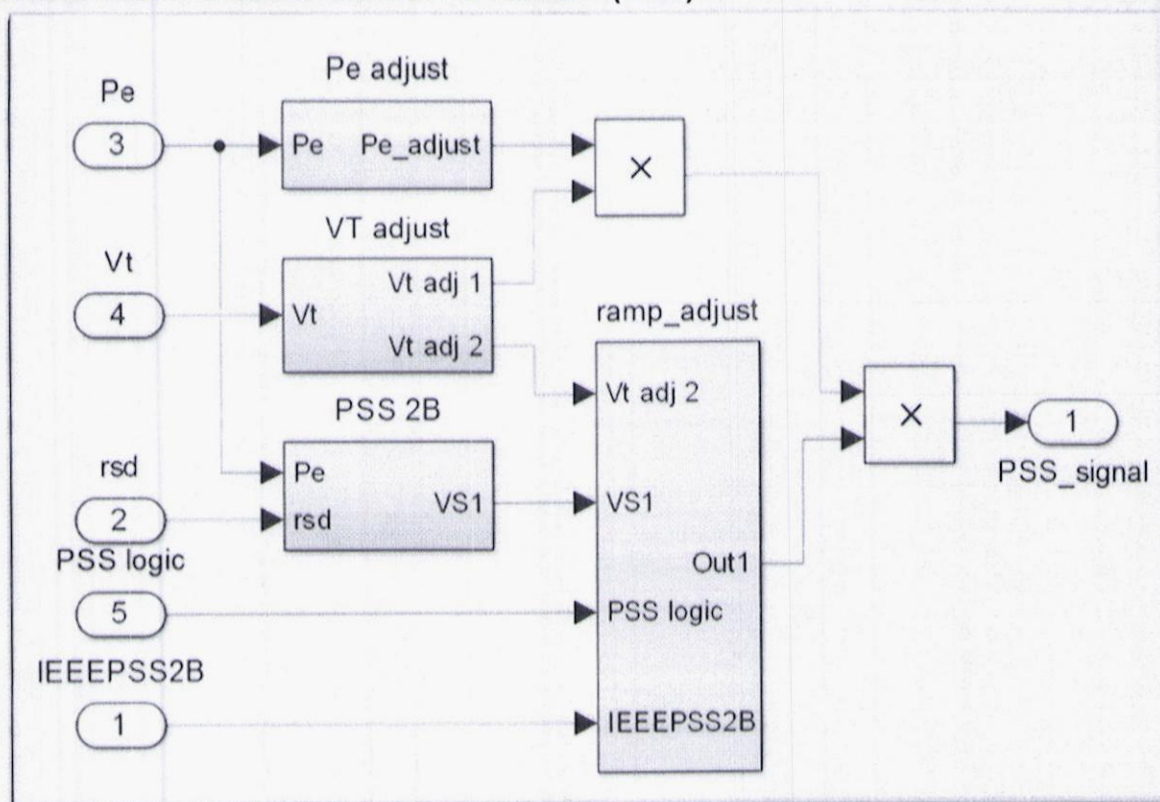


Figura 4. Modelo SIMULINK, bloque "PSS".

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

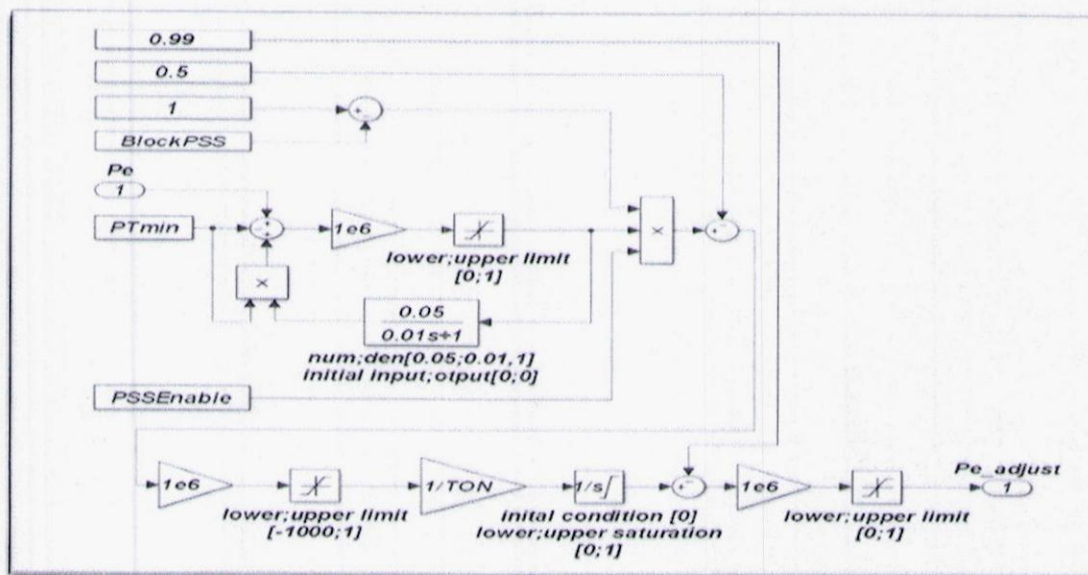


Figura 5. Modelo SIMULINK, bloque "PE ADJUST".

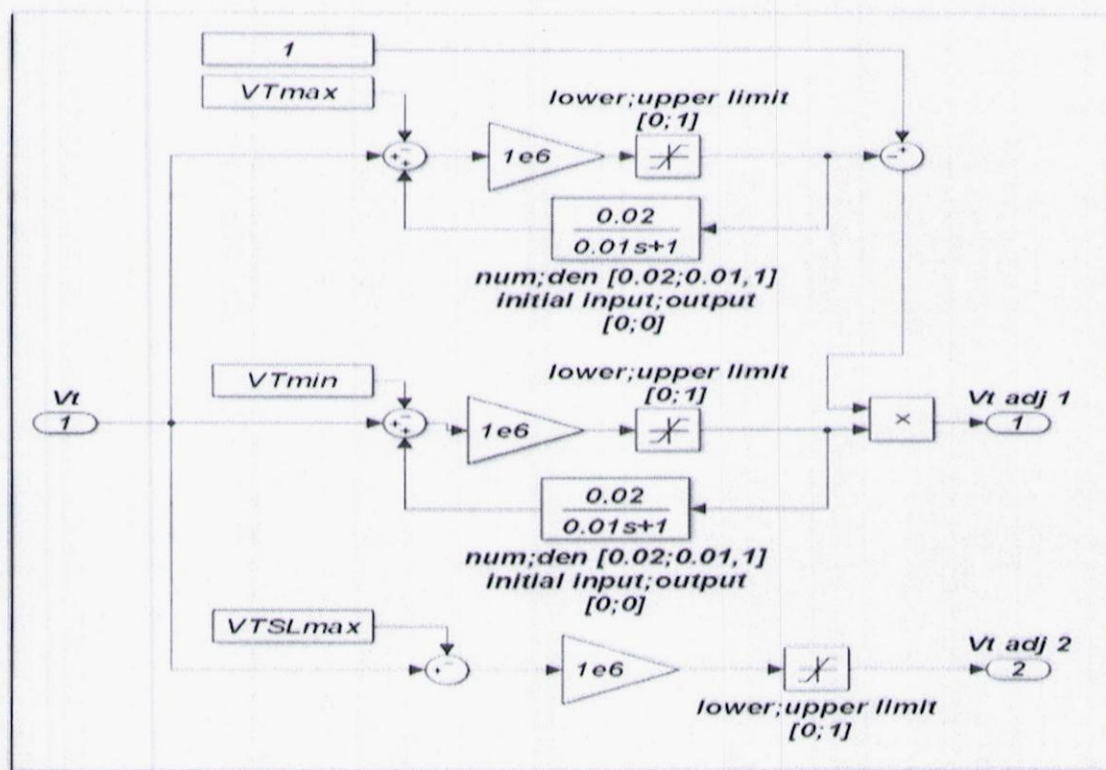


Figura 6. Modelo SIMULINK, bloque "VT ADJUST".

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

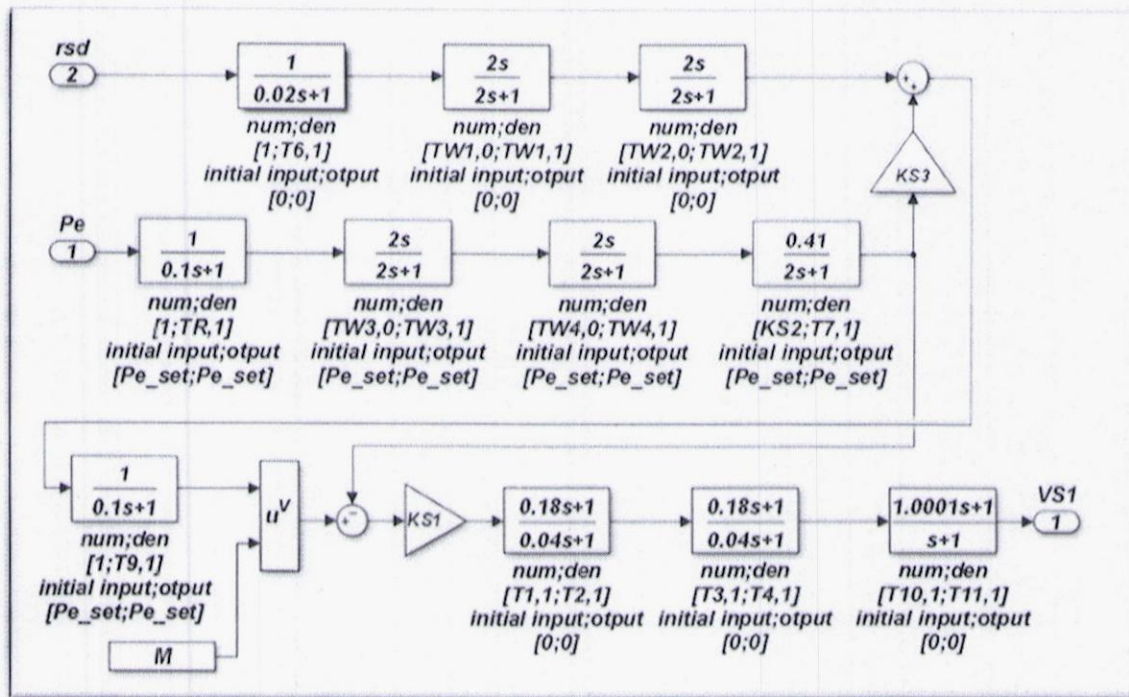


Figura 7. Modelo SIMULINK, bloque “PSS 2B”.

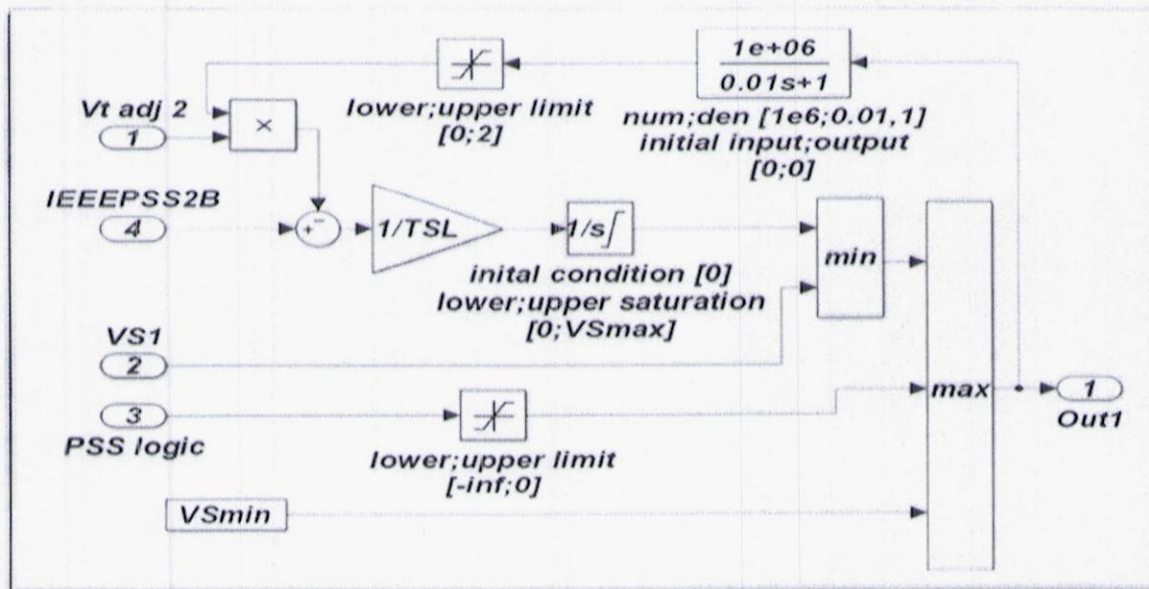


Figura 8. Modelo SIMULINK, bloque “RAMP_ADJUST”.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 5. Parámetros PSS

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	unit2
Wash out time constant	TW1	[s]	2.0000
Wash out time constant	TW2	[s]	2.0000
Wash out time constant	TW3	[s]	2.0000
Wash out time constant	TW4	[s]	2.0000
PSS gain factor	KS1	[p.u.]	5.0000
Compensation factor for calculation of integral of electrical power	KS2	[p.u.]	0.4100
Signal matching factor	KS3	[p.u.]	1.0000
Lead time constant of conditioning network	T1	[s]	0.1800
Lag time constant of conditioning network	T2	[s]	0.0400
Lead time constant of conditioning network	T3	[s]	0.1800
Lag time constant of conditioning network	T4	[s]	0.0400
Rotor angular frequency deviation transducer time constant	T6	[s]	0.0200
Time constant for integral of electrical power calculation	T7	[s]	2.0000
Ramp Tracking filter time constant	T9	[s]	0.1000
Lead time constant of conditioning network	T10	[s]	1.0001
Lag time constant of conditioning network	T11	[s]	1.0000
Ramp Tracking filter degree	M	[]	5.0000
PSS block parameter	BlockPSS	[]	1.0000
Minimum active power level for PSS release	PTmin	[p.u.]	0.3000
PSS release parameter	PSSEnable	[]	1.0000
PSS release time delay	TON	[s]	1.0000
Maximum terminal voltage level for PSS blocking	VTmax	[p.u.]	1.1000
Minimum terminal voltage level for PSS blocking	VTmin	[p.u.]	0.9000
Terminal voltage limit value for reduction of PSS maximum limit of PSS signal	VTSLmax	[p.u.]	1.0700
Integration time of VTSLmax limitation	TSL	[s]	1.0000
Maximum limit of PSS signal	VSmax	[p.u.]	0.1000
Minimum limit of PSS signal	VSmin	[p.u.]	-0.1000

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

LIMITADOR DE SUBEXCITACIÓN (PQ LIMITER):

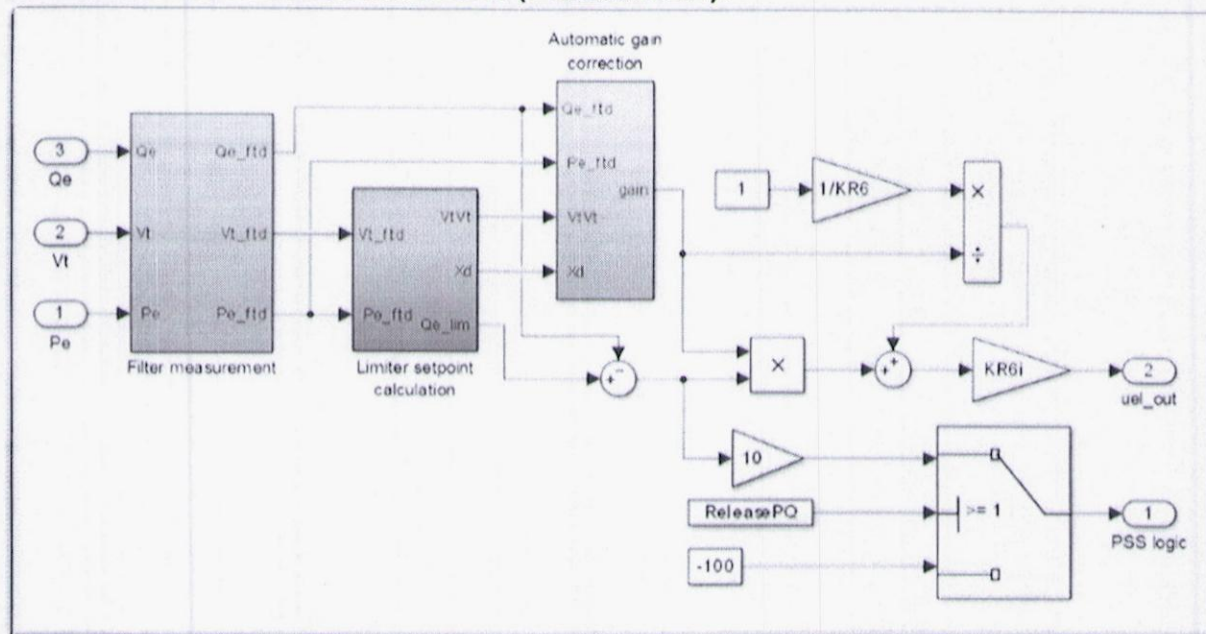


Figura 9. Modelo SIMULINK, bloque "PQ_LIMITER".

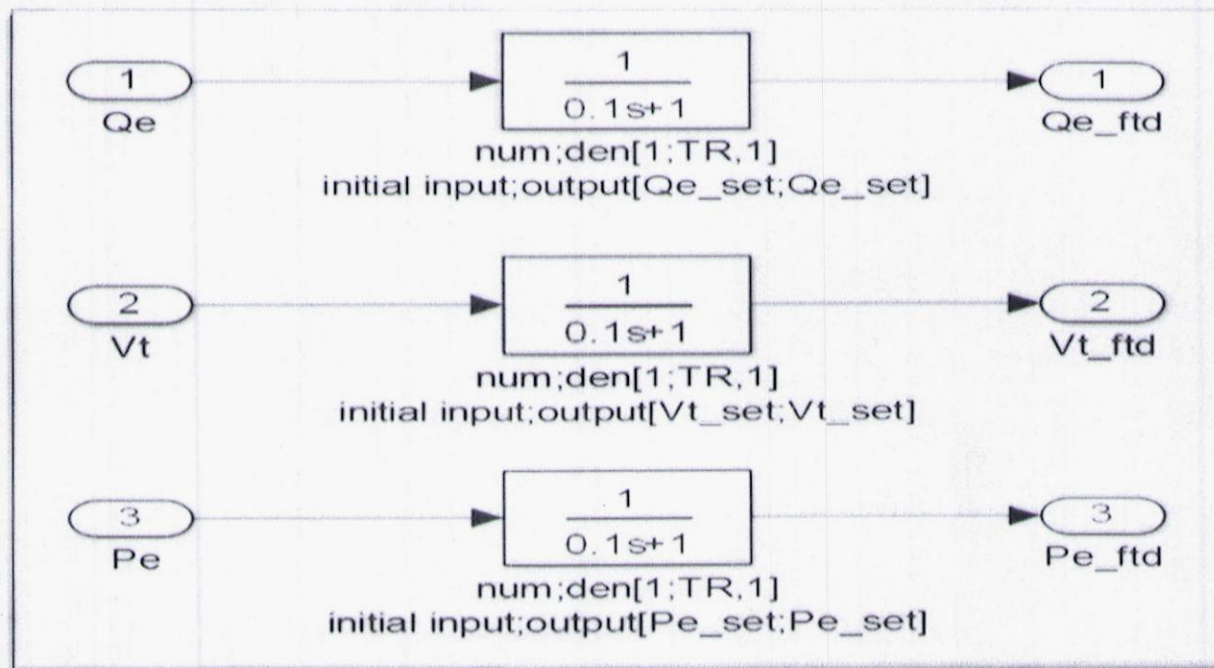


Figura 10. Modelo SIMULINK, bloque "FILTER MEASUREMENT".

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

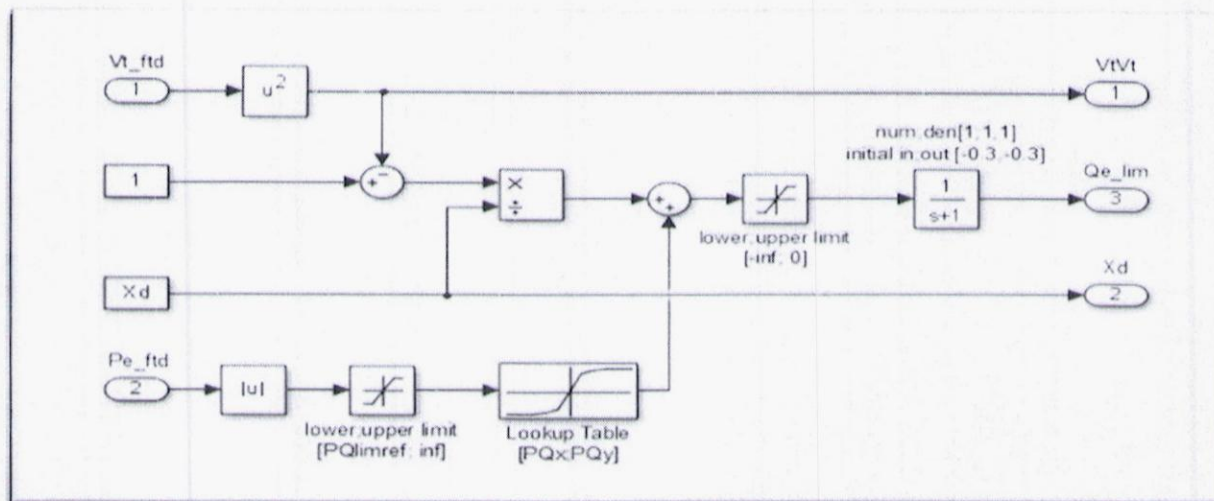


Figura 11. Modelo SIMULINK, bloque "LIMITER SETPOINT CALCULATION".

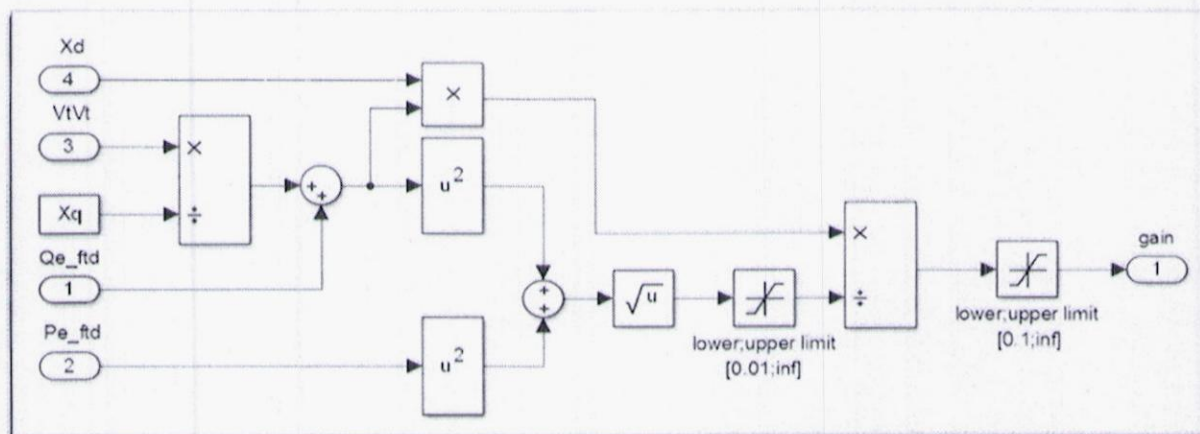


Figura 12. Modelo SIMULINK, bloque "AUTOMATIC GAIN CORRECTION".

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 6. Parámetros PQ limiter.

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit2 declarado por EPM	Valor propuesto por XM para Base de Datos Digsilent del CND
Lookup table (x1)	PQx(1)	[p.u.]	0.000	
Lookup table (x2)	PQx(2)	[p.u.]	0.200	
Lookup table (x3)	PQx(3)	[p.u.]	0.400	
Lookup table (x4)	PQx(4)	[p.u.]	0.600	
Lookup table (x5)	PQx(5)	[p.u.]	0.800	
Lookup table (x6)	PQx(6)	[p.u.]	1.000	
Lookup table (y1)	PQy(1)	[p.u.]	-0.600	-0.601
Lookup table (y2)	PQy(2)	[p.u.]	-0.550	-0.55528
Lookup table (y3)	PQy(3)	[p.u.]	-0.500	-0.50956
Lookup table (y4)	PQy(4)	[p.u.]	-0.450	-0.4459
Lookup table (y5)	PQy(5)	[p.u.]	-0.400	-0.3357
Lookup table (y6)	PQy(6)	[p.u.]	-0.350	-0.1757
Low limit PQ reference	Pqlimref	[p.u.]	-0.327	
Steady state gain	KR6	[p.u./p.u.]	50.00	
Steady state gain adjustment	KR6i	[p.u./p.u.]	0.09	

LIMITADOR DE SOBRE EXCITACIÓN (IFMAX LIMITER):

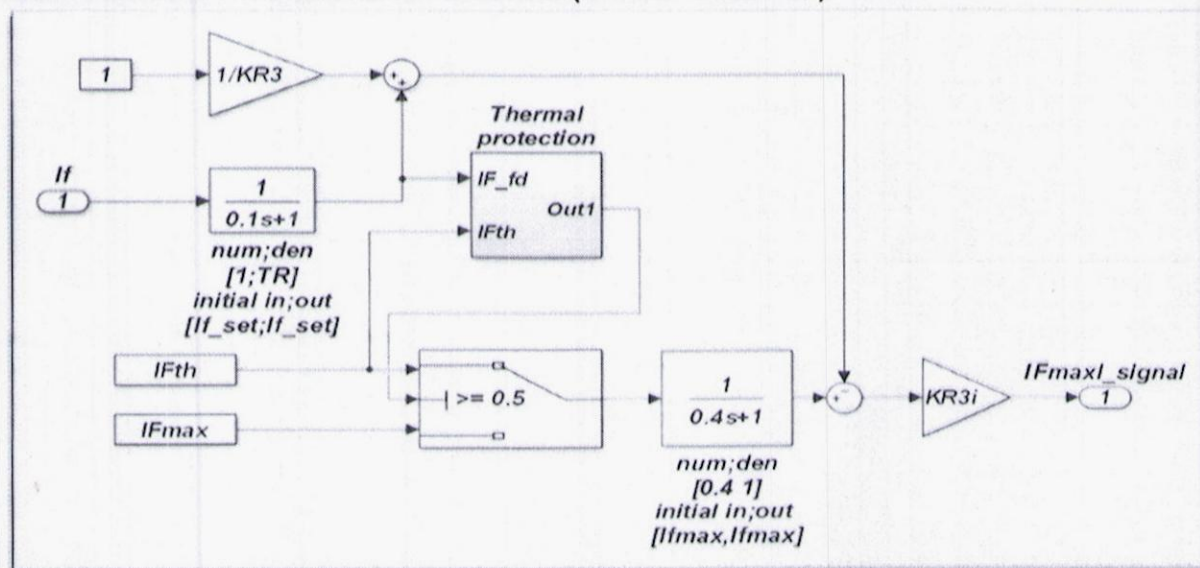


Figura 13. Modelo SIMULINK, bloque “IFMAX_LIMITER”.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

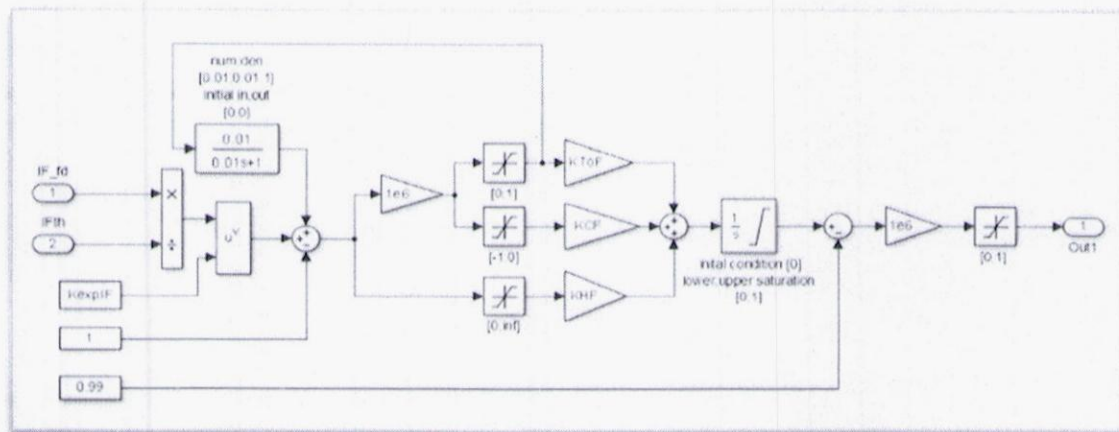


Figura 14. Modelo SIMULINK, bloque “THERMAL PROTECTION”.

Tabla 7. Parámetros IFmax limiter

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit2 valor declarado por EPM	Valor propuesto por XM para Base de Datos Digsilent del CND
Maximum field current limit	IFmax	[p.u.]	2.6911	
Maximum thermal field current limit	IFth	[p.u.]	2.0183	1.7809
Exponent factor of inverse time characteristic	KexpIF	-	1.0	
Inverse time characteristic integration constant	KHF	[1/s]	0.0	
Cooling integration constant	KCF	[1/s]	0.2	
Fixed time integration constant	KToF	[1/s]	0.1	
Steady state gain	KR3	[p.u./p.u.]	500.0	
Steady state gain adjustment	KR3i	[p.u./p.u.]	0.3	

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

LIMITADOR RELACIÓN VOLTIOS – HERTZ (V/Hz LIMITER):

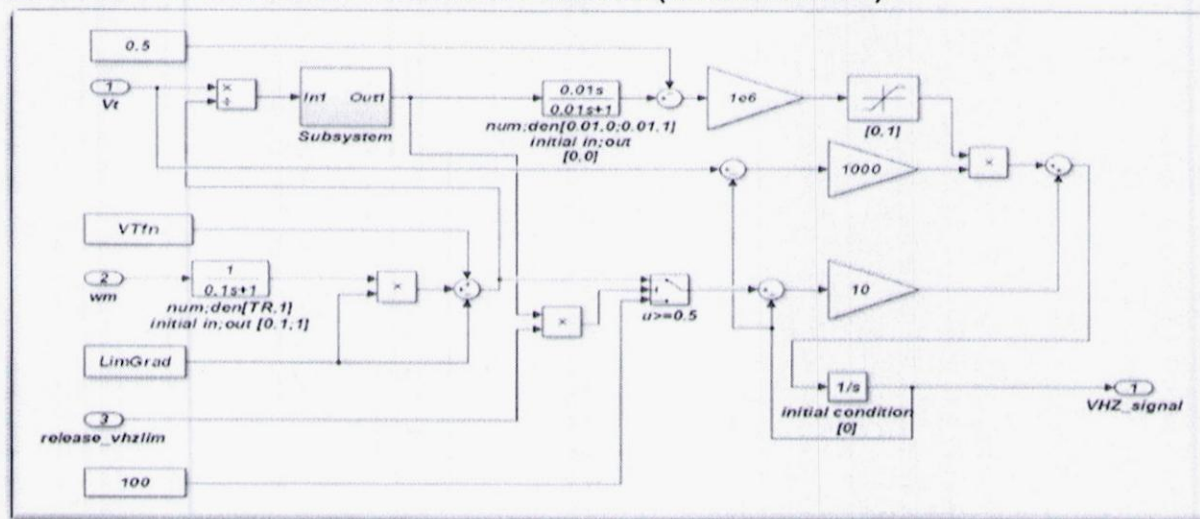


Figura 15. Modelo SIMULINK, bloque “V/HZ_LIMITER”.

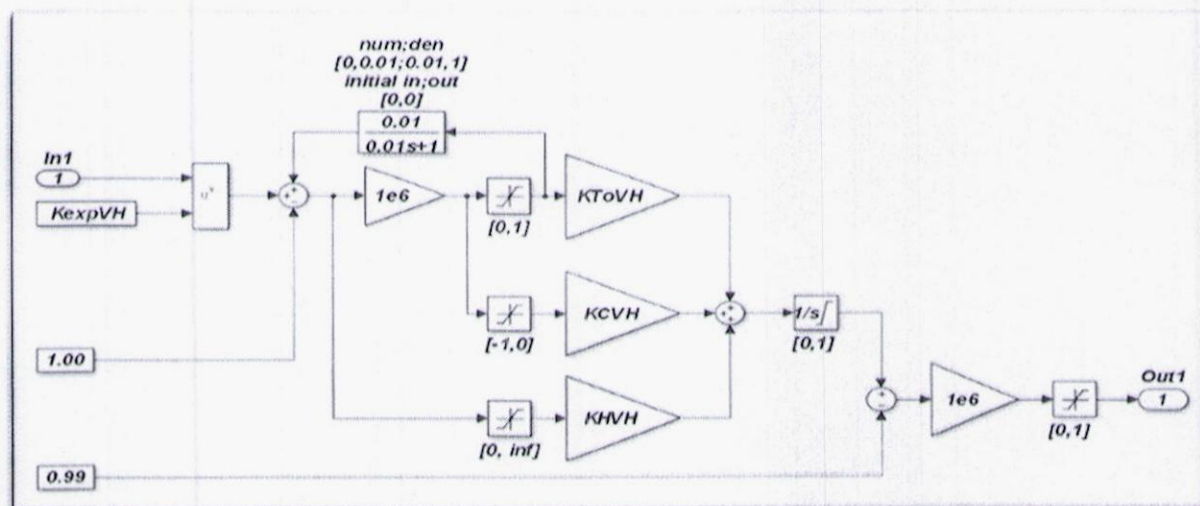


Figura 16. Modelo SIMULINK, bloque “SUBSYSTEM”.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 8. Parámetros V/Hz limiter.

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit2
Maximum V/Hz gradient	LimGrad	[p.u.]	1.15
Maximum generator voltage	VTfn	[p.u.]	1.10
Exponent factor of inverse time characteristic	KexpVH	-	1.00
Inverse time integration constant	KHVH	[1/s]	0.00
Cooling integration constant	KCVH	[1/s]	0.001
Fixed time integration constant	KToVH	[1/s]	1000.000

TURBINA Y GOBERNADOR:

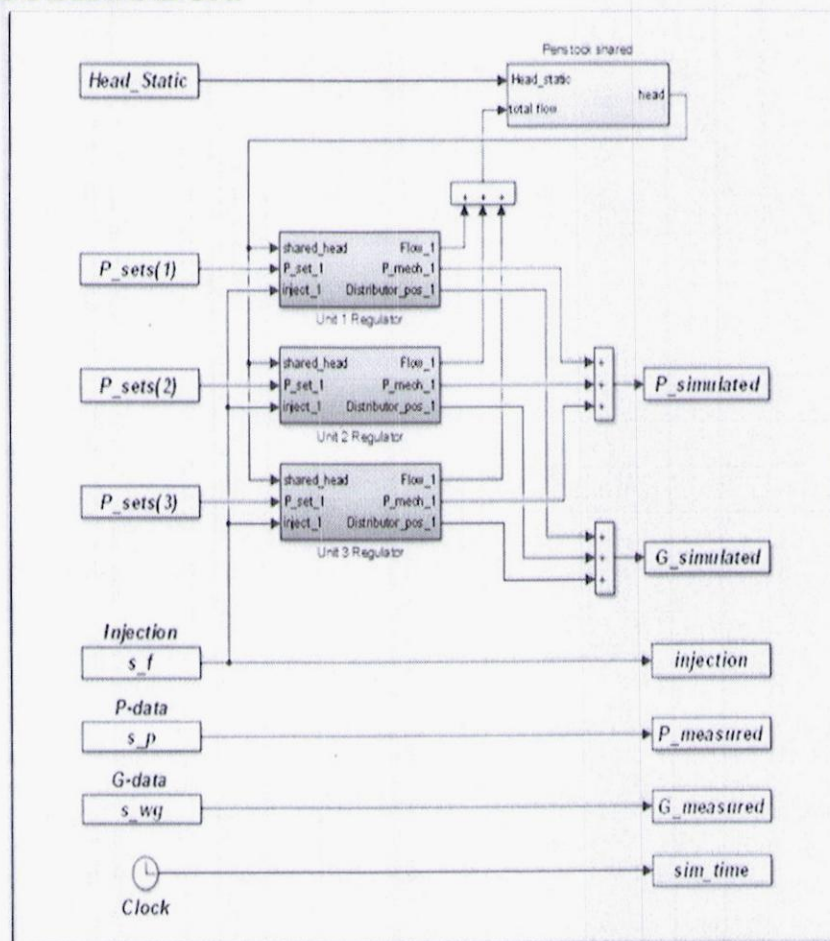


Figura 17. Modelo SIMULINK conjunto regulador de velocidad.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

MODELO DE LA CONDUCCIÓN:

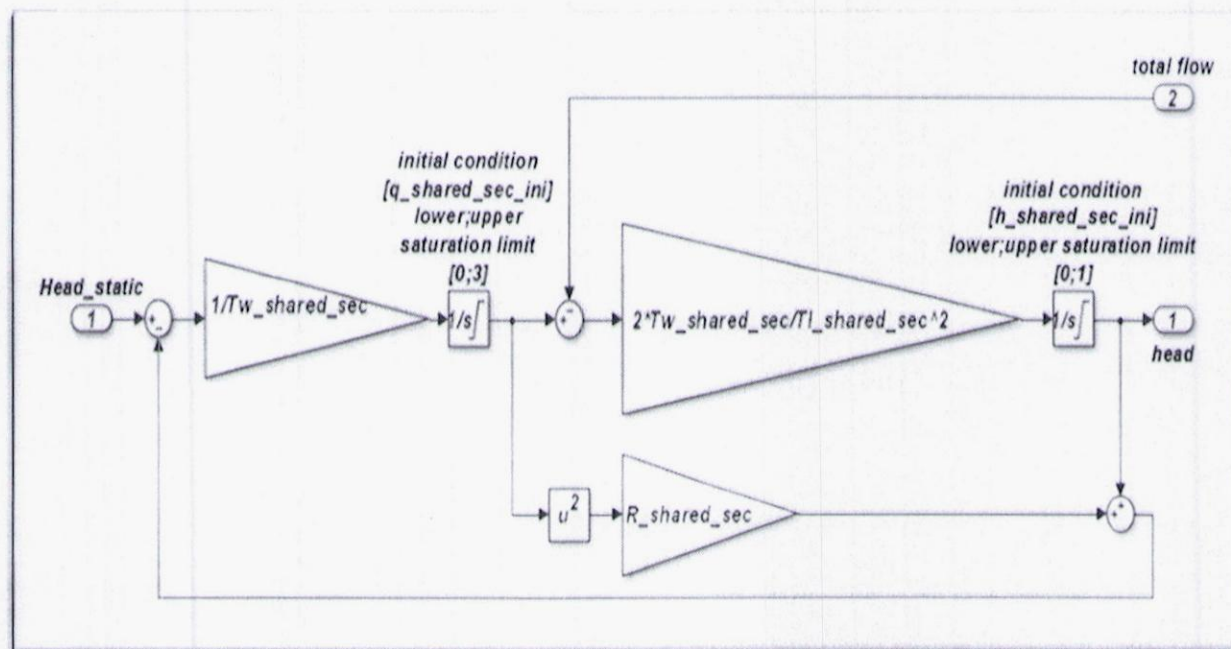


Figura 18. Modelo SIMULINK, bloque “PENSTOCK SHARED”

Tabla 9. Parámetros penstock shared.

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit 2
Inertia of water (Water time constant)	Tw_shared_sec	[s]	0.266
Elastic water column (Elastic time constant)	Tl_shared_sec	[s]	756.000
Friction of water (friction and geometric losses)	R_shared_sec	[1/m]	0.002

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

MODELO CONTROLADOR:

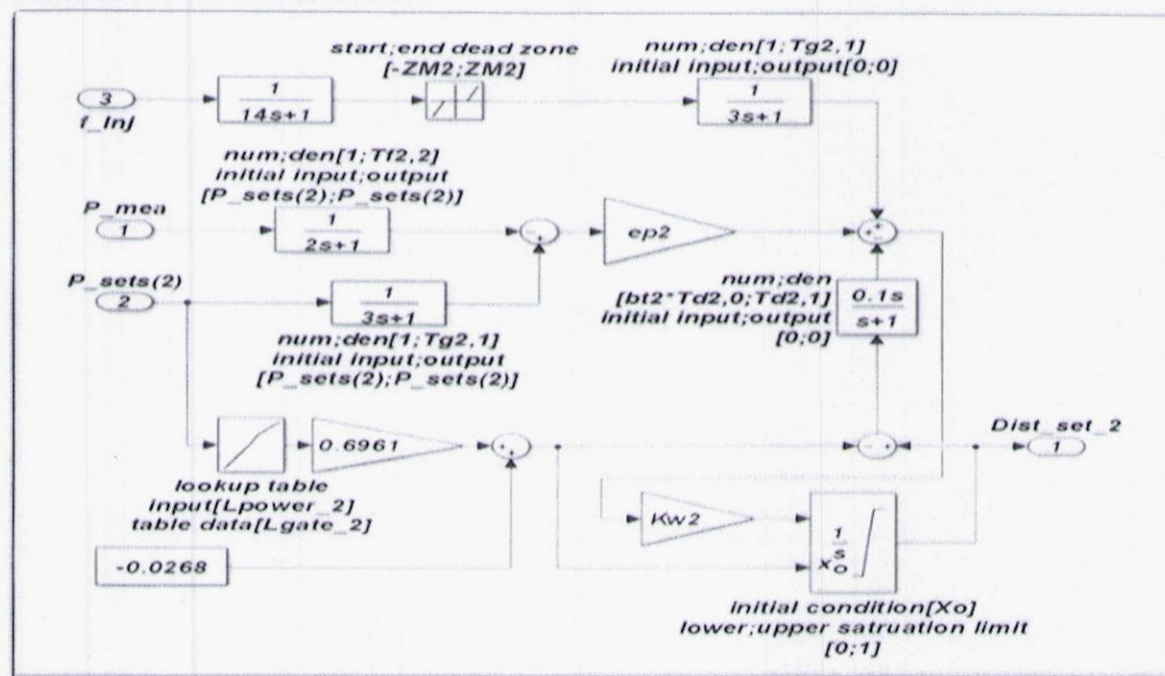


Figura 21. Modelo SIMULINK, bloque "CONTROLLER2".

Tabla 11. Parámetros Controller2.

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit2 valor declarado por EPM	Valor propuesto por XM para Base de Datos Digsilent del CND
Dead band	ZM2	[p.u.]	0.000	
Time constant	Tg2	[s]	3.000	
Time constant	Tf2	[s]	2.000	
Estatism	ep2	[p.u.]	0.050	
Gain	bt2	[]	0.100	0.700
Time constant	Td2	[s]	1.000	
Gain controller	Kw2	[]	100.000	

Tabla 12. Tabla lookup Potencia vs Apertura compuerta.

Lpower_2 [p.u.]	Lgate_2 [p.u.]	Lpower_2 [p.u.]	Lgate_2 [p.u.]
0.050	0.010	0.800	0.970
0.100	0.090		
0.200	0.234		
0.300	0.398		
0.400	0.544		
0.500	0.685		
0.600	0.795		
0.700	0.890		

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

MODELO DISTRIBUIDOR:

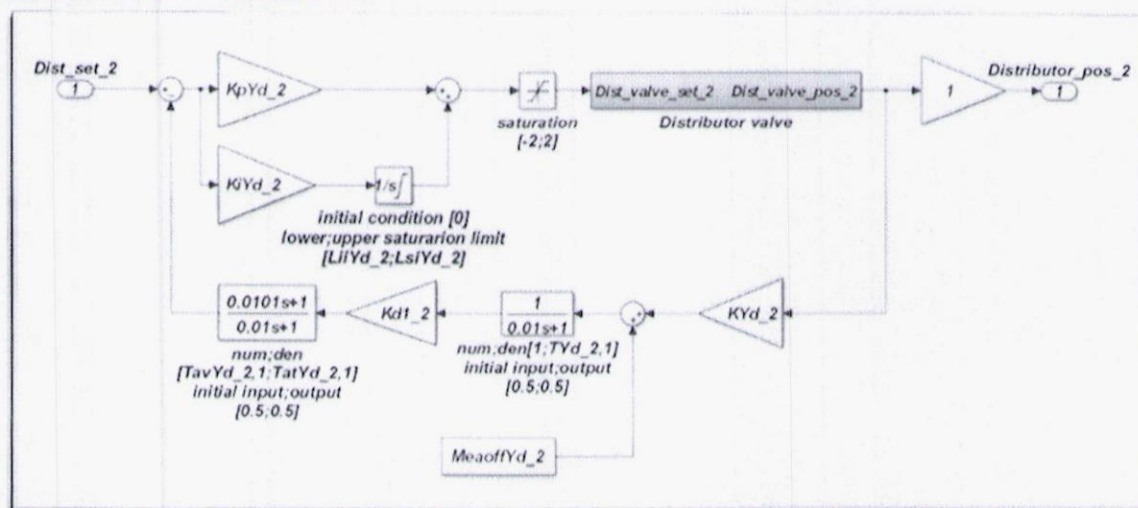


Figura 22. Modelo SIMULINK, bloque “DISTRIBUTOR2”.

Tabla 13. Parámetros DISTRIBUTOR2

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit2
Proportional gain distributor control loop	KpYd_2	[]	10.000
Integral gain distributor control loop	KiYd_2	[]	5.000
Lower limit integrator control loop	LiiYd_2	[p.u.]	-0.100
Upper limit integrator control loop	LsiYd_2	[p.u.]	0.100
Feedback gain	KYd_2	[p.u./v]	0.063
Time of feedback filter measurement	TYd_2	[s]	0.010
Feedback gain lead - lag block	Kd1_2	[]	1.000
Time of feedback gain lead - lag block	TavYd_2	[s]	0.010
Time of feedback gain lead - lag block	TatYd_2	[s]	0.010
Feedback off set	MeaoffYd_2	[p.u.]	0.500

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

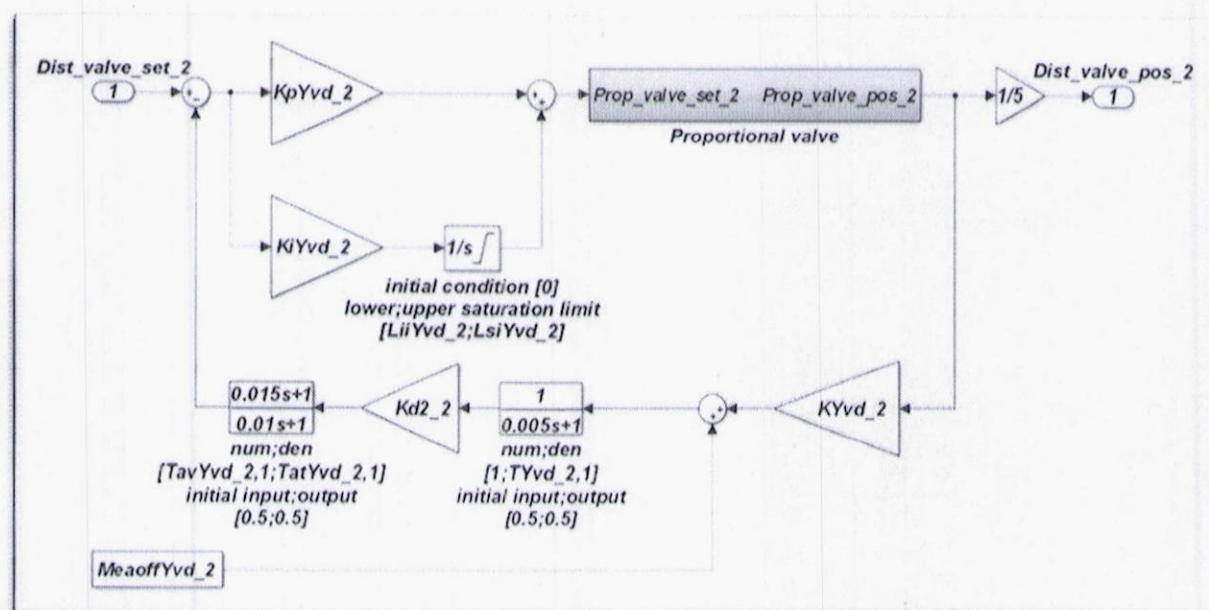


Figura 23. Modelo SIMULINK, bloque “DISTRIBUTOR VALVE”.

Tabla 14. Parámetros DISTRIBUTOR VALVE.

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit2
Proportional gain distributor valve control loop	KpYvd_2	[]	8.000
Integral gain distributor valve control loop	KiYvd_2	[]	20.000
Lower limit integrator control loop	LiiYvd_2	[p.u.]	-1.000
Upper limit integrator control loop	LsiYvd_2	[p.u.]	1.000
Feedback gain	KYvd_2	[p.u./v]	0.125
Time of feedback filter measurement	TYvd_2	[s]	0.005
Feedback gain lead - lag block	Kd2_2	[]	1.000
Time of feedback gain lead - lag block	TavYvd_2	[s]	0.015
Time of feedback gain lead - lag block	TatYvd_2	[s]	0.010
Feedback off set	MeaoffYvd_2	[p.u.]	0.000

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

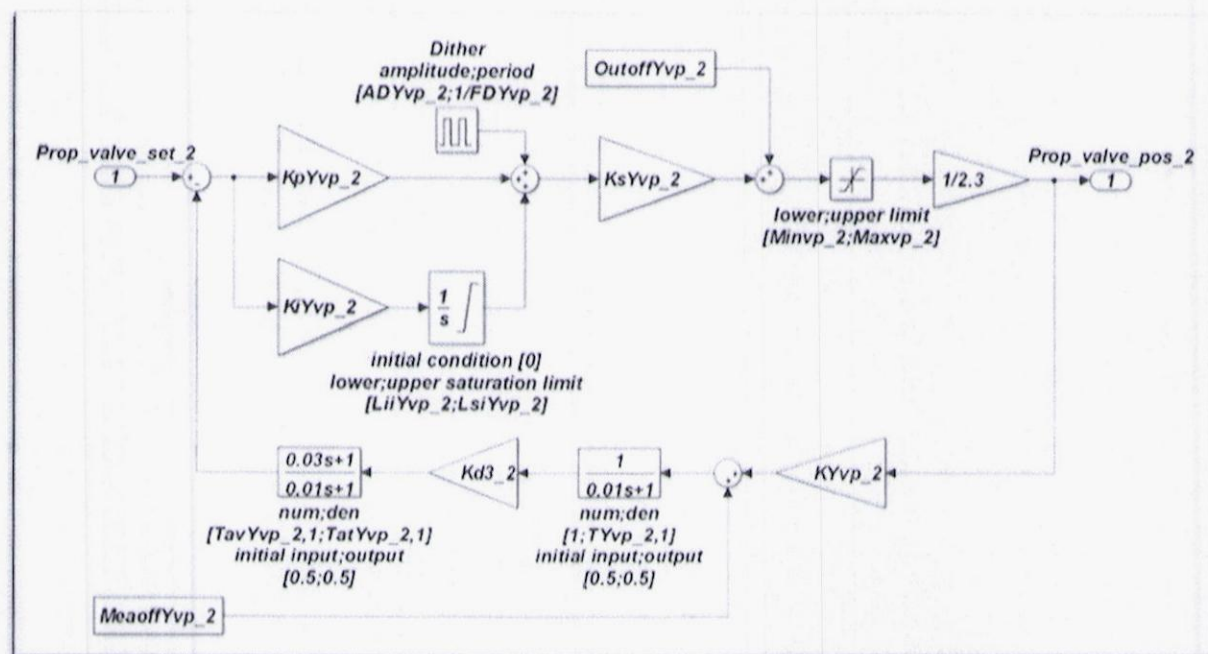


Figura 24. Modelo SIMULINK, bloque “PROPORTIONAL VALVE”.

Tabla 15. Parámetros PROPORTIONAL VALVE.

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit2 Valor declarado por EPM	Valor propuesto por XM para Base de Datos Digsilent del CND
Proportional gain proportional valve control loop	KpYvp_2	[]	0.900	
Integral gain proportional valve control loop	KiYvp_2	[]	6.000	
Amplitude Dither	ADYvp_2	[p.u.]	0.040	
Frequency Dither	FDYvp_2	[Hz]	30.000	
Lower limit integrator control loop	LiiYvp_2	[p.u.]	-0.400	
Upper limit integrator control loop	LsiYvp_2	[p.u.]	0.400	
Gain ramp	KsYvp_2	[]	3.000	
Output off set	OutoffYvp_2	[v]	0.000	
Minimum limit proportional valve	Minvp_2	[v]	-3.000	
Maximum limit proportional valve	Maxvp_2	[v]	10.000	12.300
Feedback gain	KYvp_2	[p.u./v]	0.100	
Feedback off set	MeaoffYvp_2	[p.u.]	0.000	
Time of feedback filter measurement	TYvp_2	[s]	0.010	
Feedback gain lead - lag block	Kd3_2	[]	1.000	
Time of feedback gain lead - lag block	TavYvp_2	[s]	0.030	
Time of feedback gain lead - lag block	TatYvp_2	[s]	0.010	

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

ANEXO 3: Parámetros unidad 3 de Guadalupe IV

Tabla 1. Parámetros de generador

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit3
Rated power	Sn	[W]	77400000
Rated power	Sn1	[MW]	77.40
Rated output voltage	Un	[V]	13800
Frequency	fn	[Hz]	60
Armature resistance	Ra	[ohm]	0.126
d-axis reactance	Xd	[p.u.]	1.001
d-axis transient reactance	Xpd	[p.u.]	0.311
d-axis subtransient reactance	Xppd	[p.u.]	0.202
q-axis reactance	Xq	[p.u.]	0.331
q-axis subtransient reactance	Xppq	[p.u.]	0.111
Leakage reactance	Xl	[p.u.]	0.051
d axis open circuit transient time constant	Tpdo	[s]	8.355
d axis open circuit subtransient time constant	Tppdo	[s]	0.044
q axis open circuit subtransient time constant	Tppqo	[s]	0.042
Field current base	Ifbase	[A]	465
Field voltage base	Vfbase	[V]	54
Inertia constant	H	[MWs/MVA]	4.438

Tabla 2. Parámetros de transformador elevador

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit3
Nominal power	Sntr	[VA]	135000000
Nominal coil	Untr2	[V]	230000
Nominal coil	Untr1	[V]	13800
Trafo Inductance	Uk	[p.u]	0.131

Tabla 3. Parámetros de la red

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit3
Reactancia	Xe	[p.u.]	0.010
Resistance	Re	[p.u.]	0.001
Short circuit power	SCMVA	[VA]	2000000000

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

REGULADOR DE TENSIÓN (AVR):

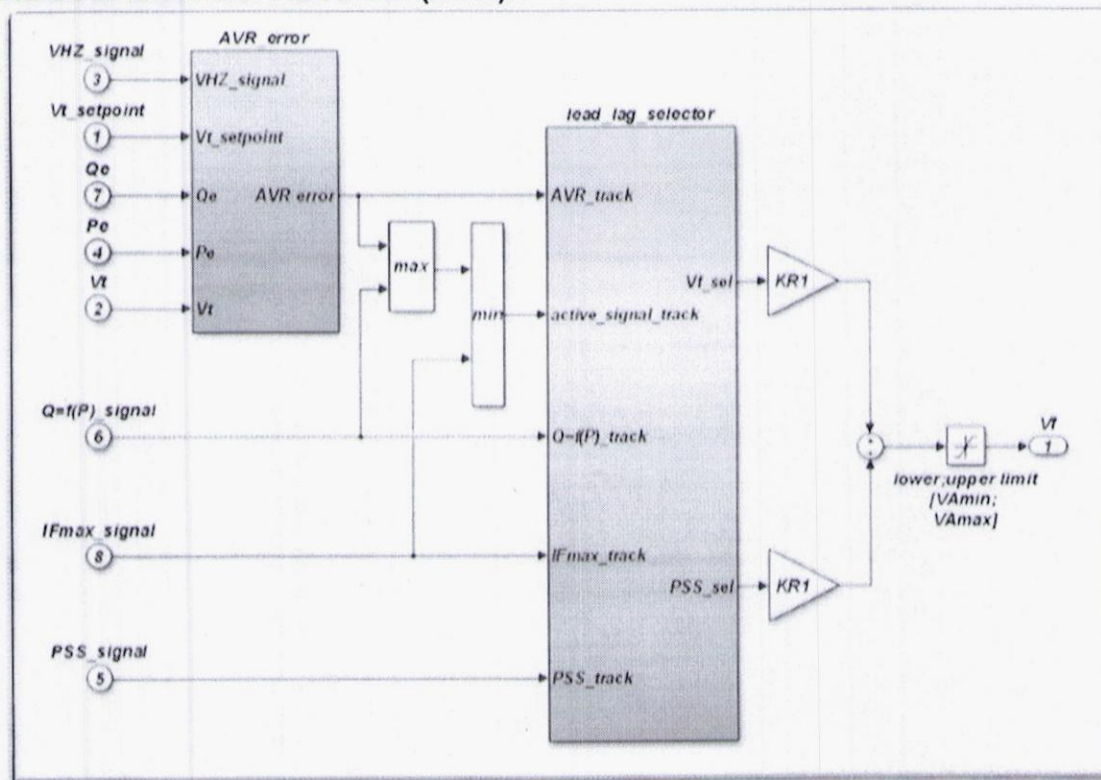


Figura 1. Modelo SIMULINK, bloque "AVR"

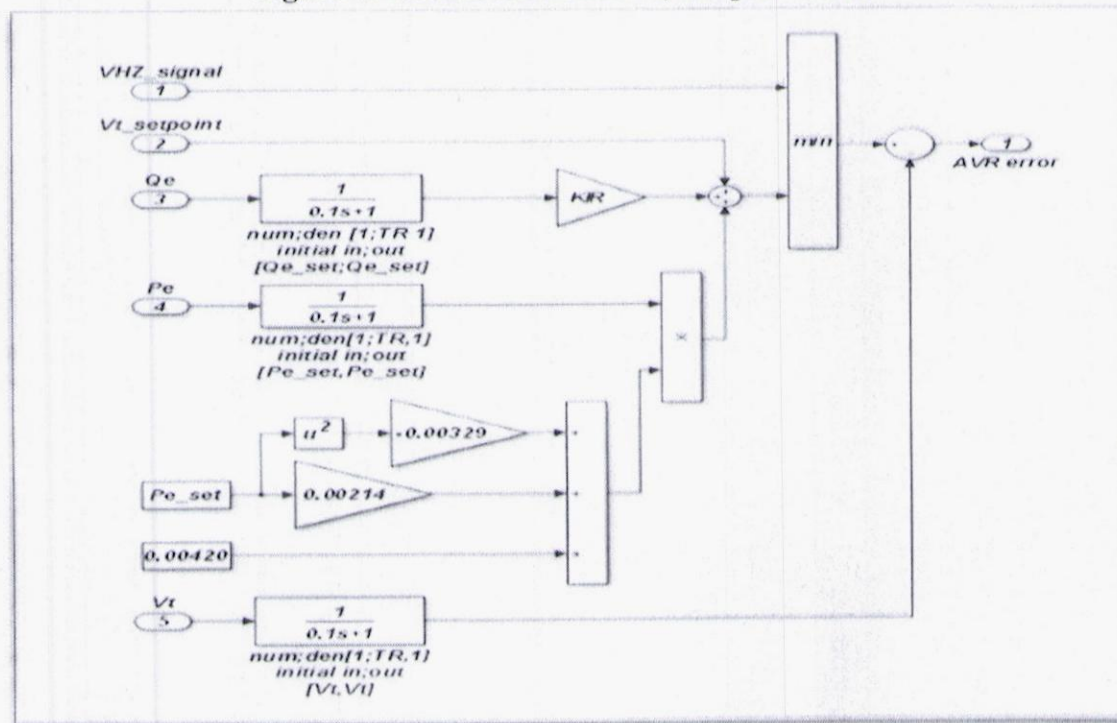


Figura 2. Modelo SIMULINK, bloque "AVR_ERROR"

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

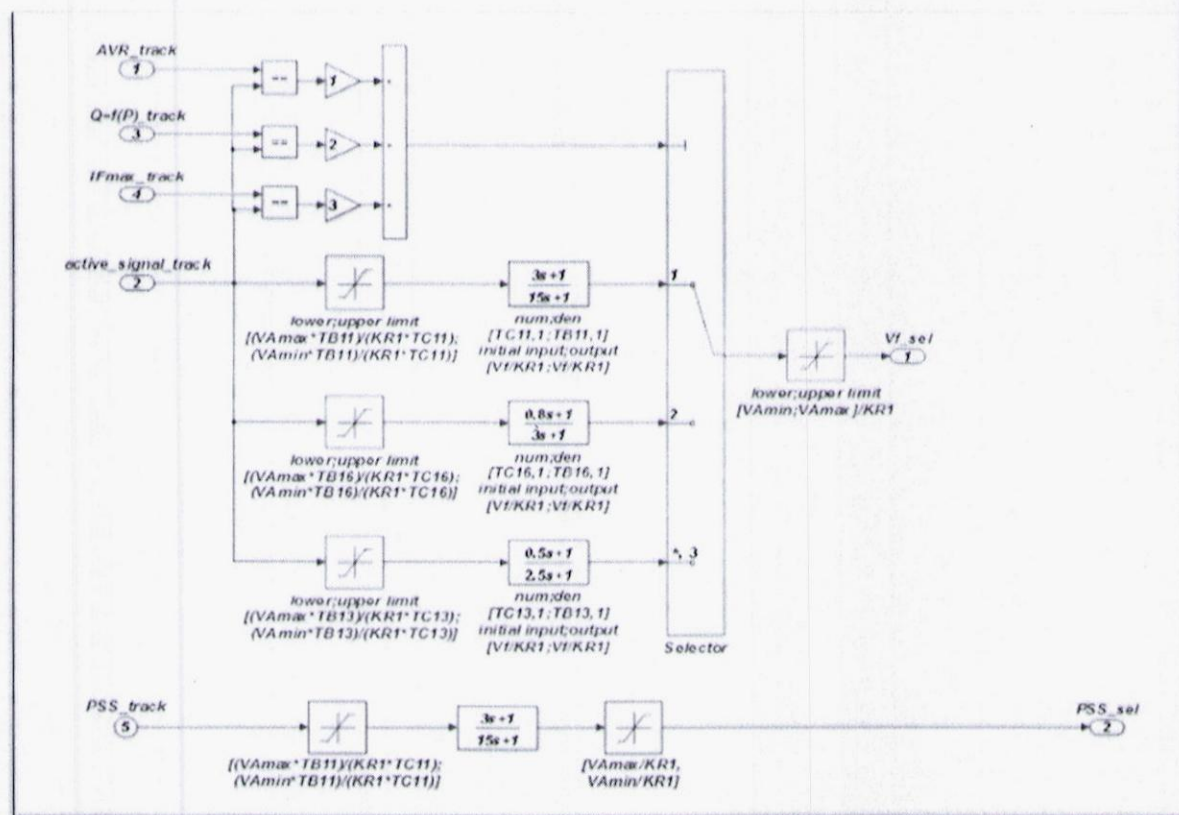


Figura 3. Modelo SIMULINK, bloque "LEAD_LAG_SELECTOR"

Tabla 4. Parámetros AVR

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit3
Measuring filter time constant	TR	[s]	0.1
Reactive power compensation factor	KIR	[p.u/p.u.]	0.0
AVR controller first lead time constant	TC11	[s]	3.0
AVR controller first lag time constant	TB11	[s]	30.0
Steady state gain	KR1	[s]	450
AVR output negative ceiling value	Vamin	[s]	-5.1880
AVR output positive ceiling value	Vamax	[p.u.]	5.8995
Ifmax controller first lag time constant	TB13	[s]	2.5
Ifmax controller first lead time constant	TC13	[s]	0.5
PQ controller first lag time constant	TB16	[s]	3.0
PQ controller first lead time constant	TC16	[s]	0.8

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

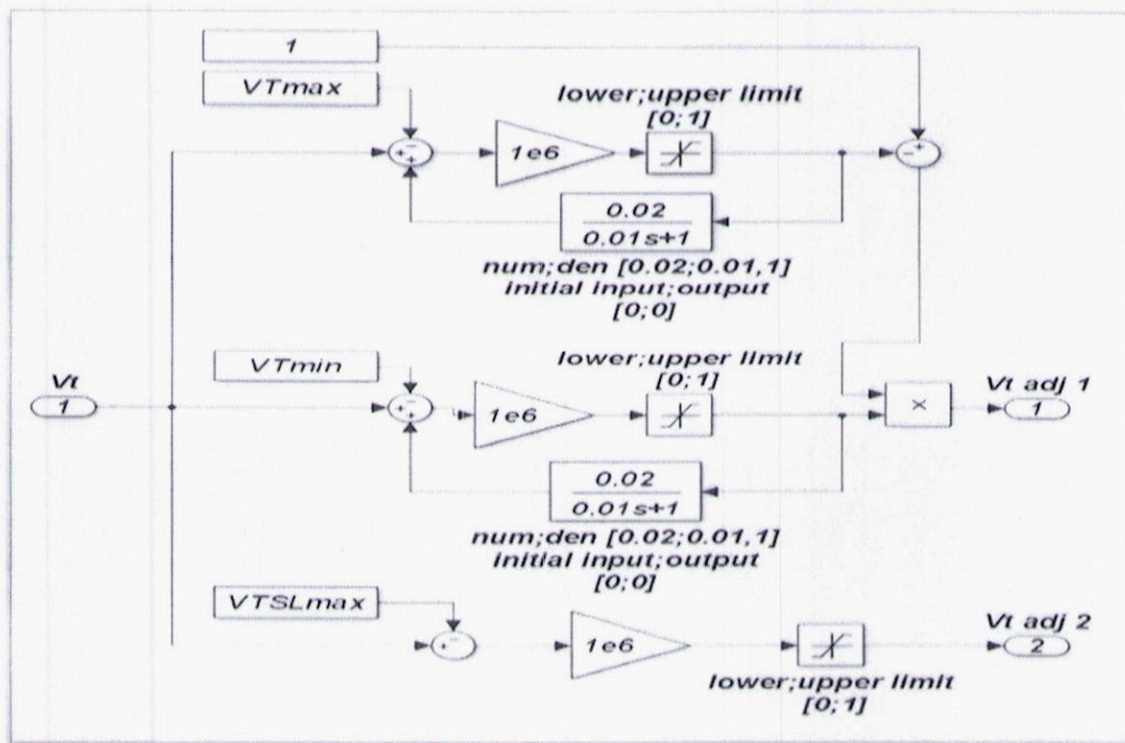


Figura 6. Modelo SIMULINK, bloque "VT ADJUST".

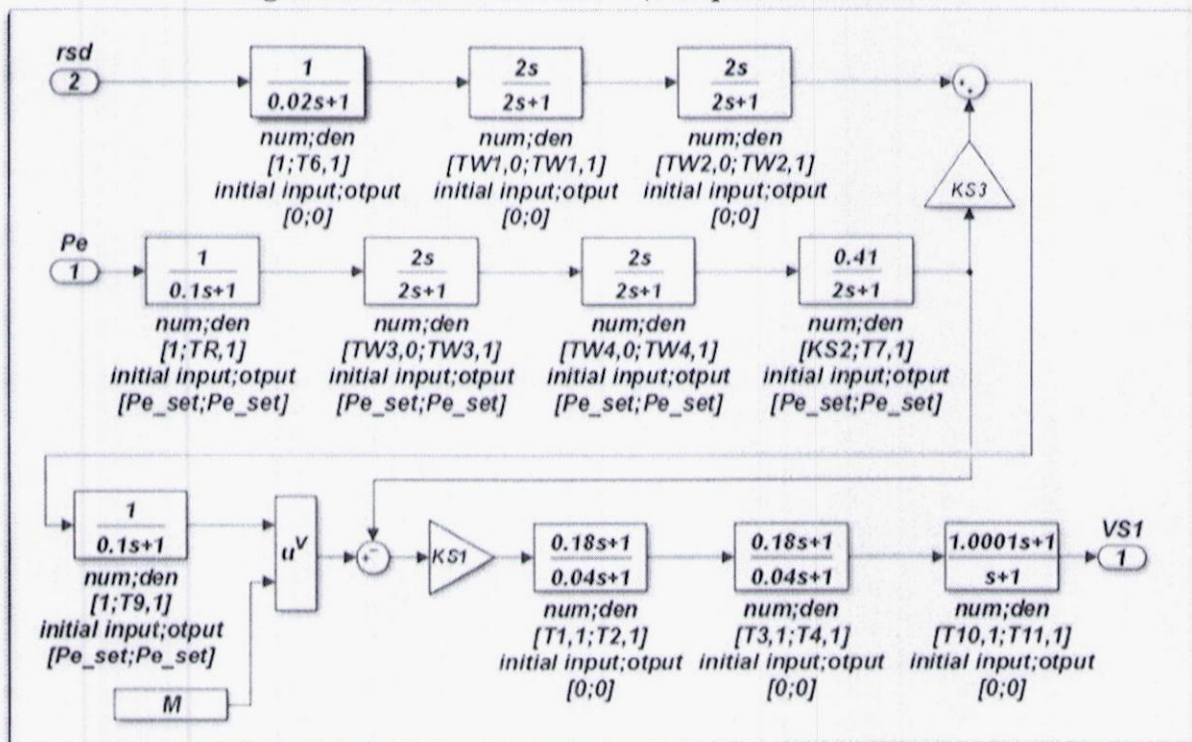


Figura 7. Modelo SIMULINK, bloque "PSS 2B".

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

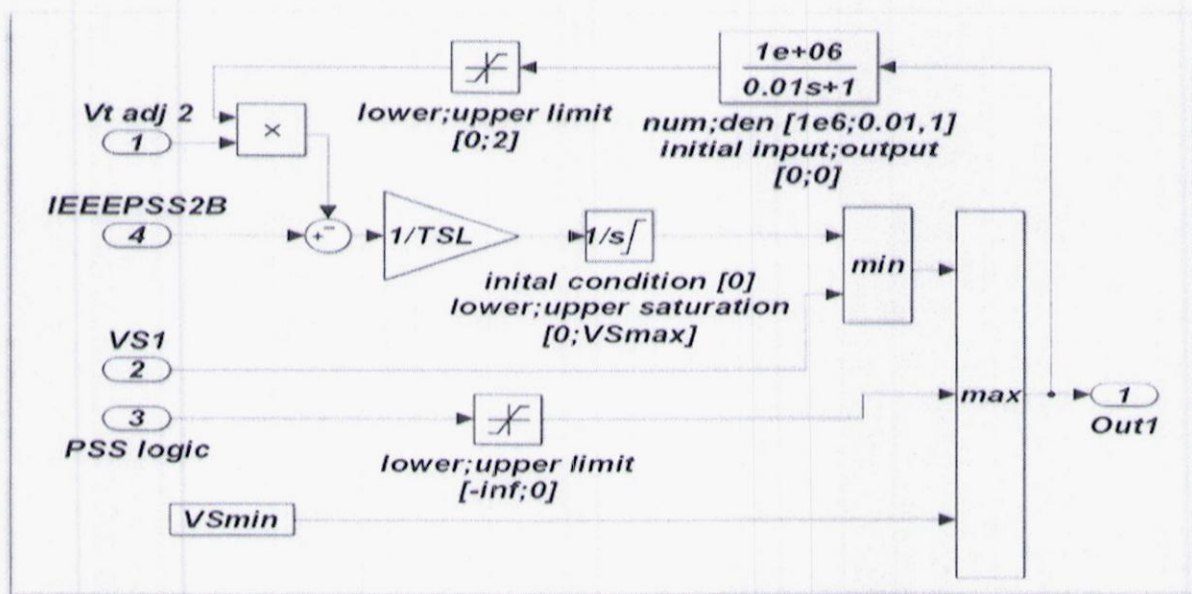


Figura 8. Modelo SIMULINK, bloque "RAMP_ADJUST".

Tabla 5. Parámetros PSS

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	unit3
Wash out time constant	TW1	[s]	2.0000
Wash out time constant	TW2	[s]	2.0000
Wash out time constant	TW3	[s]	2.0000
Wash out time constant	TW4	[s]	2.0000
PSS gain factor	KS1	[p.u.]	5.0000
Compensation factor for calculation of integral of electrical power	KS2	[p.u.]	0.4100
Signal matching factor	KS3	[p.u.]	1.0000
Lead time constant of conditioning network	T1	[s]	0.1800
Lag time constant of conditioning network	T2	[s]	0.0400
Lead time constant of conditioning network	T3	[s]	0.1800
Lag time constant of conditioning network	T4	[s]	0.0400
Rotor angular frequency deviation transducer time constant	T6	[s]	0.0200
Time constant for integral of electrical power calculation	T7	[s]	2.0000
Ramp Tracking filter time constant	T9	[s]	0.1000
Lead time constant of conditioning network	T10	[s]	1.0001
Lag time constant of conditioning network	T11	[s]	1.0000
Ramp Tracking filter degree	M	[]	5.0000
PSS block parameter	BlockPSS	[]	1.0000
Minimum active power level for PSS release	PTmin	[p.u.]	0.3000
PSS release parameter	PSSEnable	[]	1.0000
PSS release time delay	TON	[s]	1.0000
Maximum terminal voltage level for PSS blocking	VTmax	[p.u.]	1.1000
Minimum terminal voltage level for PSS blocking	VTmin	[p.u.]	0.9000
Terminal voltage limit value for reduction of PSS maximum limit of PSS signal	VTSLmax	[p.u.]	1.0700
Integration time of VTSLmax limitation	TSL	[s]	1.0000
Maxim limit of PSS signal	VSmax	[p.u.]	0.1000
Minimum limit of PSS signal	VSmin	[p.u.]	-0.1000

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

LIMITADOR DE SUBEXCITACIÓN (PQ LIMITER):

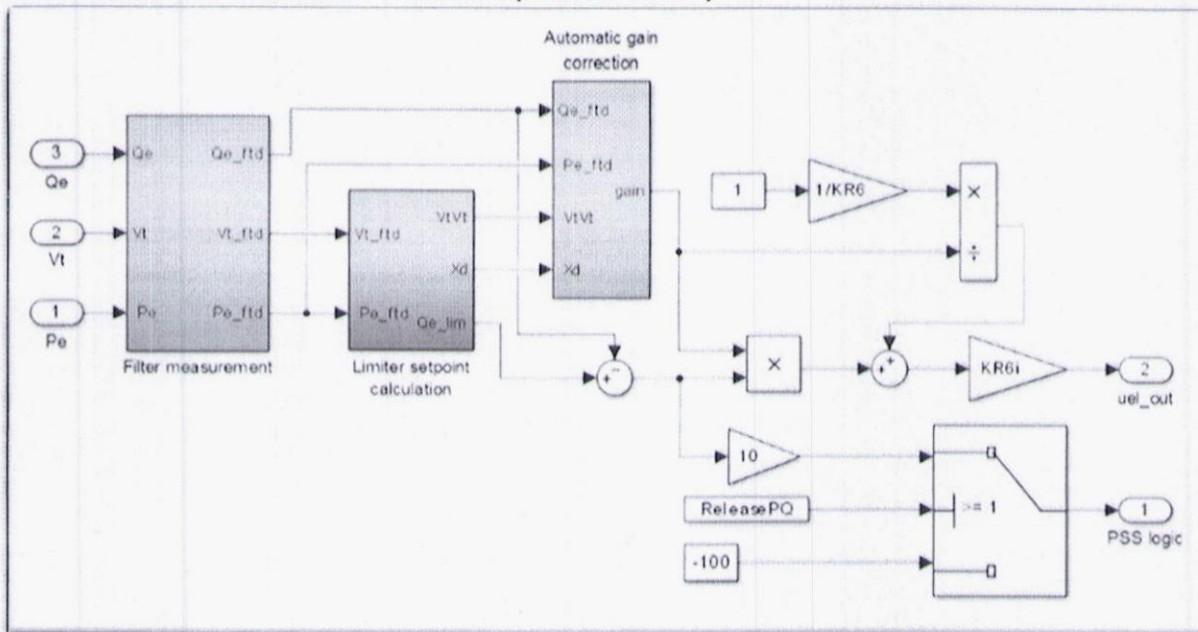


Figura 9. Modelo SIMULINK, bloque "PQ_LIMITER".

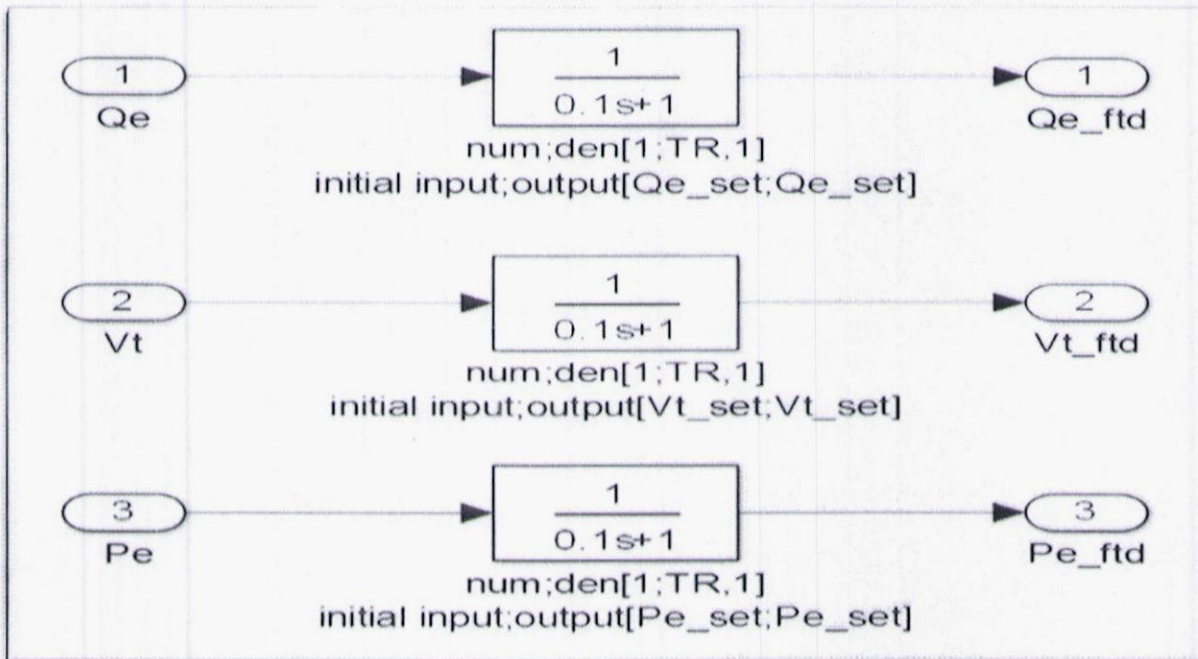


Figura 10. Modelo SIMULINK, bloque "FILTER MEASUREMENT".

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

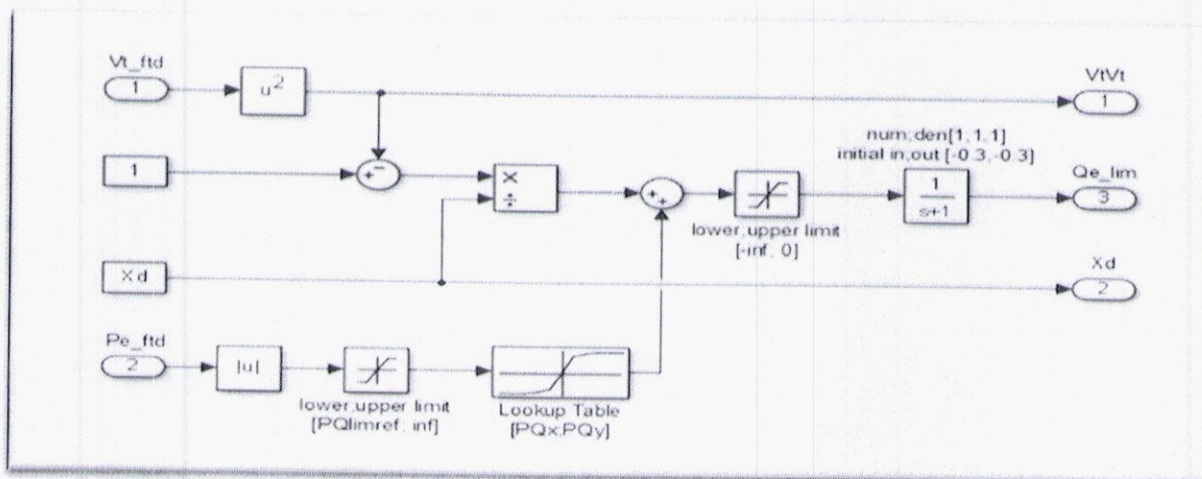


Figura 11. Modelo SIMULINK, bloque "LIMITER SETPOINT CALCULATION".

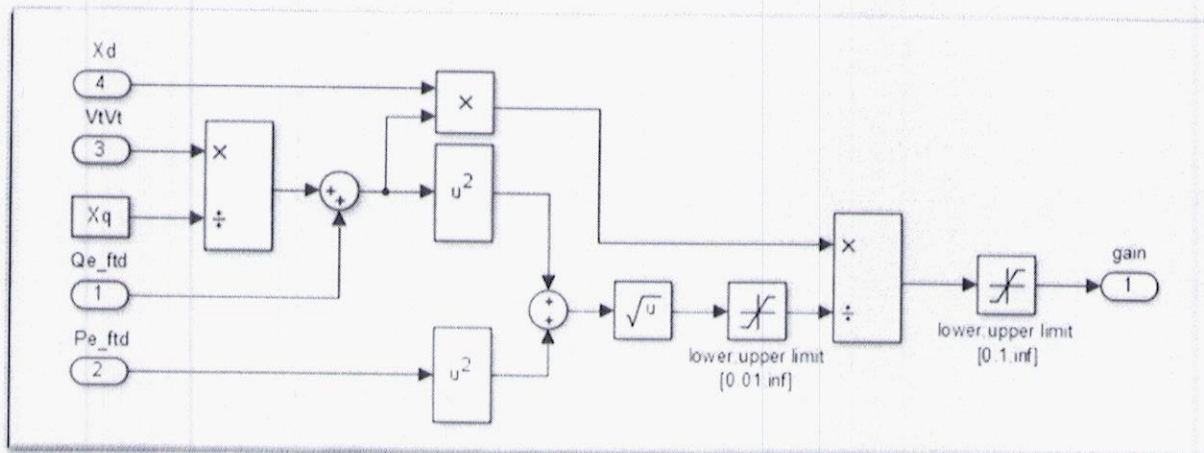


Figura 12. Modelo SIMULINK, bloque "AUTOMATIC GAIN CORRECTION".

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 6. Parámetros PQ limiter.

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit3 Valor declarado por EPM	Valor propuesto por XM para Base de Datos Digsilent del CND
Lookup table (x1)	PQx(1)	[p.u.]	0.000	
Lookup table (x2)	PQx(2)	[p.u.]	0.200	
Lookup table (x3)	PQx(3)	[p.u.]	0.400	
Lookup table (x4)	PQx(4)	[p.u.]	0.600	
Lookup table (x5)	PQx(5)	[p.u.]	0.800	
Lookup table (x6)	PQx(6)	[p.u.]	1.000	
Lookup table (y1)	PQy(1)	[p.u.]	-0.600	-0.601
Lookup table (y2)	PQy(2)	[p.u.]	-0.550	-0.55528
Lookup table (y3)	PQy(3)	[p.u.]	-0.500	-0.50956
Lookup table (y4)	PQy(4)	[p.u.]	-0.450	-0.4459
Lookup table (y5)	PQy(5)	[p.u.]	-0.400	-0.3357
Lookup table (y6)	PQy(6)	[p.u.]	-0.350	-0.1757
Low limit PQ reference	Pqlimref	[p.u.]	-0.327	
Steady state gain	KR6	[p.u./p.u.]	50.00	
Steady state gain adjustment	KR6i	[p.u./p.u.]	0.09	

LIMITADOR DE SOBRE EXCITACIÓN (IFMAX LIMITER):

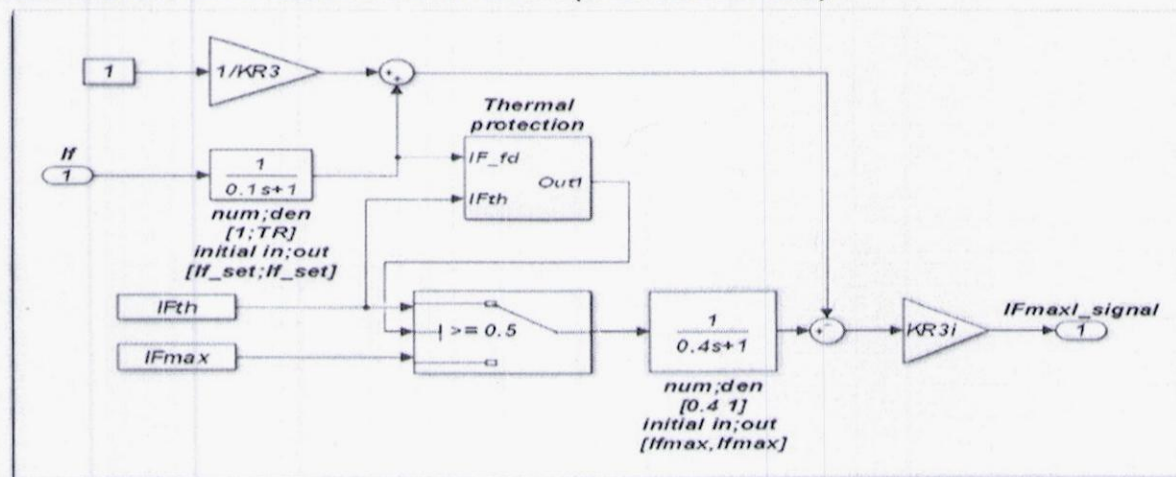


Figura 13. Modelo SIMULINK, bloque "IFMAX_LIMITER".

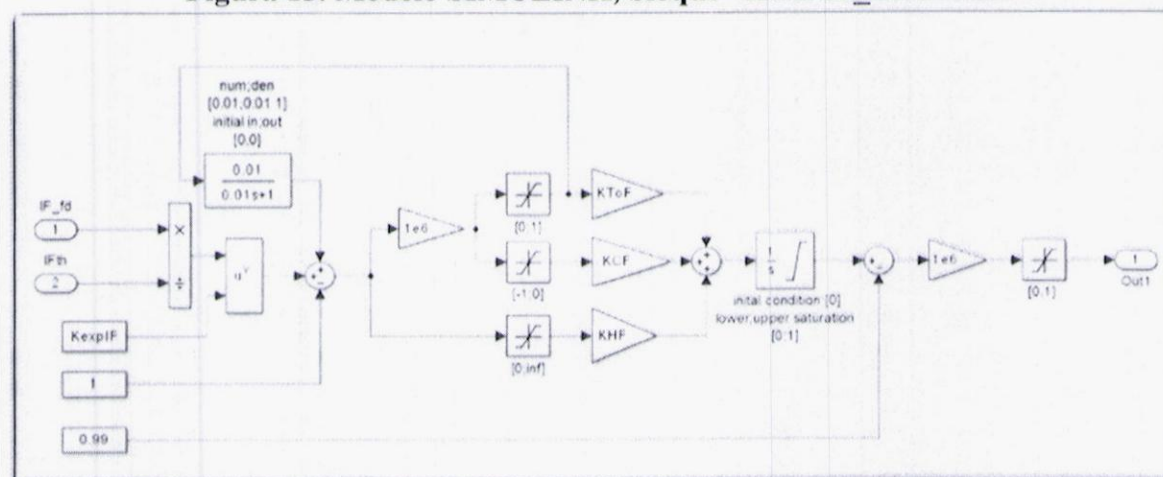


Figura 14. Modelo SIMULINK, bloque "THERMAL PROTECTION".

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 7. Parámetros IFmax limiter

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit3 valor declarado por EPM	Valor propuesto por XM para Base de Datos Digsilent del CND
Maximum field current limit	IFmax	[p.u.]	2.6911	
Maximum thermal field current limit	IFth	[p.u.]	2.0183	1.7000
Exponent factor of inverse time characteristic	KexpIF	-	1.0	
Inverse time characteristic integration constant	KHF	[1/s]	0.0	
Cooling integration constant	KCF	[1/s]	0.2	
Fixed time integration constant	KToF	[1/s]	0.1	
Steady state gain	KR3	[p.u./p.u.]	500.0	
Steady state gain adjustment	KR3i	[p.u./p.u.]	0.3	

LIMITADOR RELACIÓN VOLTIOS – HERTZ (V/Hz LIMITER):

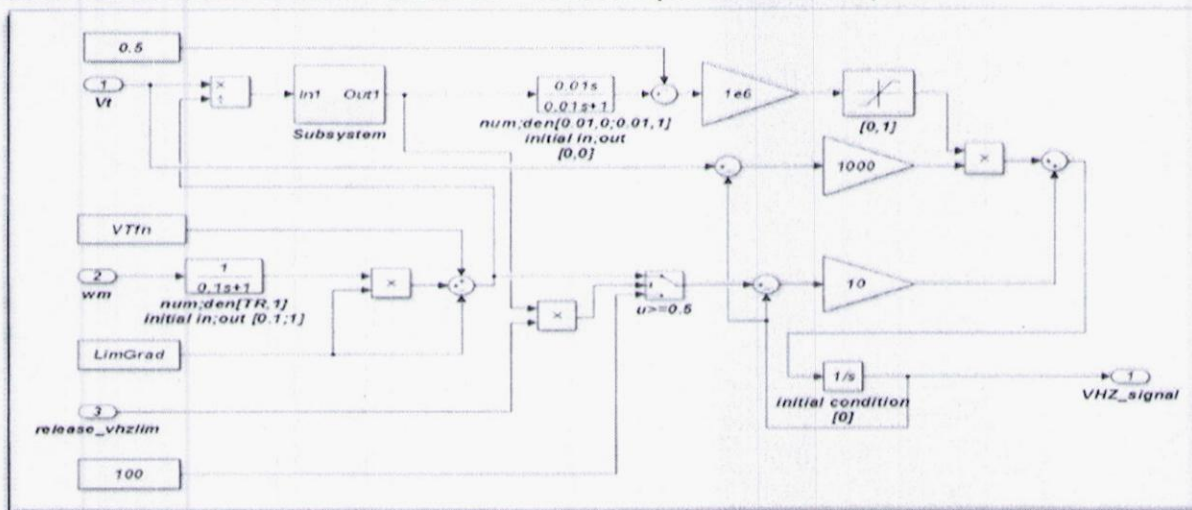


Figura 15. Modelo SIMULINK, bloque “V/HZ_LIMITER”.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

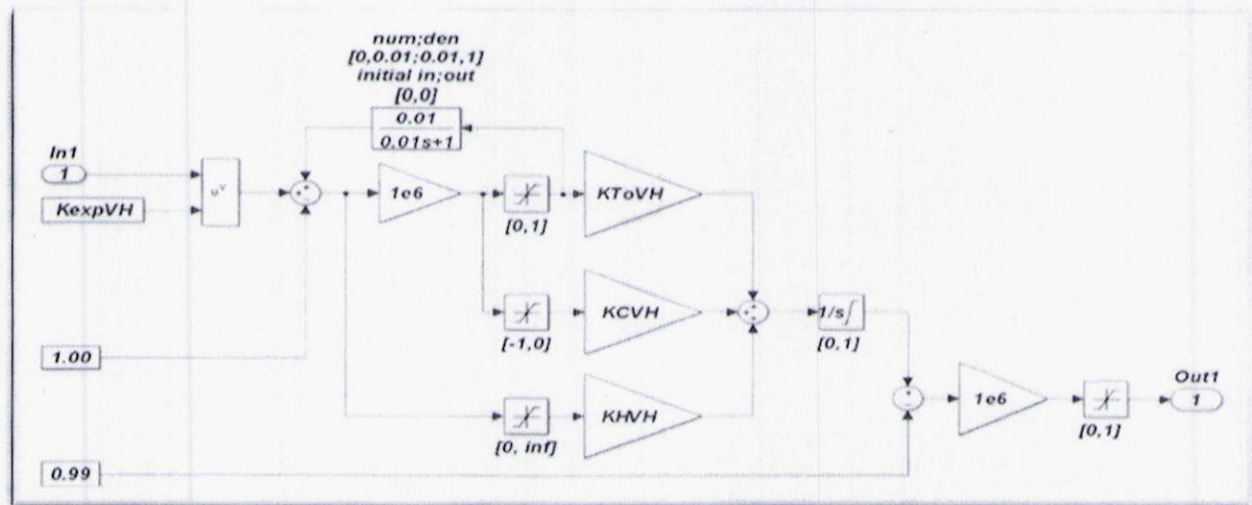


Figura 16. Modelo SIMULINK, bloque “SUBSYSTEM”.

Tabla 8. Parámetros V/Hz limiter.

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit3
Maximum V/Hz gradient	LimGrad	[p.u.]	1.15
Maximum generator voltage	VTfn	[p.u.]	1.10
Exponent factor of inverse time characteristic	KexpVH	-	1.00
Inverse time integration constant	KHVH	[1/s]	0.00
Cooling integration constant	KCVH	[1/s]	0.001
Fixed time integration constant	KToVH	[1/s]	1000.000

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

TURBINA Y GOBERNADOR:

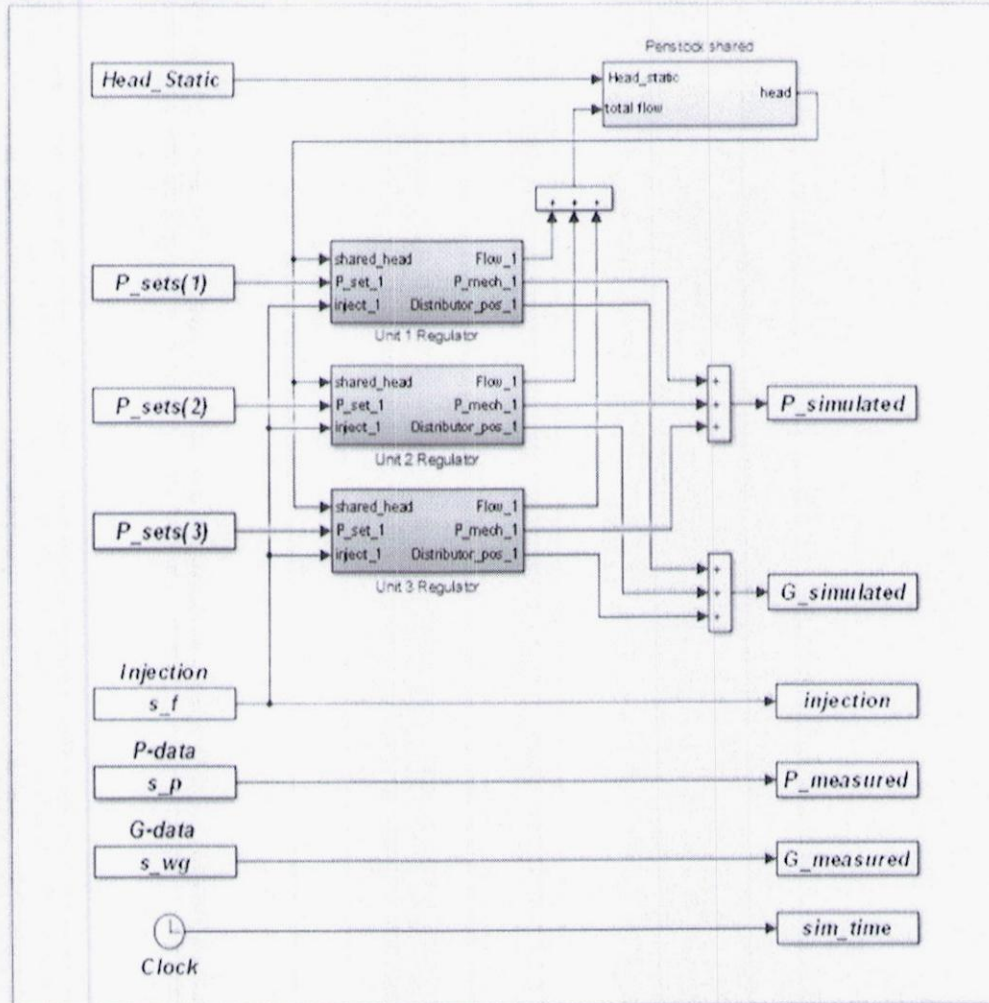


Figura 17. Modelo SIMULINK conjunto regulador de velocidad.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

MODELO DE LA CONDUCCIÓN:

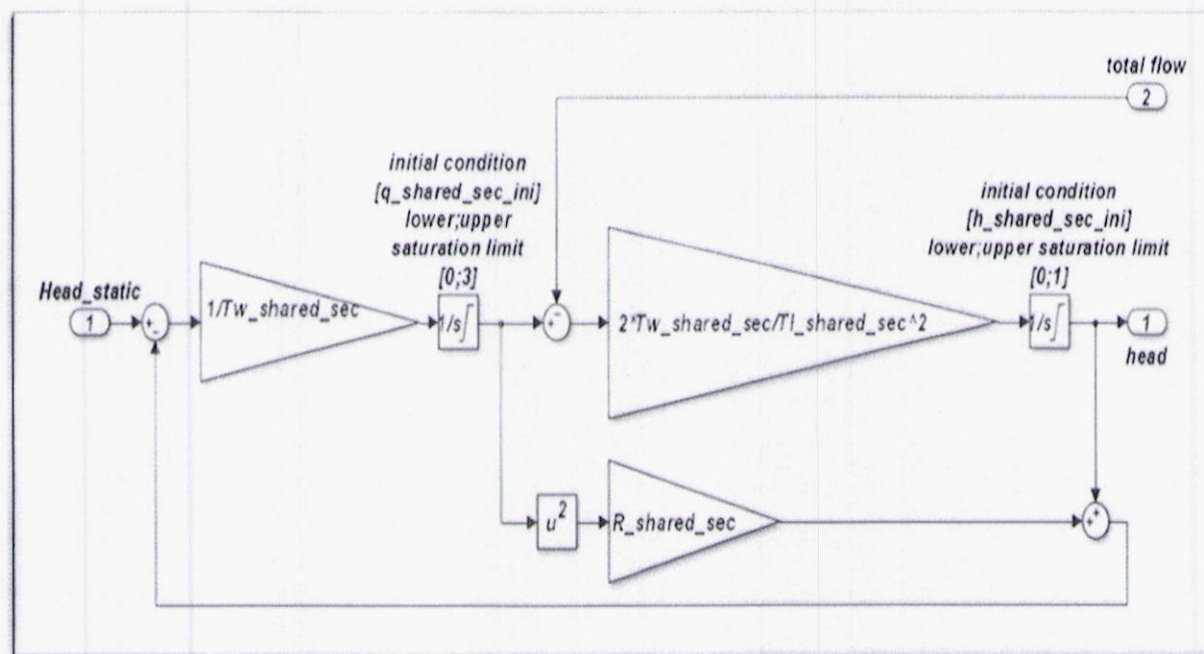


Figura 18. Modelo SIMULINK, bloque “PENSTOCK SHARED”

Tabla 9. Parámetros penstock shared.

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit3
Inertia of water (Water time constant)	Tw_shared_sec	[s]	0.266
Elastic water column (Elastic time constant)	Tl_shared_sec	[s]	756.000
Friction of water (friction and geometric losses)	R_shared_sec	[1/m]	0.002

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

MODELO CONTROLADOR:

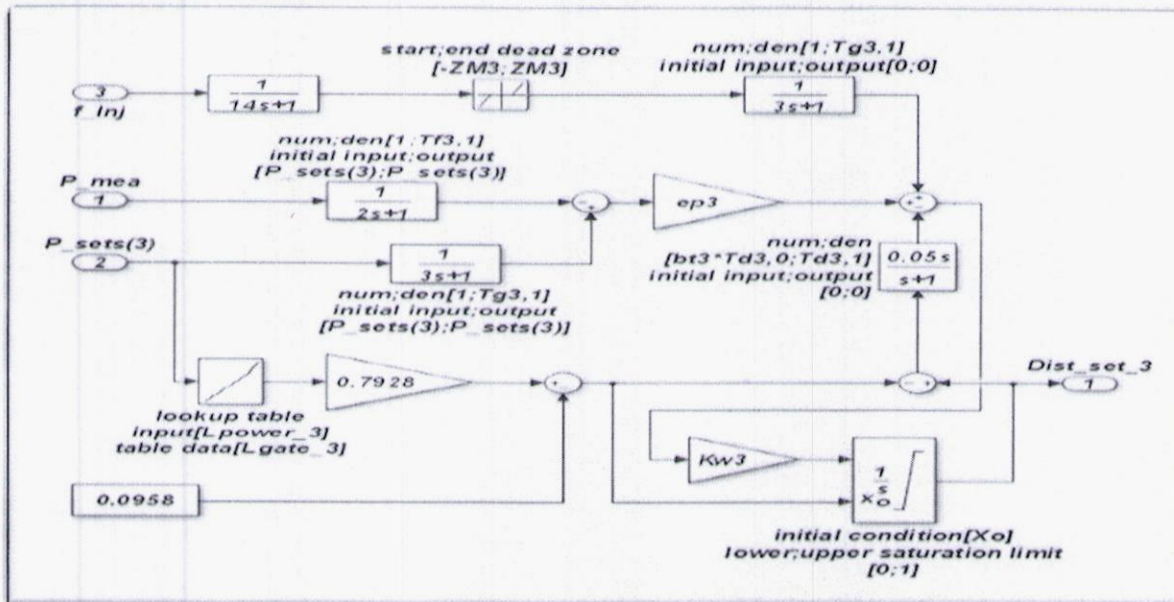


Figura 21. Modelo SIMULINK, bloque “CONTROLLER3”.

Tabla 11. Parámetros Controller3.

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit3 valor declarado por EPM	Valor propuesto por XM para Base de Datos Digsilent del CND
Dead band	ZM3	[p.u.]	0.000	
Time constant	Tg3	[s]	3.000	
Time constant	Tf3	[s]	2.000	
Estatism	ep3	[p.u.]	0.050	
Gain	bt3	[]	0.050	0.650
Time constant	Td3	[s]	1.000	
Gain controller	Kw3	[]	100.000	

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 12. Tabla lookup Potencia vs Apertura compuerta.

Lpower_3 [p.u.]	Lgate_3 [p.u.]	Lpower_3 [p.u.]	Lgate_3 [p.u.]
0.059	0.103	0.610	0.501
0.120	0.151	0.668	0.551
0.192	0.200	0.730	0.601
0.268	0.250	0.783	0.651
0.343	0.301	0.825	0.701
0.411	0.350	0.852	0.750
0.487	0.401	0.905	0.801
0.552	0.450	0.948	0.850

MODELO DISTRIBUIDOR:

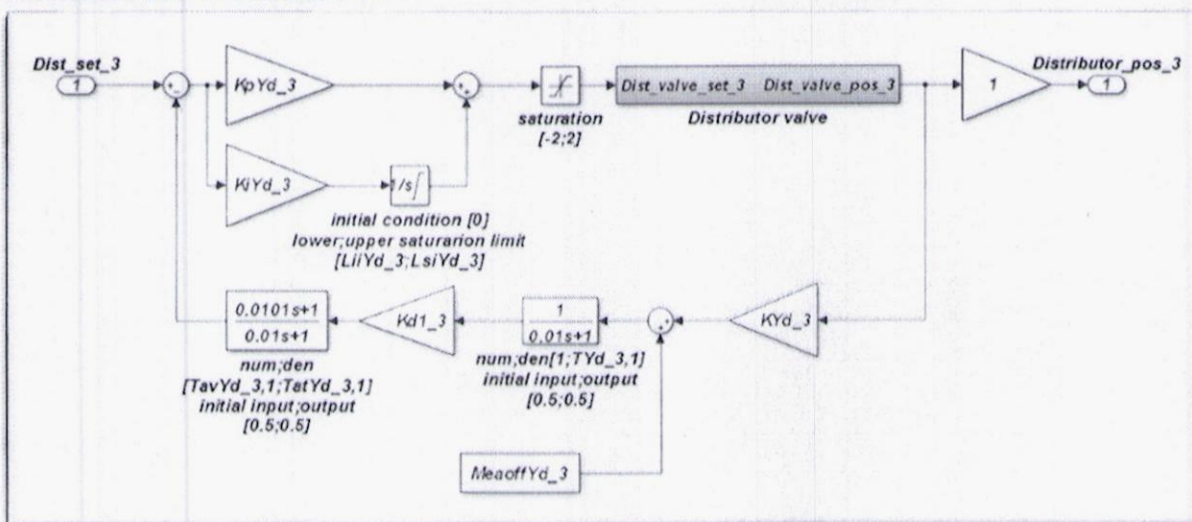


Figura 22. Modelo SIMULINK, bloque “DISTRIBUTOR3”.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 13. Parámetros DISTRIBUTOR3

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit3
Proportional gain distributor control loop	KpYd_3	[]	10.000
Integral gain distributor control loop	KiYd_3	[]	5.000
Lower limit integrator control loop	LiiYd_3	[p.u.]	-0.100
Upper limit integrator control loop	LsiYd_3	[p.u.]	0.100
Feedback gain	KYd_3	[p.u./v]	0.063
Time of feedback filter measurement	TYd_3	[s]	0.010
Feedback gain lead - lag block	Kd1_3	[]	1.000
Time of feedback gain lead - lag block	TavYd_3	[s]	0.010
Time of feedback gain lead - lag block	TatYd_3	[s]	0.010
Feedback off set	MeaoffYd_3	[p.u.]	0.500

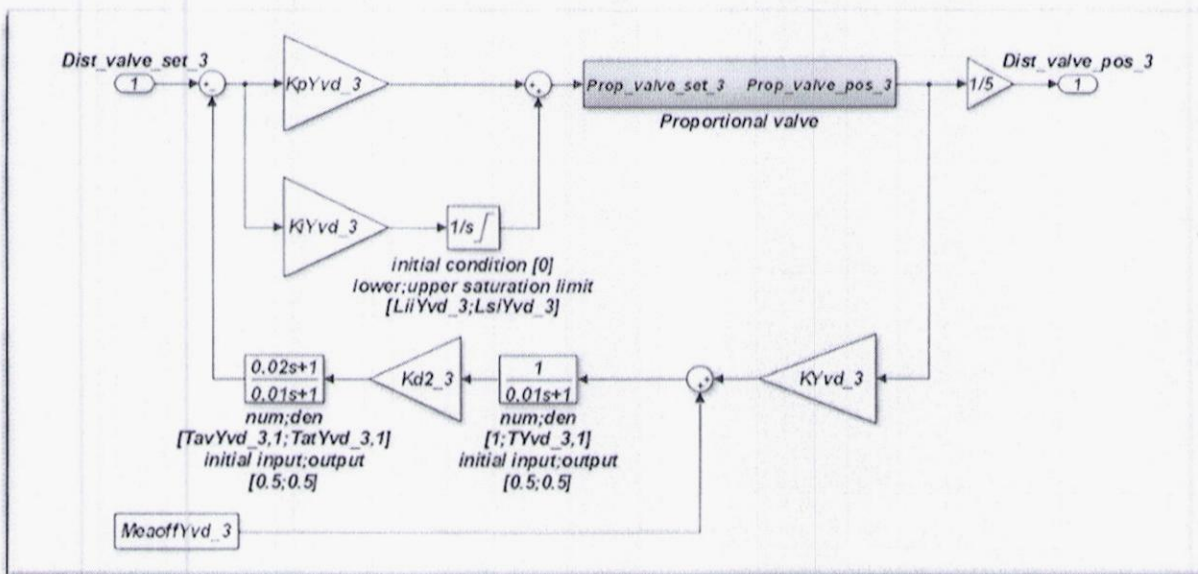


Figura 23. Modelo SIMULINK, bloque “DISTRIBUTOR VALVE”.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 14. Parámetros DISTRIBUTOR VALVE.

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit3
Proportional gain distributor valve control loop	KpYvd_3	[]	3.000
Integral gain distributor valve control loop	KiYvd_3	[]	20.000
Lower limit integrator control loop	LiiYvd_3	[p.u.]	-1.000
Upper limit integrator control loop	LsiYvd_3	[p.u.]	1.000
Feedback gain	KYvd_3	[p.u./v]	0.125
Time of feedback filter measurement	TYvd_3	[s]	0.010
Feedback gain lead - lag block	Kd2_3	[]	1.000
Time of feedback gain lead - lag block	TavYvd_3	[s]	0.020
Time of feedback gain lead - lag block	TatYvd_3	[s]	0.010
Feedback off set	MeaoffYvd_3	[p.u.]	0.000

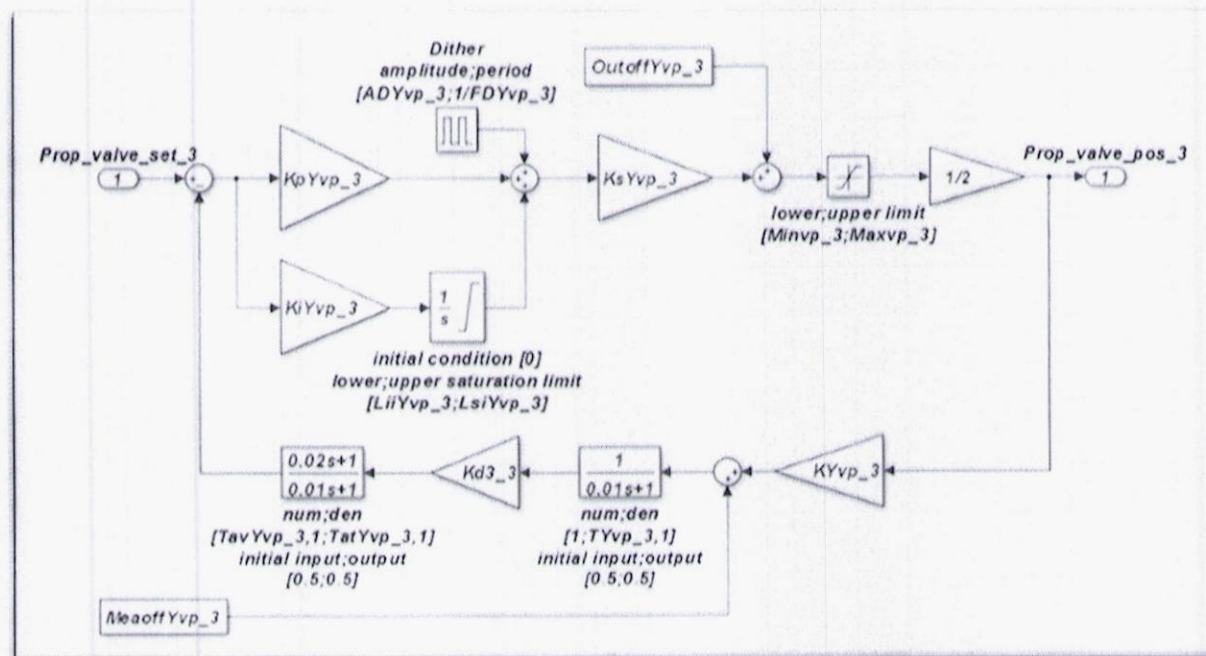


Figura 24. Modelo SIMULINK, bloque “PROPORTIONAL VALVE”.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 15. Parámetros PROPORTIONAL VALVE.

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UNIDAD	Unit3 Valor declarado por EPM	Valor propuesto por XM para Base de Datos Digsilent del CND
Proportional gain proportional valve control loop	KpYvp_3	[]	0.900	
Integral gain proportional valve control loop	KiYvp_3	[]	20.000	
Amplitude Dither	ADYvp_3	[p.u.]	0.040	
Frequency Dither	FDYvp_3	[Hz]	20.000	
Lower limit integrator control loop	LiiYvp_3	[p.u.]	-0.500	
Upper limit integrator control loop	LsiYvp_3	[p.u.]	0.400	
Gain ramp	KsYvp_3	[]	3.000	
Output off set	OutoffYvp_3	[v]	0.000	
Minimum limit proportional valve	Minvp_3	[v]	-1.000	
Maximum limit proportional valve	Maxvp_3	[v]	10.000	12.800
Feedback gain	KYvp_3	[p.u./v]	0.100	
Feedback off set	MeaoffYvp_3	[p.u.]	0.000	
Time of feedback filter measurement	TYvp_3	[s]	0.010	
Feedback gain lead - lag block	Kd3_3	[]	1.000	
Time of feedback gain lead - lag block	TavYvp_3	[s]	0.020	
Time of feedback gain lead - lag block	TatYvp_3	[s]	0.010	

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

ANEXO 4: Parámetros unidad 3 de San Francisco

ANEXOS

Generador:

Tabla 1 Valores base para cálculos por unidad en el generador

Dato	Descripción	Valor	Dato	Descripción	Valor
Sb	Potencia base	53MVA	Zbgen	Impedancia base	3,593 Ω
Vb	Voltaje base	13,8 kV	Xe	Impedancia externa vista por el generador	0.44 Ω

Tabla 2 Parámetros técnicos del generador 3 de la Central San Francisco

Dato	Descripción	Valor Reportado	Valor Utilizado	Dato	Descripción	Valor Reportado	Valor Utilizado
	Fabricante	MITSUBISHI	MITSUBISHI	Vn	Voltaje salida generador	13800 V	13800 V
Sn	Potencia Aparente	53 MVA	53 MVA	T'do	Constante de tiempo del campo a vacío de eje directo(d)	3.4442 s	9 s
Fp	Factor de Potencia	0,85	0.85	T''do	Constante de tiempo sub-transitoria a vacío de eje directo(d)	0,04 s	0.068 s
W	Rotación	400 RPM	400 RPM	T''qo	Constante de tiempo sub-transitoria a vacío de eje de cuadratura (q)	0,04 s	0.23 s
Xd	Reactancia sincrónica de eje directo (d)	1,0918 pu	1.43 pu	Ag	Parámetro de la saturación	0 pu	0 pu
x'd	Reactancia transitoria de eje directo (d)	0,3975 pu	0.44 pu	Bg	Parámetro de la saturación	0 pu	0 pu
x''d	Reactancia sub-transitoria de eje directo(d)	0,3084 pu	0.324 pu	H	Constante de Inercia	3.73 s	7 s
Xl	Reactancia de dispersión	0,13938 pu	0.15 pu	D	Coefficiente de amortiguación	0.35 pu/pu	0.15 pu/pu
Xq	Reactancia sincrónica de eje de cuadratura (q)	0,9045 pu	0.704 pu	lfd	Corriente de campo base del generador	250 A	210 A
X''q	Reactancia subtransitoria de eje de cuadratura (q)	0.3174 pu	0.317 pu	Vfd	Tensión de campo base del generador	90 V	88.62
Xe	Reactancia vista por el generador	0.1225 pu	0.1225 pu	2P	Número de polos (Rotor tipo Polos salientes)	18	18

Tabla 3 Datos de la excitación del generador 3 de la Central San Francisco

Dato	Descripción	Valor	Dato	Descripción	Valor
CV	Voltaje de techo	350 V	Vexc	Voltaje excitación	275 V
Iexc	Corriente Excitación	330 A	W	Rotación	400 rpm

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Gobernador de turbina:

Tabla 4 Información general del Gobernador de turbina

Tipo de Turbina	Francis
Fabricante Sistema de Control	Andritz Hydro
Tipo de Sistema de Control	Digital

Tabla 5 Valores base para cálculos por unidad en el Gobernador de turbina

Dato	Descripción	Valor	Dato	Descripción	Valor
Sb	Potencia base [MVA]	48	YAb	Posición Distribuidor [%]	100
RPM	Velocidad Nominal	400			

Módulo controlador SPC (Speed Controller):

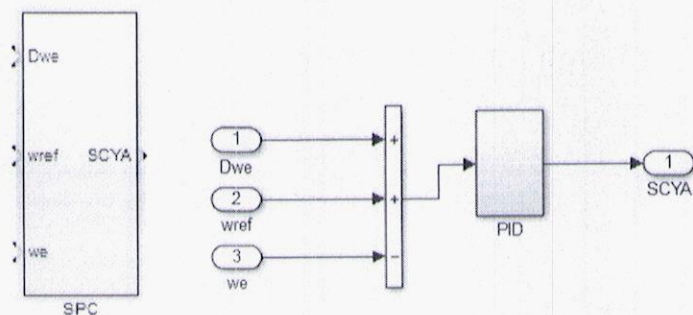


Figura 1 Bloque de control módulo SPC

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 6 Entradas y salidas del bloque de control SPC (Speed Controller)

Parámetro	Descripción
wref	Entrada utilizada para conectar la referencia de velocidad.
Dwe	Entrada utilizada para conectar señales a la referencia de velocidad, como por ejemplo para realizar escalones de velocidad en vacío
we	Entrada utilizada para conectar la retroalimentación de velocidad.
SCYA	Salida de control al servomotor
Ubicación dentro del programa	Librería San_FranciscoU3

Módulo controlador POC (Power Controller):

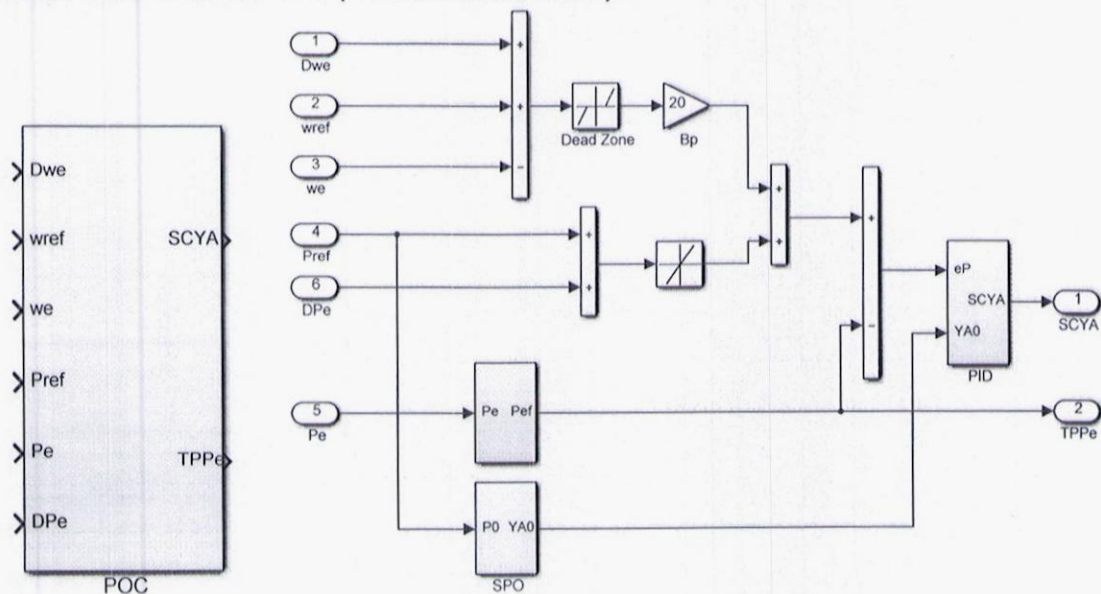


Figura 2 Bloque de control módulo POC

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 7 Entradas y salidas del bloque de control POC (Speed Controller)

Parámetro	Descripción
wref	Entrada utilizada para conectar la referencia de velocidad.
Dwe	Entrada utilizada para conectar señales a sumar a la referencia de velocidad, como por ejemplo para realizar pruebas de estatismo.
we	Entrada utilizada para conectar la señal de retroalimentación de velocidad.
Pref	Entrada para conectar la señal de referencia de potencia.
DPe	Entrada para conectar señales a sumar a la referencia de potencia, como por ejemplo para realizar inyección de señales.
Pe	Entrada para conectar la señal de retroalimentación de potencia eléctrica.
SCYA	Salida de control al servomotor
TPPe	Salida para la medición de potencia eléctrica.
Ubicación dentro del programa	Librería San_FranciscoU3

Tabla 8 Parámetros Controlador Gobernador turbina

Dato	Descripción	Valor	Dato	Descripción	Valor
Deadband	Banda muerta	0.0005	Bp	Estatismo permanente	1/0.05
Kp	Ganancia proporcional PID	0.6	TN	Tiempo de acción integral PID	3 s

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Servomotor:

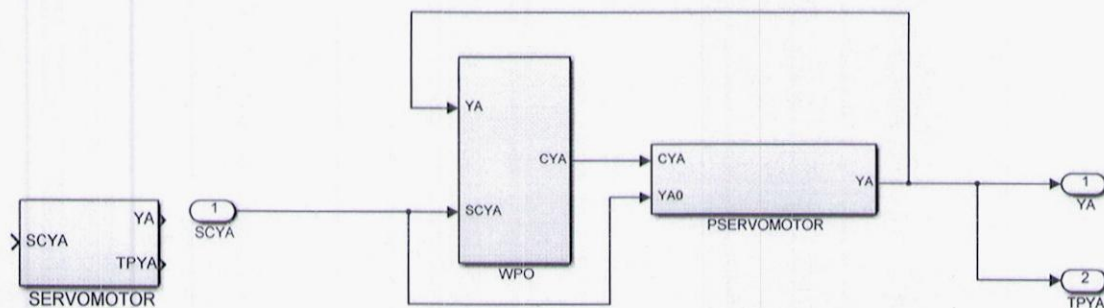


Figura 3 Bloque de control servomotor

Tabla 9 Entradas y salidas del bloque de control Servomotor

Parámetro	Descripción
SCYA	Entrada para conectar la señal de control al servomotor.
YA	Salida de la señal de apertura de distribuidor.
TPYA	Salida para la medición de la señal de posición del distribuidor.
Ubicación dentro del programa	Librería San_FranciscoU3

Tabla 10 Parámetros Servomotor

Dato	Descripción	Valor	Dato	Descripción	Valor
Tc	Tiempo cierre servomotor	4.01 s	Ta	Tiempo apertura servomotor	17.9 s
Kp	Ganancia proporcional WPO	2.7 si el error de YA <1% 2.7*2.5 si el error de YA >1%	KPa	Ganancia Apertura servomotor	0.055
KPc	Ganancia Cierre servomotor	1.5			

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Turbina y Conducción:

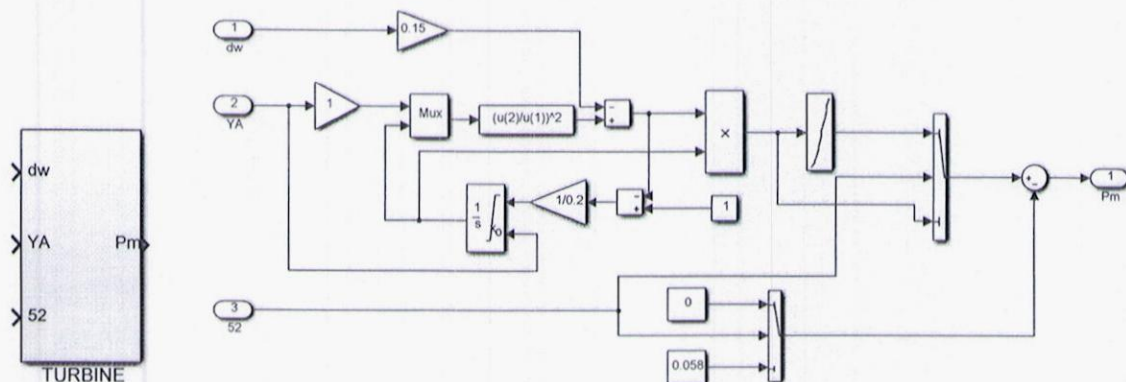


Figura 4 Bloque de control turbina y conducción

Tabla 11 Entradas y salidas del bloque de control turbina y conducción

Parámetro	Descripción
dw	Entrada para conectar la señal de desviación de velocidad.
YA	Entrada para conectar la señal de apertura de distribuidor.
52	Entrada para conectar la posición abierto (0) o cerrado (1) del interruptor de unidad.
Pm	Salida de la potencia mecánica
Ubicación dentro del programa	Librería San_FranciscoU3

Tabla 12 Parámetros turbina y conducción

Dato	Descripción	Valor	Dato	Descripción	Valor declarado por EPM	Valor sugerido por XM para base de datos CND
D	Amortiguamiento turbina	0.15	tw	Tiempo arranque agua	0.2 s	0.75 s
RPM	Revoluciones por minuto	400 r/m	SNL	Velocidad sin carga	0.058	

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Regulador de Voltaje:

Tabla 13 Información general del regulador de voltaje

Fabricante Sistema de Control	Serpro S.A
Modelo	RAV 1101 2P 330K/275
Tipo de Sistema de Control	Digital

Tabla 14 Valores base para cálculos por unidad en el regulador de voltaje

Dato	Descripción	Valor	Dato	Descripción	Valor
Sb	Potencia base	53 MVA	Vb	Voltaje Generador base	13800 Vac
VFb	Voltaje campo base	88.62 Vdc	IFb	Corriente campo base	210 Adc

AVR:

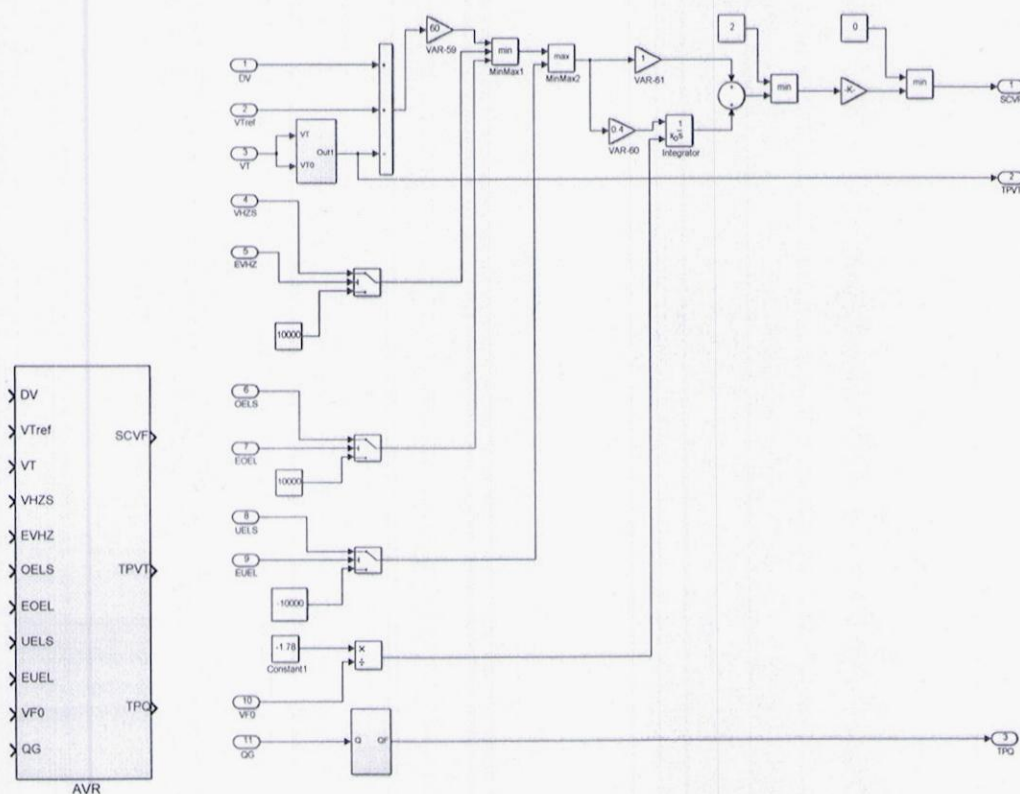


Figura 5 Bloque de control del AVR

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 15 Entradas y salidas del bloque de control AVR

Parámetro	Descripción
DV	Entrada para conectar una señal para ser sumada a la referencia de Voltage, como por ejemplo un escalón.
VTref	Entrada para conectar el voltage de referencia
VT	Entrada para conectar la retroalimentación de voltaje generado
VHZS	Entrada para conectar la señal del módulo V/Hz.
EVHZ	Entrada para habilitar (1) o deshabilitar (0) la entrada VHZS
OELS	Entrada para conectar la señal del módulo OEL.
EOEL	Entrada para habilitar (1) o deshabilitar (0) la entrada OELS.
UELS	Entrada para conectar la señal del módulo UEL.
EUEL	Entrada para habilitar (1) o deshabilitar (0) la entrada UELS.
VFO	Entrada para conectar el Voltaje de campo inicial VF0.
QG	Entrada para conectar la potencia reactiva generada.
SCVF	Salida de la señal de control al módulo Driver.
TPVT	Salida para la medición del voltage generado.
TPVT	Salida para la medición de la potencia reactiva generada.
Ubicación dentro del	Librería San_FranciscoU3

Tabla 16 Parámetros AVR

Dato	Descripción	Valor declarado por EPM	Valor sugerido por XM para base de datos CND	Dato	Descripción	Valor
Var61	Ganancia proporcional PI	1	3.1	Var60	Tiempo de acción integral PI	1/2.5

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Driver:

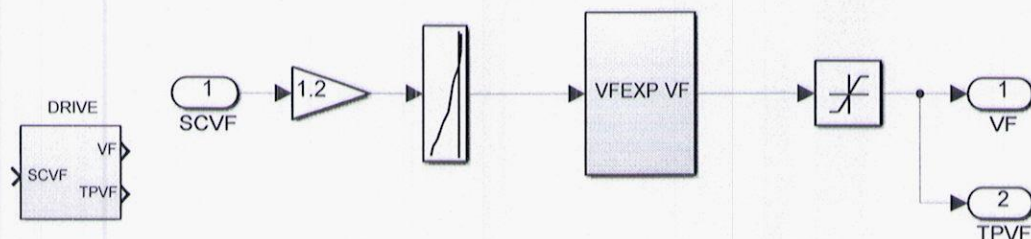


Figura 6 Bloque de control del Driver

Tabla 17 Entradas y salidas del bloque de control AVR

Parámetro	Descripción
SCVF	Entrada para la señal de control proveniente del módulo AVR.
VF	Salida de la señal de voltaje de campo.
TPVF	Salida para la medición del voltage de campo.
Ubicación dentro del programa	Librería San_FranciscoU3

Modulo V/Hz:

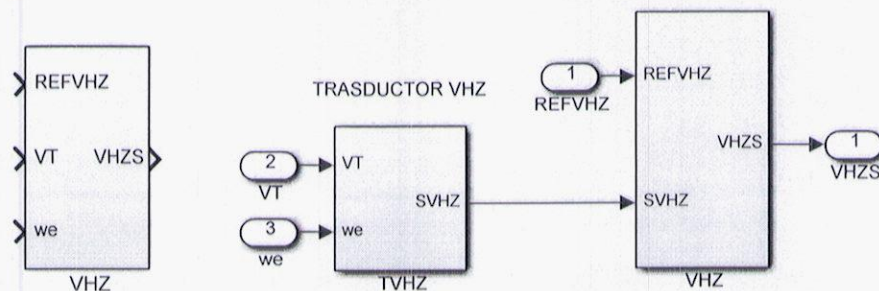


Figura 7 Bloque de control del V/Hz

Tabla 18 Entradas y salidas del bloque de control V/Hz

Parámetro	Descripción
SCVF	Entrada para conectar el valor de referencia de V/Hz
VT	Entrada para conectar la señal de voltaje generado.
We	Entrada para conectar la señal de velocidad.
VHZS	Salida de la señal de control del V/Hz.
Ubicación dentro del programa	Librería San_FranciscoU3

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tabla 19 Parámetros V/Hz

Dato	Descripción	Valor	Dato	Descripción	Valor
REFVHZ	Referencia V/Hz para las pruebas	1.03	REFVHZ	Referencia V/Hz en operación normal	1.08

Módulo OEL:

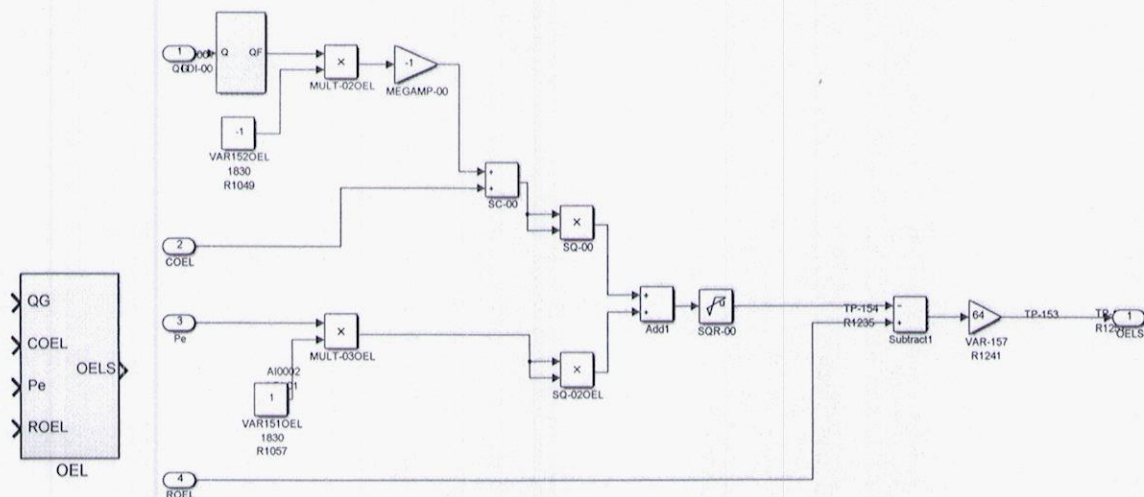


Figura 8 Bloque de control del OEL

Tabla 20 Entradas y salidas del bloque de control OEL

Parámetro	Descripción
QG	Entrada para conectar la potencia reactiva generada
COEL	Entrada para conectar el centro del círculo en que opera el OEL.
Pe	Entrada para conectar la potencia eléctrica generada.
ROEL	Entrada para conectar el radio del círculo en que opera el OEL.
OELS	Salida de la señal de control del OEL.
Ubicación dentro del programa	Librería San_FranciscoU3

Tabla 21 Parámetros OEL

Dato	Descripción	Valor	Dato	Descripción	Valor
COEL	Centro círculo en que opera OEL en pruebas y operación normal	0.68 pu	ROEL	Radio círculo en que opera OEL en pruebas y operación normal	1.21 pu

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Módulo UEL:

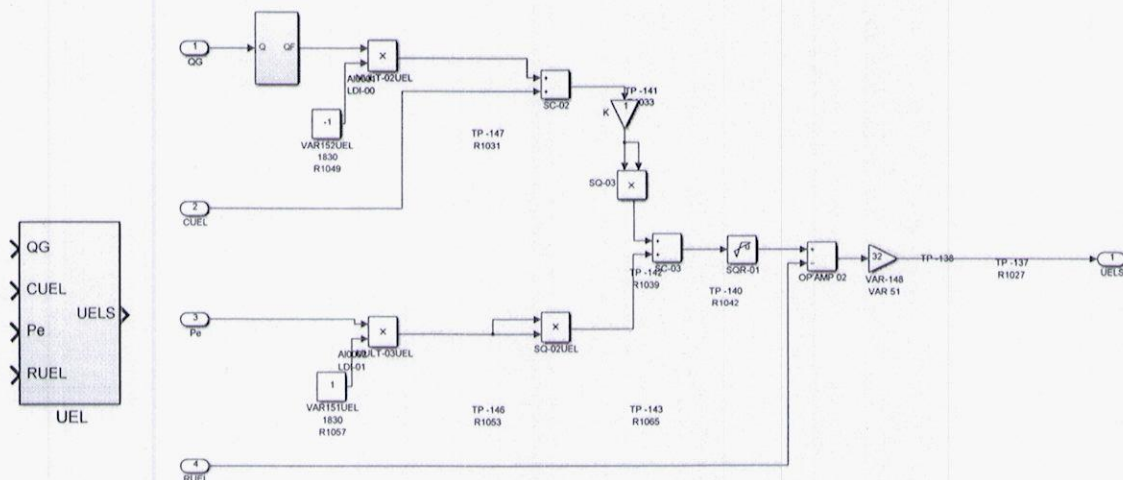


Figura 9 Bloque de control del UEL

Tabla 22 Entradas y salidas del bloque de control UEL

Parámetro	Descripción
QG	Entrada para conectar la potencia reactiva generada
CUEL	Entrada para conectar el centro del círculo en que opera el UEL.
Pe	Entrada para conectar la potencia eléctrica generada.
RUEL	Entrada para conectar el radio del círculo en que opera el UEL.
UELS	Salida de la señal de control del UEL.
Ubicación dentro del programa	Librería San_FranciscoU3

Tabla 23 Parámetros UEL

Dato	Descripción	Valor	Dato	Descripción	Valor
CUEL	Centro círculo en que opera UEL en pruebas y operación normal	2.72 pu	RUEL	Radio círculo en que opera UEL en pruebas y operación normal	3.02 pu