

## ANEXO 2

### TABLAS

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Parámetros generador U2.....                             | 4  |
| Tabla 2. Datos curva de saturación del generador .....            | 4  |
| Tabla 3. Parámetros de entrada y salida del diagrama AVR U2 ..... | 5  |
| Tabla 4. Entradas y salidas conversor de potencia U2 .....        | 6  |
| Tabla 5. Señales de entrada y salida excitatriz U2.....           | 7  |
| Tabla 6. Señales entrada y salida OEL temporizado U2.....         | 9  |
| Tabla 7. Señales entrada y salida limitador UEL U2.....           | 10 |
| Tabla 8. Señales de entrada y salida SCL U2.....                  | 12 |
| Tabla 9. Señales entrada y salida limitadora VHZ U2 .....         | 13 |
| Tabla 10. Entrada-salida OEL Y MEL U2.....                        | 15 |
| Tabla 11. Señales entrada y salida PPS .....                      | 16 |
| Tabla 12. Entrada y salida Control velocidad U2 .....             | 18 |
| Tabla 13. Señales entrada y salida control potencia U2 .....      | 20 |
| Tabla 14. Señales Entrada y salida actuador .....                 | 21 |
| Tabla 15. Señales de entrada y salida control actuador U2 .....   | 22 |
| Tabla 16. Datos de entrada y salida Túnel U2 .....                | 23 |
| Tabla 17. Entrada-salida conducto y turbina .....                 | 25 |

## ILUSTRACIONES

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1. parámetros diagrama de bloque AVR U2 .....           | 5  |
| Ilustración 2. Diagrama de bloques AVR U2 .....                     | 6  |
| Ilustración 3. Parámetros conversor de potencia U2 .....            | 7  |
| Ilustración 4. diagrama bloques conversor de potencia U2 .....      | 7  |
| Ilustración 5. Parámetros excitatriz U2 .....                       | 8  |
| Ilustración 6. Diagrama de bloques excitatriz U2 .....              | 8  |
| Ilustración 7. Parámetros OEL temporizado U2 .....                  | 9  |
| Ilustración 8. Diagrama de bloques OEL temporizado U2 .....         | 10 |
| Ilustración 9. Parámetros limitador UEL U2 .....                    | 11 |
| Ilustración 10. Diagrama de bloques limitador UEL U2 .....          | 11 |
| Ilustración 11. Parámetros SCL U2 .....                             | 12 |
| Ilustración 12. Diagrama de bloques SCL U2 .....                    | 13 |
| Ilustración 13. Parámetros limitadores VHZ U2 .....                 | 14 |
| Ilustración 14. Diagrama de bloques limitador VHZ U2 .....          | 14 |
| Ilustración 15. Parámetros OEL y MEL U2 .....                       | 15 |
| Ilustración 16. Diagrama de bloques instantáneos OEL y MEL U2 ..... | 16 |
| Ilustración 17. Parámetros PPS .....                                | 17 |
| Ilustración 18. Diagrama control PPS .....                          | 18 |
| Ilustración 19. Parámetros control velocidad .....                  | 19 |
| Ilustración 20. Diagrama bloques control velocidad U2 .....         | 19 |
| Ilustración 21. Parametros control potencia U2 .....                | 20 |
| Ilustración 22. Diagrama de bloques control potencia U2 .....       | 21 |
| Ilustración 23. Parámetros Actuador U2 .....                        | 22 |

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 24. Diagrama de bloques actuador U2 .....                        | 22 |
| Ilustración 25. Parámetros de control del control actuador U2.....           | 23 |
| Ilustración 26. Diagrama de bloques de control del control actuador U2 ..... | 23 |
| Ilustración 27. Parámetros Túnel U2 .....                                    | 24 |
| Ilustración 28. Diagrama control Túnel U2 .....                              | 24 |
| Ilustración 29. Parámetros conducción y turbina.....                         | 25 |
| Ilustración 30. Diagrama de bloques conducción y turbina U2.....             | 26 |

## **REPORTE PARAMETROS GENERADOR U2** **CENTRAL CARLOS LLERAS RESTREPO**

### **1. Parámetros calculados y aprobados del generador U2**

| Nombre                                                         | Parámetro | Valor  | Unidad |
|----------------------------------------------------------------|-----------|--------|--------|
| rstr                                                           | rstr      | 0.0032 | p. u   |
| Reactancia de dispersión                                       | xl        | 0.1353 | p. u   |
| Reactancia de eje directo                                      | xd        | 0.86   | p. u   |
| Reactancia eje de cuadratura                                   | xq        | 0.68   | p. u   |
| Reactancia transitoria de eje directo                          | xd'       | 0.261  | p. u   |
| Reactancia subtransitoria de eje directo                       | xd''      | 0.1996 | p. u   |
| Reactancia subtransitoria de eje cuadratura                    | xq''      | 0.235  | p. u   |
| Constante de tiempo transitoria de eje circuito abierto        | Tdo'      | 7.150  | s      |
| Constante de tiempo subtransitoria de eje circuito abierto     | Tdo''     | 0.075  | s      |
| Constante de tiempo subtransitoria cuadratura circuito abierto | Tqo'''    | 0.095  | s      |
| Constante de Inercia conjunto generador-turbina                | 2H        | 5.6    | s      |

**Tabla 1. Parámetros generador U2**

### **2. Tabla de saturación del generador U2.**

| Punto | Corriente de Campo Ifd (pu) | Tensión Terminal Vt (pu) |
|-------|-----------------------------|--------------------------|
| 1     | 0,851112                    | 0,800399                 |
| 2     | 0,920498                    | 0,848717                 |
| 3     | 1,011287                    | 0,898935                 |
| 4     | 1,098470                    | 0,950529                 |
| 5     | 1,209759                    | 0,998703                 |
| 6     | 1,354615                    | 1,046884                 |
| 7     | 1,503300                    | 1,098739                 |
| 8     | 1,708081                    | 1,150036                 |
| 9     | 1,948456                    | 1,194572                 |
| 10    | 2,323774                    | 1,246399                 |
| 11    | 2,446327                    | 1,262275                 |

**Tabla 2. Datos curva de saturación del generador**

### 3. Diagramas de bloques y control

Diagramas de control implementados en la unidad U2 asociados al sistema de generación.

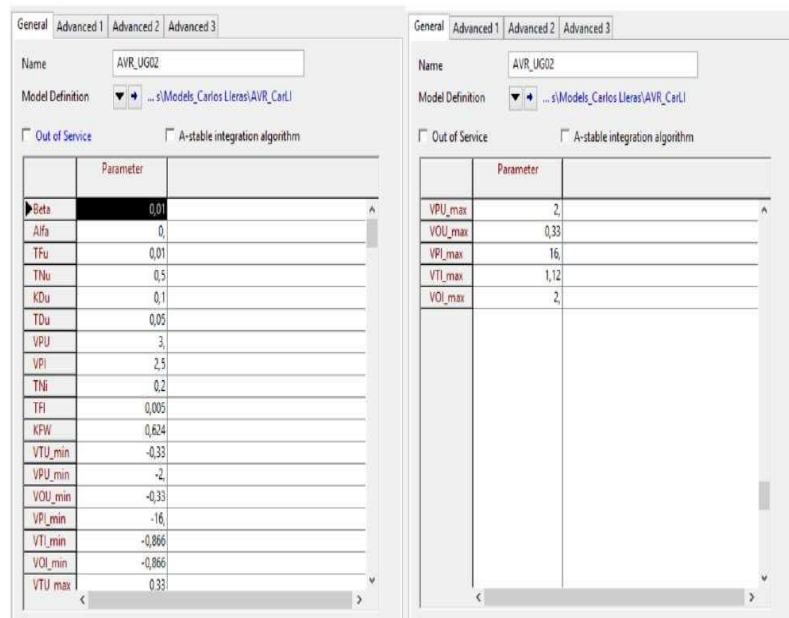
#### 3.1. Control de voltaje Automático G-02

| Señal | Descripción                                                      |
|-------|------------------------------------------------------------------|
| ut    | Tensión terminal                                                 |
| ir    | Corriente real (componente activa de corriente terminal)         |
| ii    | Corriente imaginaria (componente reactiva de corriente terminal) |
| Pg    | Potencia activa                                                  |
| Qg    | Potencia reactiva                                                |

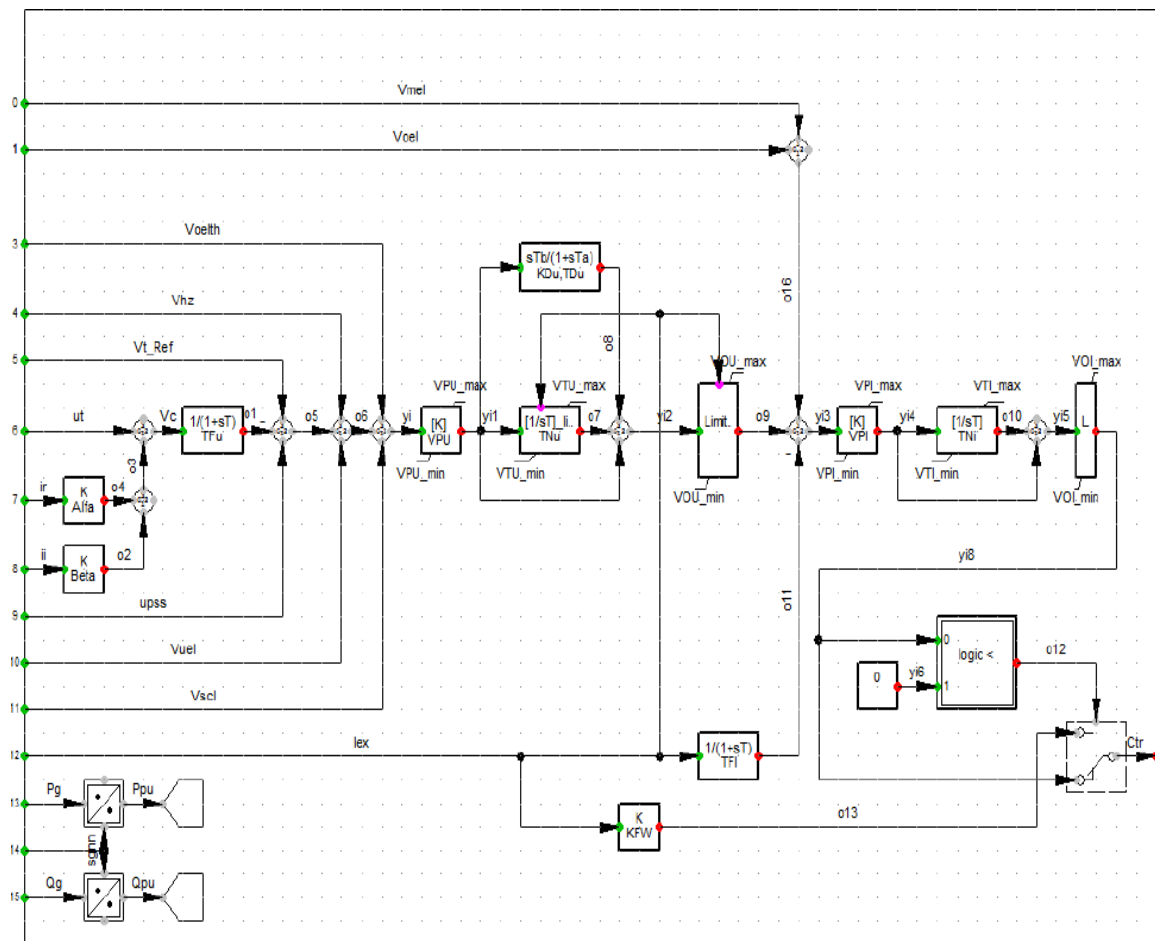
| Señal  | Descripción                                                  |
|--------|--------------------------------------------------------------|
| sgnn   | Potencia Nominal                                             |
| Vt_Ref | Referencia de tensión terminal                               |
| upss   | Señal de salida de PSS                                       |
| Vuel   | Señal de salida del limitador de subexcitación               |
| Voel   | Señal de salida del limitador de sobreexcitación instantáneo |
| Voelth | Señal de salida del limitador de sobreexcitación temporizado |
| Vmel   | Señal de salida del limitador de mínima corriente de campo   |
| Vhz    | Señal de salida del limitador Voltios por Herz               |
| Vscl   | Señal de salida del limitador de máxima corriente de estator |
| lex    | Corriente de excitación                                      |
| ctr    | Señal de control del AVR (salida)                            |

**Tabla 3. Parámetros de entrada y salida del diagrama AVR U2**



| Parameter | Value  |
|-----------|--------|
| Beta      | 0,01   |
| Alfa      | 0,     |
| TFu       | 0,01   |
| TNu       | 0,5    |
| KDd       | 0,1    |
| TDd       | 0,05   |
| VPU       | 3,     |
| VPI       | 2,5    |
| TNi       | 0,2    |
| TFI       | 0,005  |
| KFW       | 0,624  |
| VTU_min   | -0,33  |
| VPU_min   | -2,    |
| VOI_min   | -0,33  |
| VPI_min   | -16,   |
| VTI_min   | -0,866 |
| VOI_min   | -0,866 |
| VTU_max   | 0,33   |
| VPU_max   | 2,     |
| VOI_max   | 0,33   |
| VPI_max   | 16,    |
| VTI_max   | 1,12   |
| VOI_max   | 2,     |

**Ilustración 1. parámetros diagrama de bloque AVR U2**

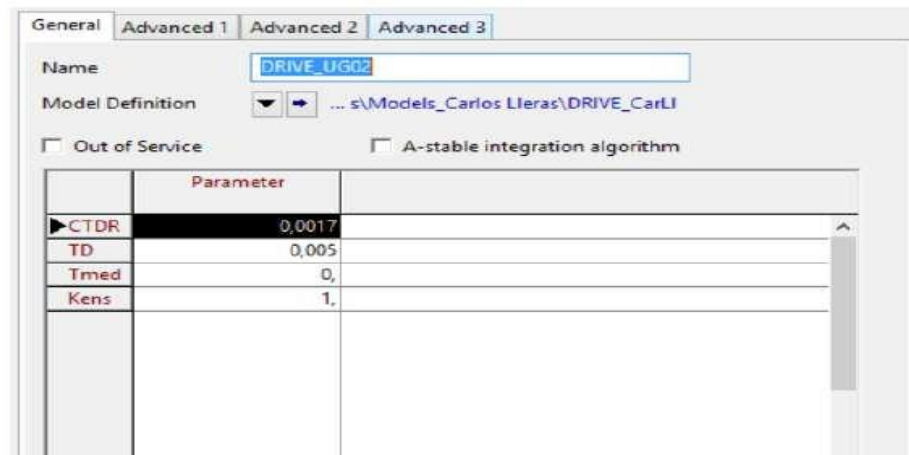


**Ilustración 2. Diagrama de bloques AVR U2**

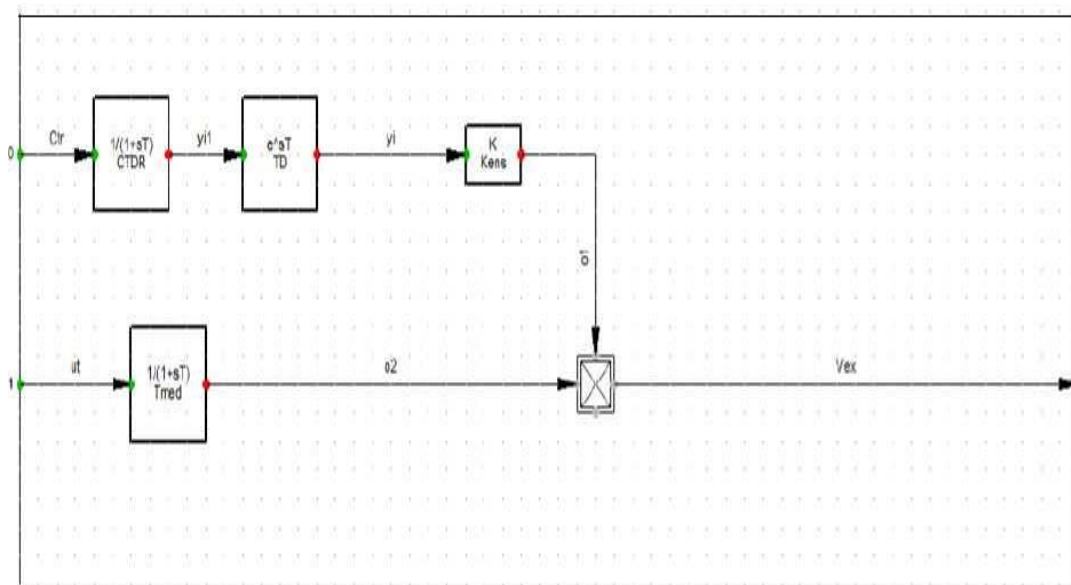
### 3.2. Control Conversor de potencia UG-02

| Señal | Descripción                       |
|-------|-----------------------------------|
| ut    | Tensión terminal                  |
| Ctr   | Señal de control del AVR (salida) |
| Vex   | Tensión de excitación             |

**Tabla 4. Entradas y salidas conversor de potencia U2**



**Ilustración 3. Parámetros conversor de potencia U2**



**Ilustración 4. diagrama bloques conversor de potencia U2**

### 3.3. Control excitatriz UG-02

| Señal | Descripción             |
|-------|-------------------------|
| ie    | Corriente de campo      |
| uerr  | Tensión de Campo        |
| Vex   | Tensión de excitación   |
| IEX   | Corriente de excitación |

**Tabla 5. Señales de entrada y salida excitatriz U2**

General   **Advanced 1**   Advanced 2   Advanced 3

Name:

Model Definition:   ... Is\_Carlos Lleras\EXCITATRIZ\_CarLi

☐ Out of Service   ☐ A-stable integration algorithm

| Parameter |      |
|-----------|------|
| ▶ Te      | 0,63 |
| TECHO     | 7,09 |
| Ke        | 1,25 |
| Kd        | 2,95 |
| Kc        | 0,2  |
| Xad       | 1,05 |
| VEmin     | 0,   |
| VEmax     | 5,   |

Ilustración 5. Parámetros excitatrices U2

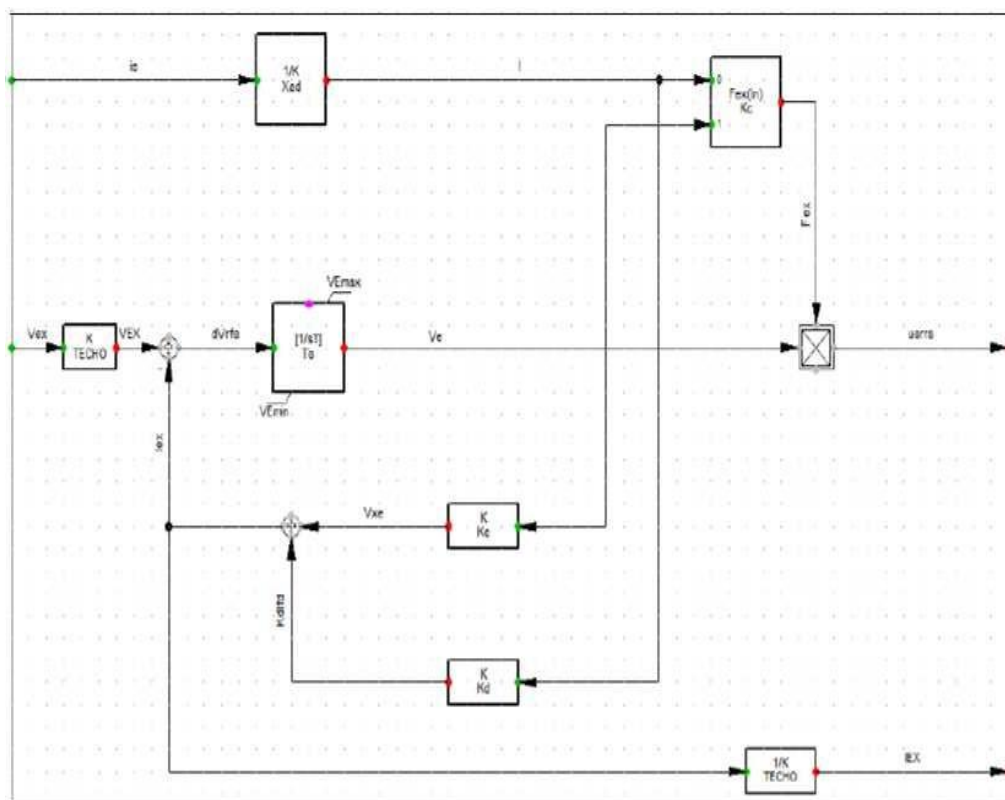
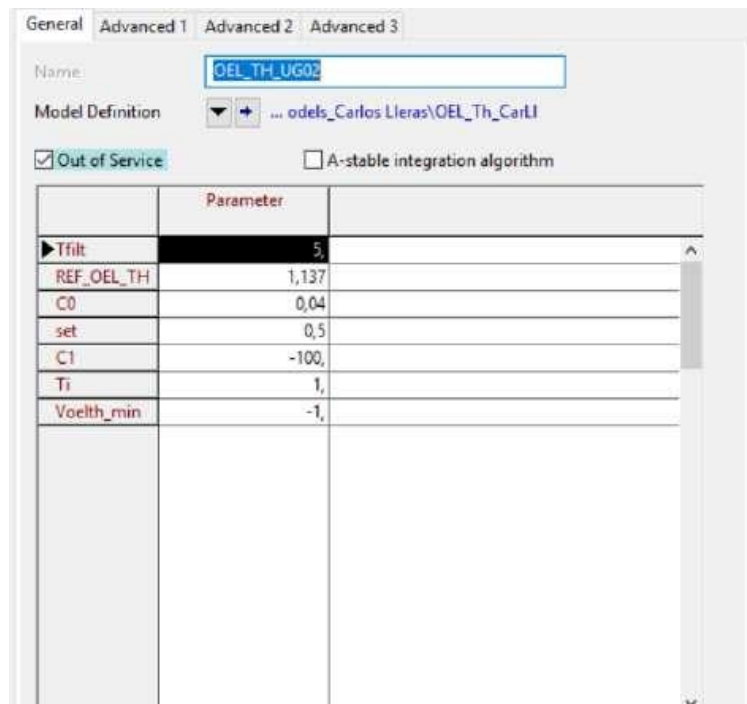


Ilustración 6. Diagrama de bloques excitatriz U2

### 3.4. Control OEL (temporizado) UG-02

| Señal  | Descripción             |
|--------|-------------------------|
| iox    | Corriente de excitación |
| Voelth | Salida del limitador    |

**Tabla 6. Señales entrada y salida OEL temporizado U2**



| Parameter  | Value |
|------------|-------|
| Tfilt      | 5,    |
| REF_OEL_TH | 1,137 |
| C0         | 0,04  |
| set        | 0,5   |
| C1         | -100, |
| Ti         | 1,    |
| Voelth_min | -1,   |

**Ilustración 7. Parámetros OEL temporizado U2**

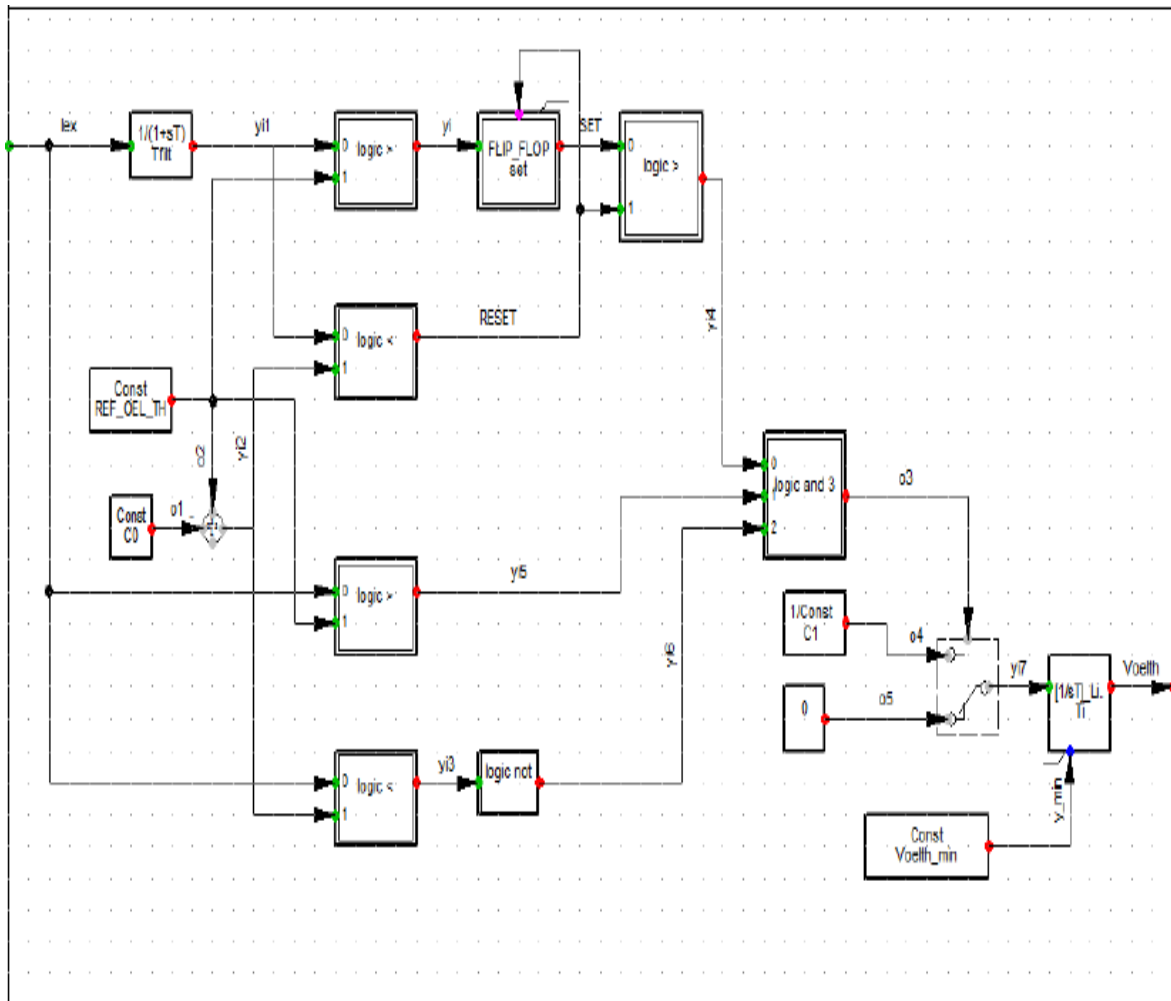


Ilustración 8. Diagrama de bloques OEL temporizado U2

### 3.5. Control Limitador UEL UG-02

| Señal | Descripción          |
|-------|----------------------|
| ut    | Tensión terminal     |
| Pg    | Potencia activa      |
| Qg    | Potencia reactiva    |
| Sgnn  | Potencia nominal     |
| Vuel  | Salida del limitador |

Tabla 7. Señales entrada y salida limitador UEL U2

### Ilustración 9. Parámetros limitador UEL U2

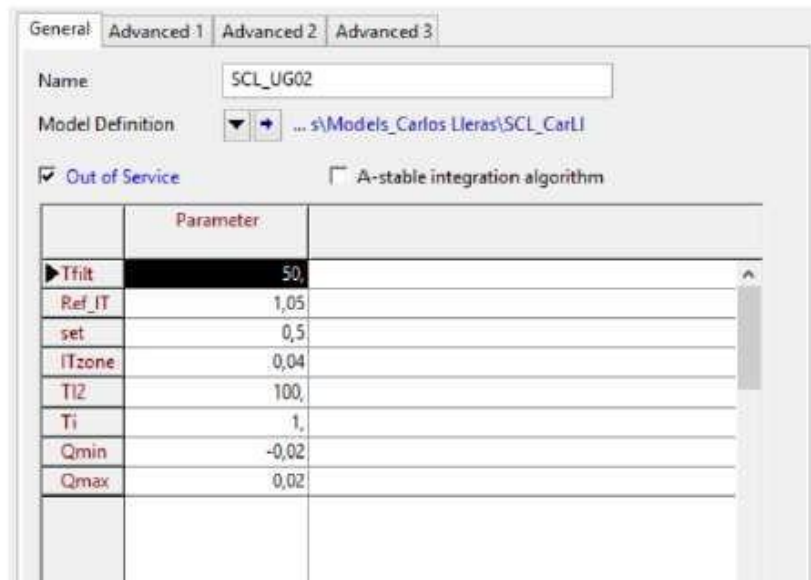


**BOGOTÁ D.C.** Carrera 11 No. 98-07 Oficina 201A Edificio Pijao Corporativo - PBX: (57 1) 3289770 – 3289774 - 676 0212

### 3.6. Control SCL UG-02

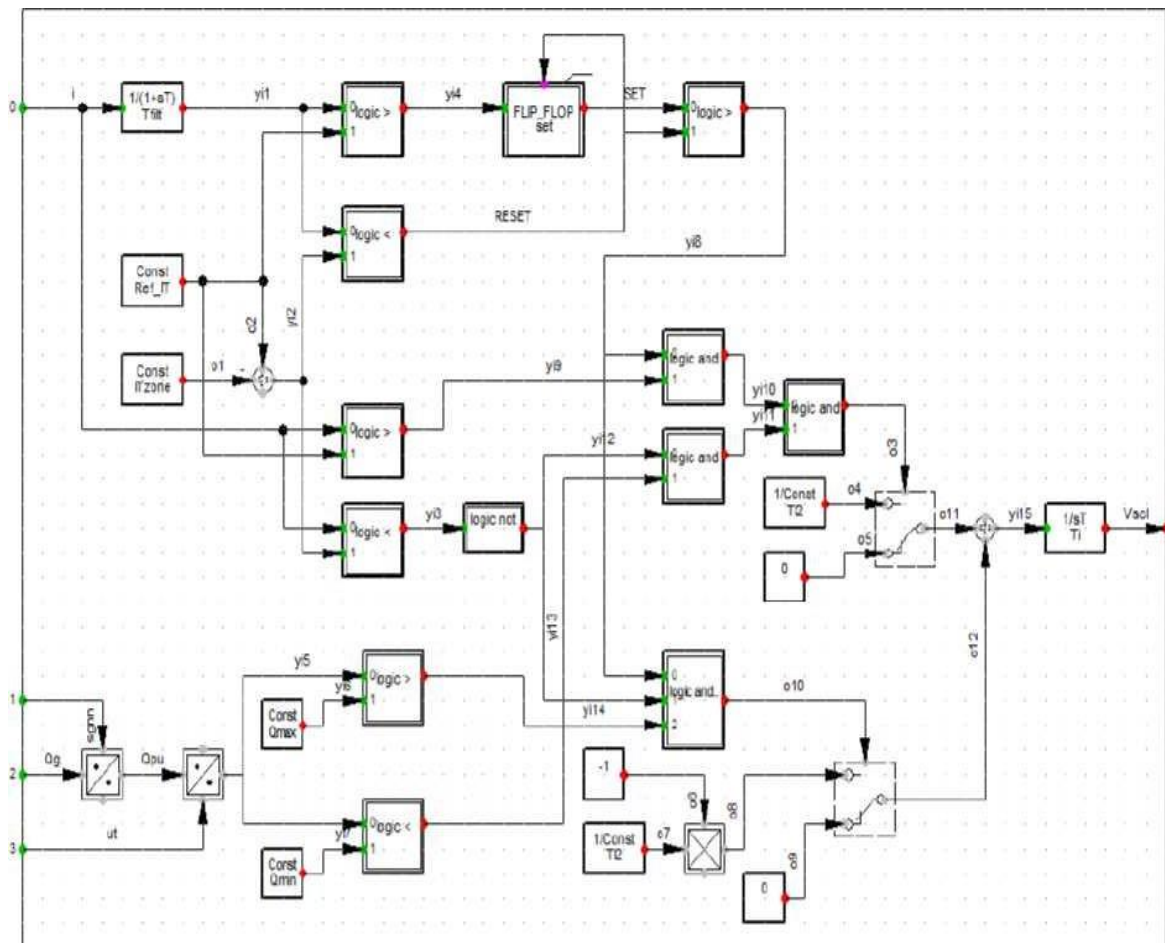
| Señal            | Descripción          |
|------------------|----------------------|
| i                | Corriente terminal   |
| ut               | Tensión terminal     |
| Qg               | Potencia reactiva    |
| Sg <sub>nn</sub> | Potencia nominal     |
| V <sub>scl</sub> | Salida del limitador |

**Tabla 8. Señales de entrada y salida SCL U2**



|         | Parameter |  |
|---------|-----------|--|
| ► Tfilt | 50,       |  |
| Ref_IT  | 1,05      |  |
| set     | 0,5       |  |
| ITzone  | 0,04      |  |
| T12     | 100,      |  |
| Ti      | 1,        |  |
| Qmin    | -0,02     |  |
| Qmax    | 0,02      |  |

**Ilustración 11. Parámetros SCL U2**

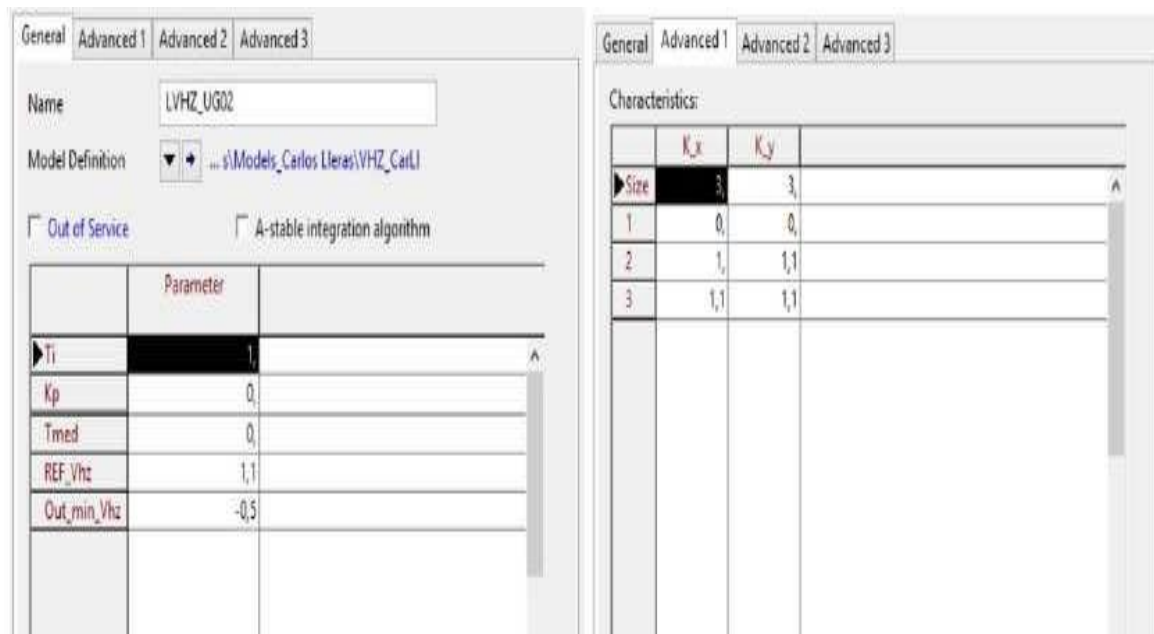


**Ilustración 12. Diagrama de bloques SCL U2.**

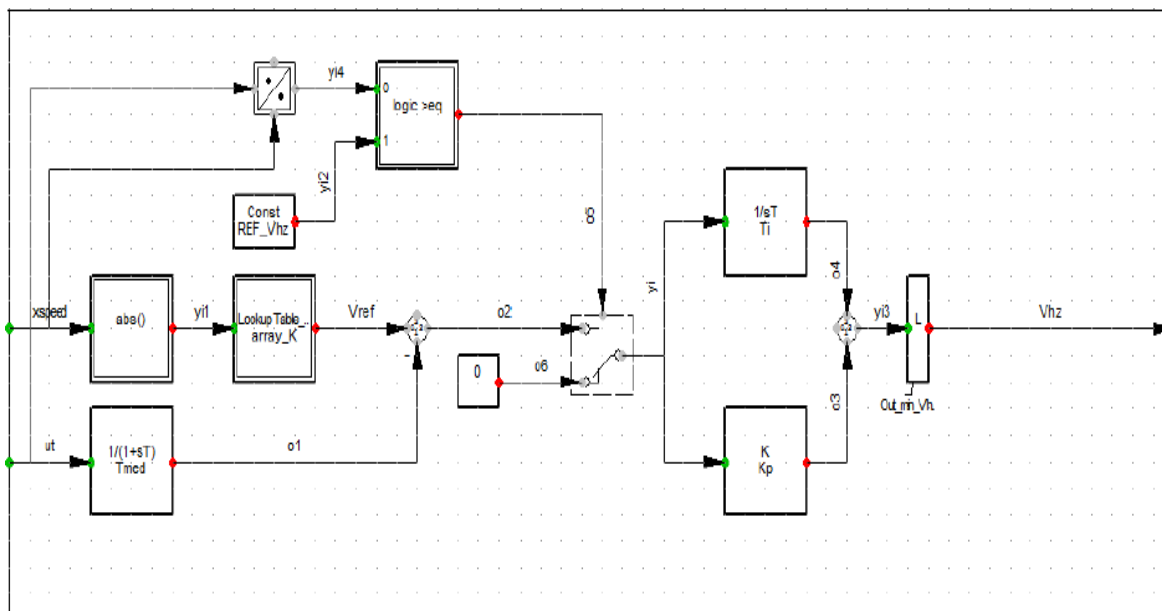
### 3.7. Control limitador VHZ UG-02

| Señal  | Descripción          |
|--------|----------------------|
| ut     | Tensión terminal     |
| xspeed | Velocidad            |
| Vhz    | Salida del limitador |

**Tabla 9. Señales entrada y salida limitadora VHZ U2**



**Ilustración 13. Parámetros limitadores VHZ U2**

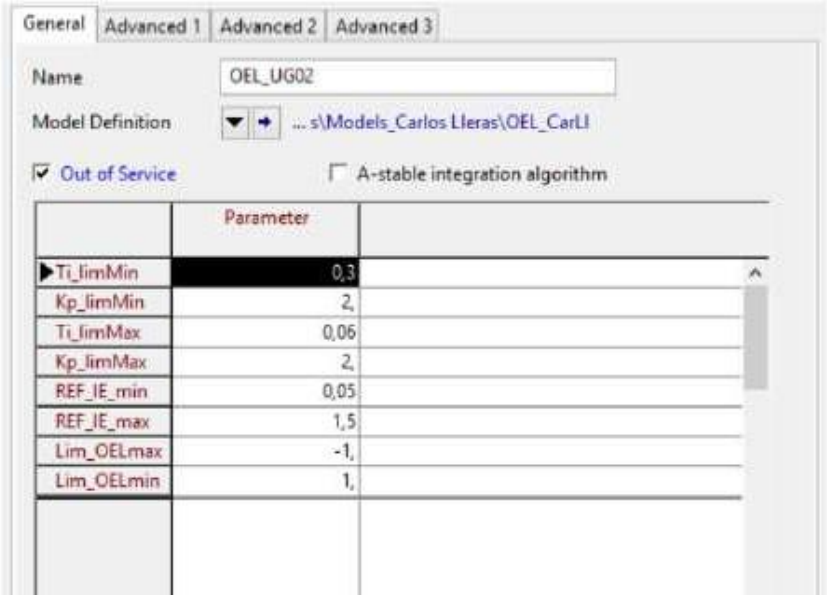


**Ilustración 14. Diagrama de bloques limitador VHZ U2**

### 3.8. Controles limitadores Instantáneos OEL y MEL U2

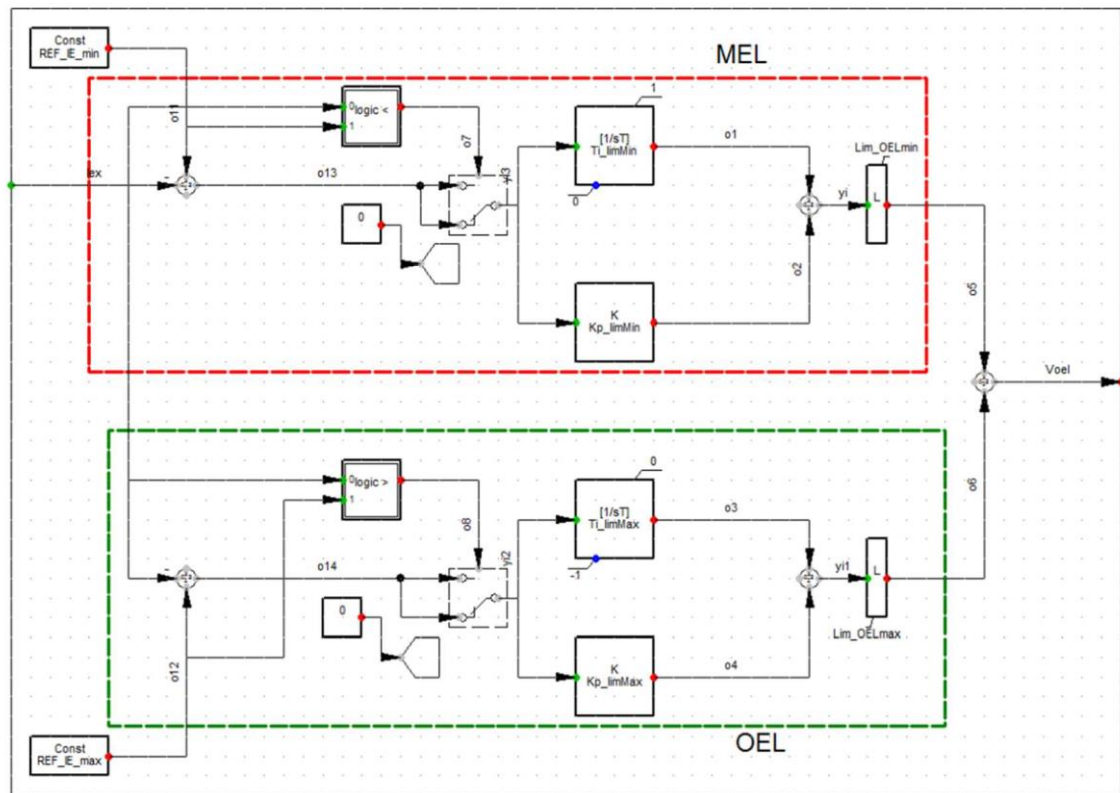
| Señal            | Descripción             |
|------------------|-------------------------|
| ie <sub>x</sub>  | Corriente de excitación |
| Vo <sub>el</sub> | Salida del limitador    |

**Tabla 10. Entrada-salida OEL Y MEL U2**



|             | Parameter |  |
|-------------|-----------|--|
| ▶ Ti_limMin | 0,3       |  |
| Kp_limMin   | 2,        |  |
| Ti_limMax   | 0,06      |  |
| Kp_limMax   | 2,        |  |
| REF_IE_min  | 0,05      |  |
| REF_IE_max  | 1,5       |  |
| Lim_OELmax  | -1,       |  |
| Lim_OELmin  | 1,        |  |

**Ilustración 15. Parámetros OEL y MEL U2**



**Ilustración 16. Diagrama de bloques instantáneos OEL y MEL U2**

### 3.9. Control estabilizador de potencia U2

| Señal  | Descripción       |
|--------|-------------------|
| u      | Tensión terminal  |
| xspeed | Velocidad         |
| Pg     | Potencia activa   |
| Qg     | Potencia reactiva |
| sgnn   | Potencia nominal  |
| upss   | Salida del PSS    |

**Tabla 11. Señales entrada y salida PPS**

General | Advanced 1 | Advanced 2 | Advanced 3

Name:

Model Definition:   ... s:\Models\_Carlos Lleras\PSS\_CarLI

☐ Out of Service    ☐ A-stable integration algorithm

|       | Parameter |  |
|-------|-----------|--|
| XQ    | 1,        |  |
| Ws    | 377,      |  |
| T8    | 0,5       |  |
| T9    | 0,1       |  |
| N     | 1,        |  |
| M     | 5,        |  |
| Tw4   | 0,        |  |
| Tw3   | 5,        |  |
| Tw2   | 5,        |  |
| Tw1   | 5,        |  |
| TmedW | 0,01      |  |
| TmedV | 0,01      |  |
| TmedQ | 0,01      |  |
| TmedP | 0,01      |  |
| T7    | 5,        |  |
| T6    | 0,        |  |
| T3    | 0,13      |  |
| T4    | 0,03      |  |

General | Advanced 1 | Advanced 2 | Advanced 3

Name:

Model Definition:   ... s:\Models\_Carlos Lleras\PSS\_CarLI

☐ Out of Service    ☐ A-stable integration algorithm

|         | Parameter |  |
|---------|-----------|--|
| T11     | 0,03      |  |
| T10     | 0,13      |  |
| T1      | 0,42      |  |
| T2      | 0,03      |  |
| Ks3     | 1,        |  |
| Ks2     | 0,09      |  |
| Ks1     | 10,       |  |
| Hab_Wfr | 0,        |  |
| Vs_min  | -0,05     |  |
| Vs_max  | 0,05      |  |

**Ilustración 17. Parámetros PPS**

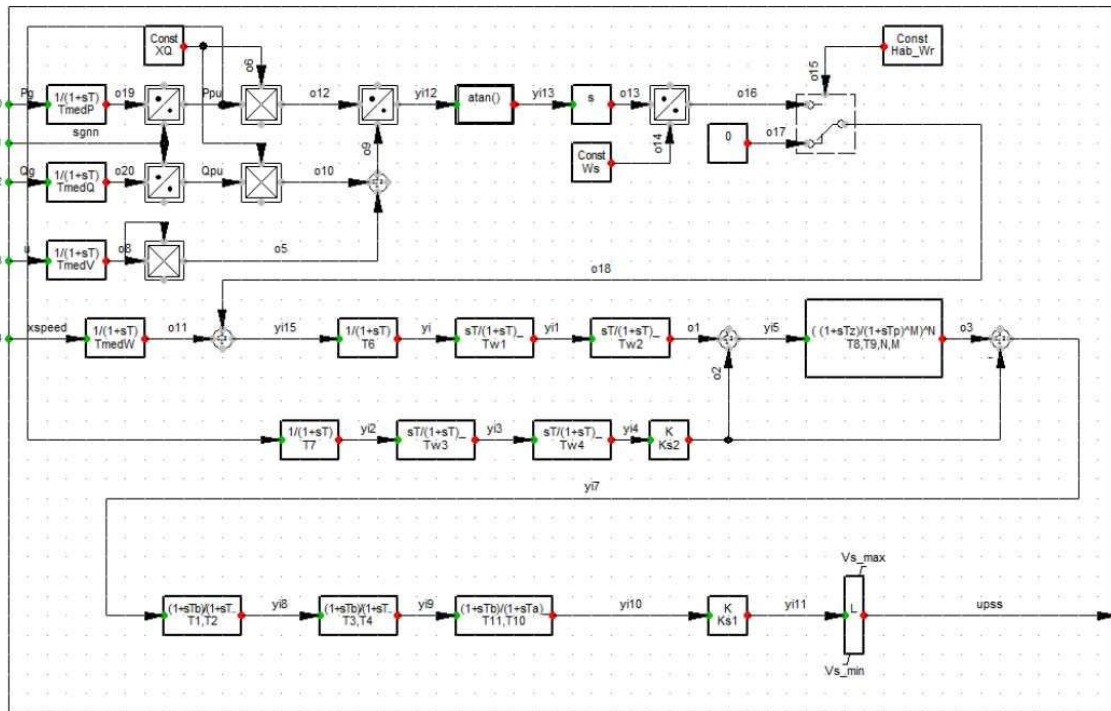


Ilustración 18. Diagrama control PPS

### 3.10. Control de velocidad UG-02

| Señal  | Descripción                                                    |
|--------|----------------------------------------------------------------|
| xspeed | Velocidad                                                      |
| P1     | Potencia activa                                                |
| Q1     | Potencia reactiva                                              |
| sgnn   | Potencia nominal                                               |
| Ref_W  | Referencia de velocidad                                        |
| Ref_Yd | Referencia de posición del distribuidor (Salida del regulador) |

Tabla 12. Entrada y salida Control velocidad U2

General Advanced 1 Advanced 2 Advanced 3

Name:

Model Definition:   ... Is\_Carlos Lleras\Velocidad\_CarLi

☒ Out of Service ☐ A-stable integration algorithm

|        | Parameter |  |
|--------|-----------|--|
| ► Tmed | 0,        |  |
| TD     | 0,        |  |
| Tf     | 0,2       |  |
| Kp     | 2,5       |  |
| Ti     | 100,      |  |

Ilustración 19. Parámetros control velocidad

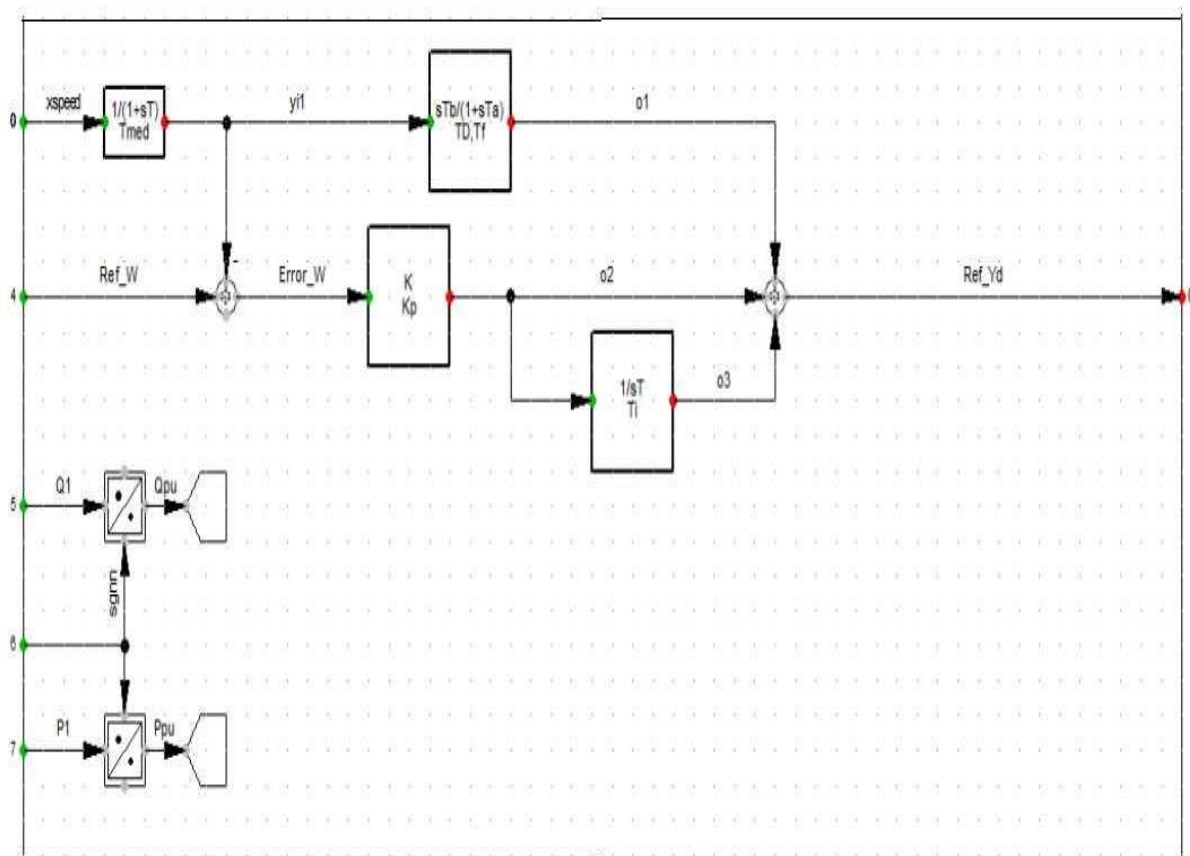


Ilustración 20. Diagrama bloques control velocidad U2

### 3.11. Control potencia U2

| Señal  | Descripción                                                       |
|--------|-------------------------------------------------------------------|
| xspeed | Velocidad                                                         |
| P1     | Potencia activa                                                   |
| Q1     | Potencia reactiva                                                 |
| sgnn   | Potencia nominal                                                  |
| Ref_W  | Referencia de velocidad                                           |
| Ref_Yd | Referencia de posición del distribuidor<br>(Salida del regulador) |

**Tabla 13. Señales entrada y salida control potencia U2**

General
Advanced 1
Advanced 2
Advanced 3

Name: Potencia\_UG02

Model Definition:  → ... Is\_Carlos Lleras\Potencia\_CarLI\_2

☐ Out of Service      ☐ A-stable integration algorithm

|           | Parameter |   |
|-----------|-----------|---|
| ► BMuerta | 0,0005    | ▲ |
| Rp        | 0,05      |   |
| Kp        | 0,65      |   |
| Tt        | 1,        |   |
| Kf        | 0,        |   |
| Ti        | 4,7       |   |
| TD        | 0,        |   |
| Tf        | 0,2       |   |
| TD_isla   | 0,        |   |
| Kp_isla   | 0,1       |   |
| Ti_isla   | 8,        |   |
| bp_isla   | 0,01      |   |
| Kf_isla   | 0,        |   |
| ErrVel    | 0,        |   |
| FreqUp    | 1,04      |   |
| FreqLow   | 0,96      |   |
| set       | 0,5       |   |

Export to Clipboard

**Ilustración 21. Parametros control potencia U2**

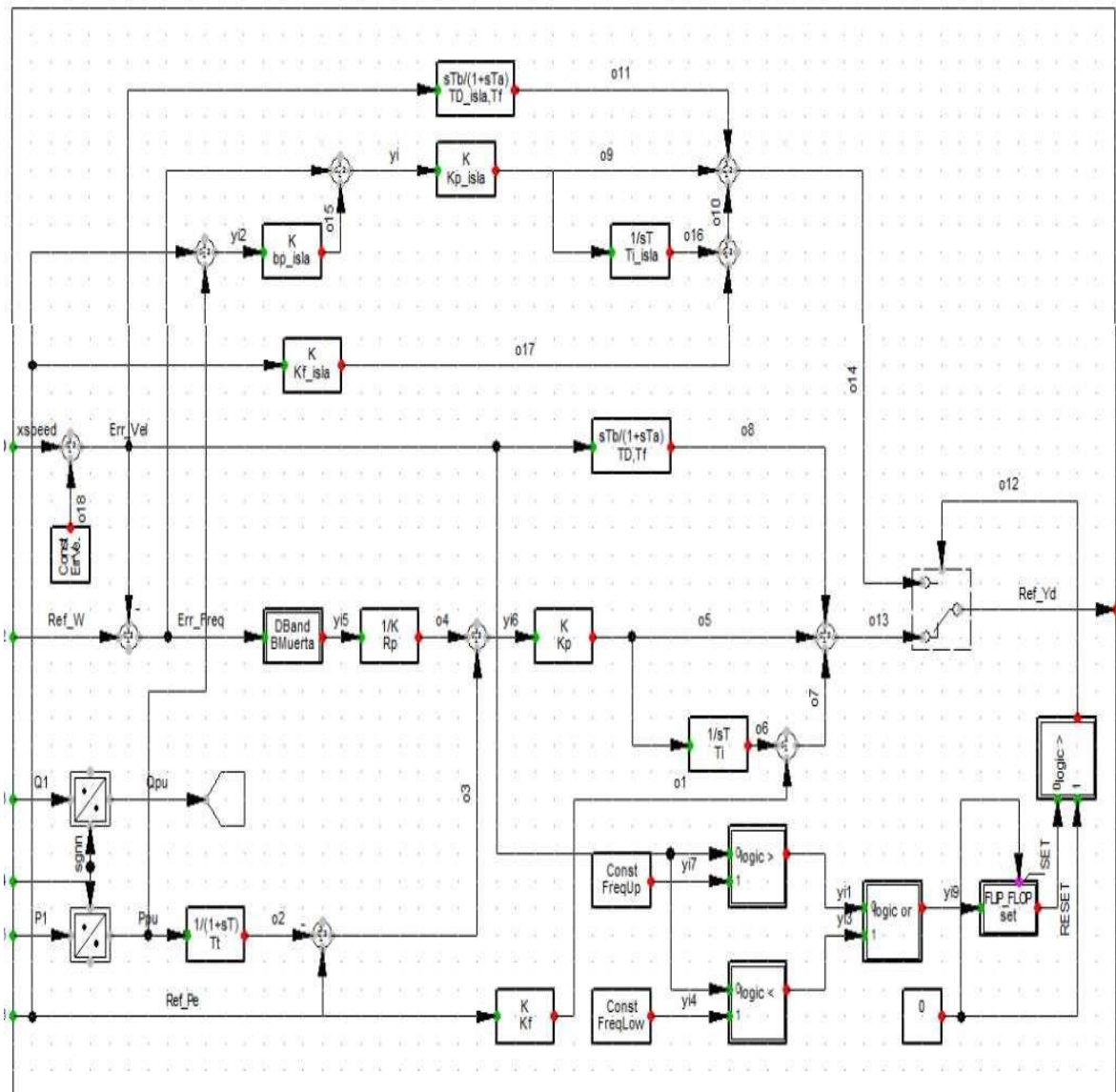


Ilustración 22. Diagrama de bloques control potencia U2

### 3.12. Actuador

| Señal | Descripción                                  |
|-------|----------------------------------------------|
| ctrYa | Señal de control de la posición del actuador |
| gate  | Posición del actuador                        |

Tabla 14. Señales Entrada y salida actuador

General Advanced 1 Advanced 2 Advanced 3

Name:

Model Definition:   ... Is\_Carlos Lleras\Actuador\_CarLI

☐ Out of Service ☐ A-stable integration algorithm

|               | Parameter |   |
|---------------|-----------|---|
| ► Tr          | 0,02      | ^ |
| Tdelay        | 0,02      |   |
| Kac           | 0,0658    |   |
| Ti            | 1,        |   |
| Tasa_cierre   | -0,0525   |   |
| min_int       | 0,        |   |
| Tasa_apertura | 0,0658    |   |
| max_int       | 1,        |   |

Ilustración 23. Parámetros Actuador U2

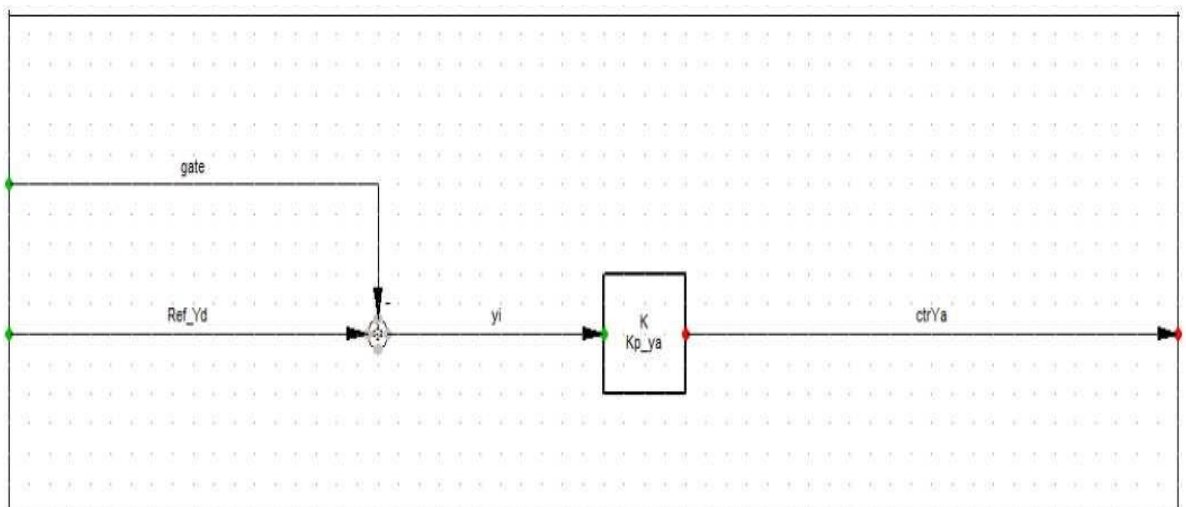


Ilustración 24. Diagrama de bloques actuador U2

### 3.13. Control del actuador

| Señal  | Descripción                                  |
|--------|----------------------------------------------|
| Ref_Yd | Referencia de posición del distribuidor      |
| gate   | Posición del actuador                        |
| ctrYa  | Señal de control de la posición del actuador |

Tabla 15. Señales de entrada y salida control actuador U2

General Advanced 1 Advanced 2 Advanced 3

Name:

Model Definition:   ... odels\_Carlos Lleras\ControlY\_CarLI

☐ Out of Service ☐ A-stable integration algorithm

|        | Parameter |
|--------|-----------|
| ►Kp_ya | 4,        |

Ilustración 25. Parámetros de control del control actuador U2

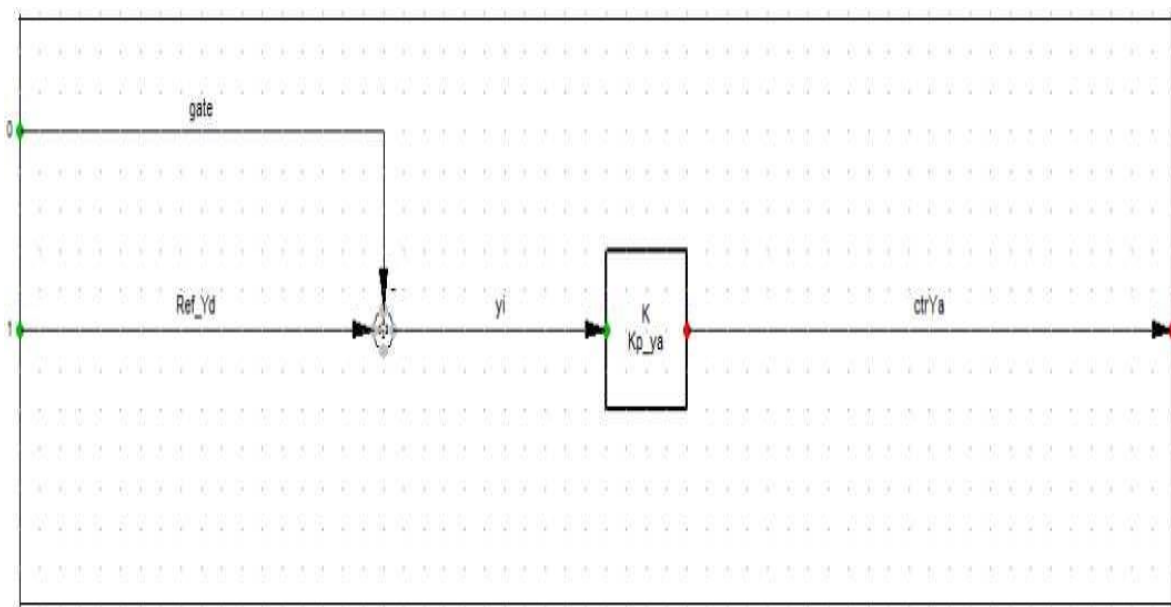


Ilustración 26. Diagrama de bloques de control del control actuador U2

### 3.14. Túnel

| Señal | Descripción                      |
|-------|----------------------------------|
| Qn1   | Velocidad del agua conducto UG01 |
| Qn2   | Velocidad del agua conducto UG02 |
| Hn    | Nivel del embalse                |

Tabla 16. Datos de entrada y salida Túnel U2

General   Advanced 1   Advanced 2   Advanced 3

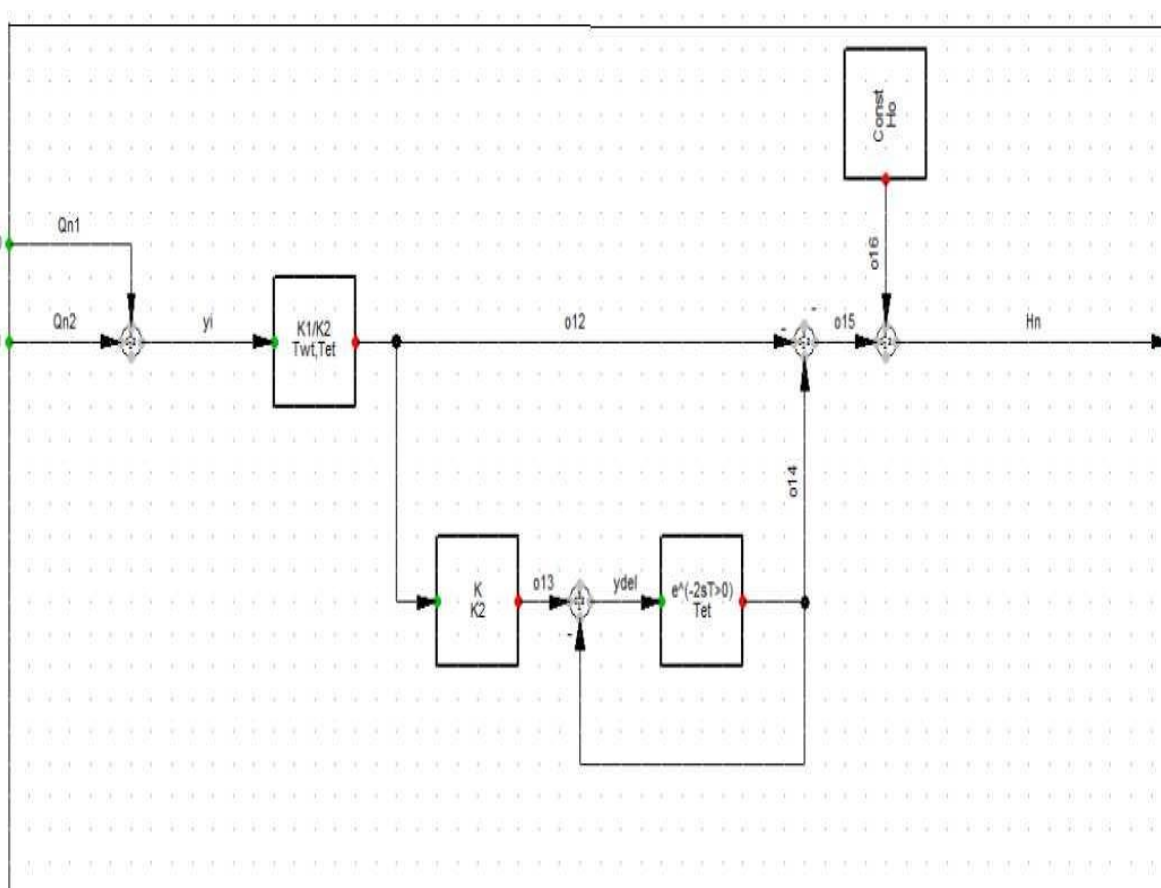
Name:

Model Definition:   ... odel5\_Carlos Lleras\TUNEL\_CarlI

☐ Out of Service      ☐ A-stable integration algorithm

|      | Parameter |
|------|-----------|
| ►Twt | 0,85      |
| Tet  | 1,        |
| K2   | 2,        |
| Ho   | 1,        |

**Ilustración 27. Parámetros Túnel U2**

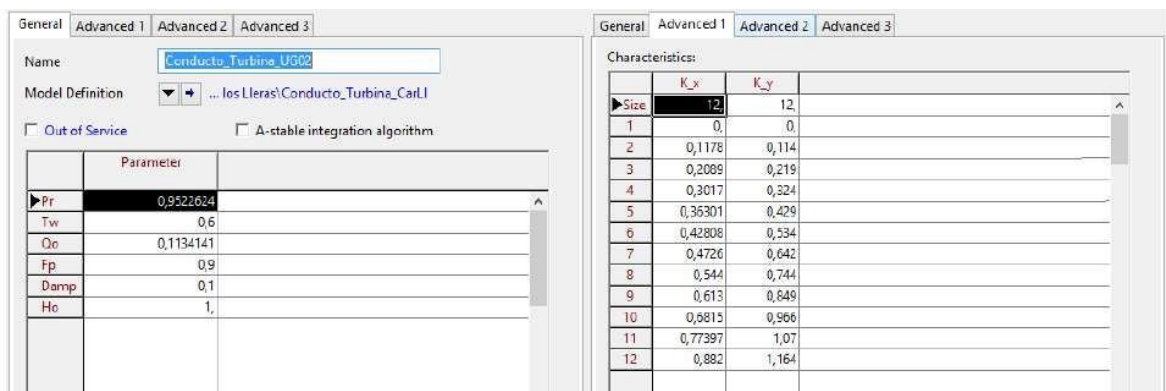


**Ilustración 28. Diagrama control Túnel U2**

### 3.15. Conducto y turbina U2

| Señal  | Descripción                       |
|--------|-----------------------------------|
| xspeed | Velocidad                         |
| gate   | Posición del actuador             |
| Hn     | Nivel del embalse                 |
| Qn     | Velocidad del agua en el conducto |
| pt     | Potencia mecánica                 |

**Tabla 17. Entrada-salida conducto y turbina**



**Advanced 2 Parameters:**

| Parameter | Value     |
|-----------|-----------|
| Pr        | 0,9522624 |
| Tw        | 0,6       |
| Qo        | 0,1134141 |
| Fp        | 0,9       |
| Damp      | 0,1       |
| Ho        | 1,        |

**Advanced 2 Characteristics:**

| Size | K <sub>x</sub> | K <sub>y</sub> |
|------|----------------|----------------|
| 1    | 0,             | 0,             |
| 2    | 0,1178         | 0,114          |
| 3    | 0,2089         | 0,219          |
| 4    | 0,3017         | 0,324          |
| 5    | 0,36301        | 0,429          |
| 6    | 0,42808        | 0,534          |
| 7    | 0,4726         | 0,642          |
| 8    | 0,544          | 0,744          |
| 9    | 0,613          | 0,649          |
| 10   | 0,6815         | 0,966          |
| 11   | 0,77397        | 1,07           |
| 12   | 0,882          | 1,164          |

**Ilustración 29. Parámetros conducción y turbina**

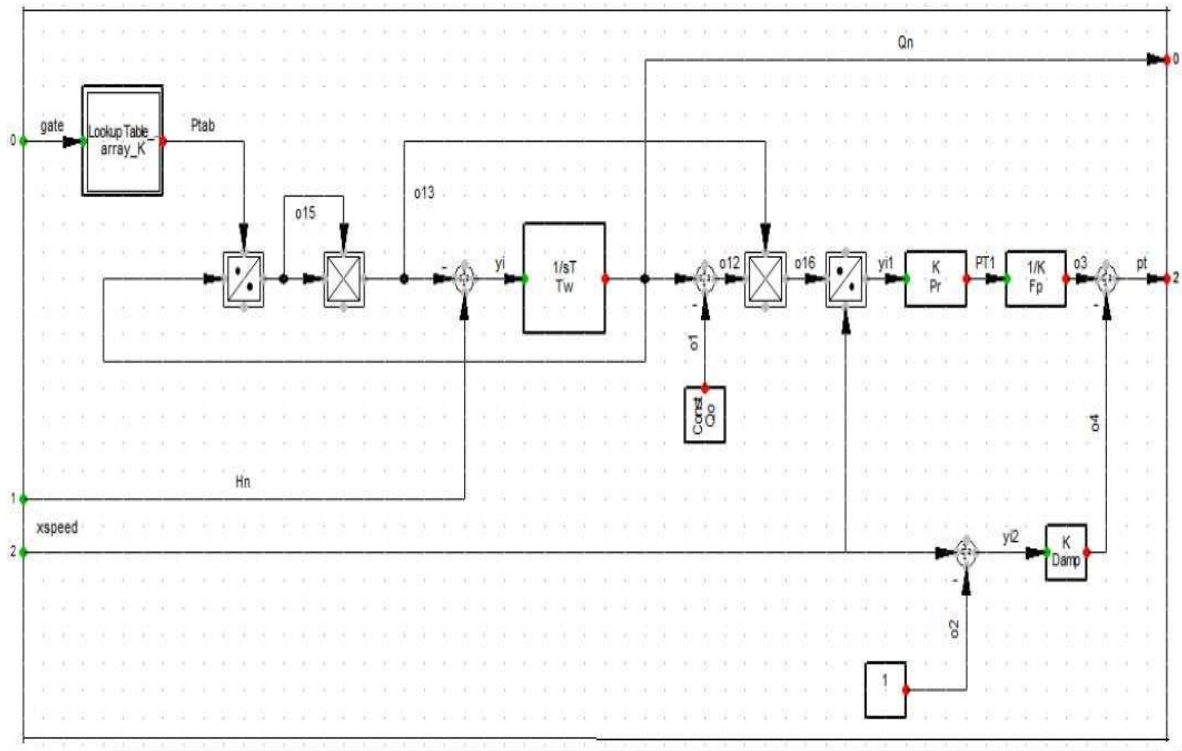


Ilustración 30. Diagrama de bloques conducción y turbina U2.