

## PROGRAMA REGIONAL SIEMENS SMART INFRASTRUCTURE “Potencia tus conocimientos en Eficiencia Energética”

### 1. PROBLEMÁTICA

- El presente proyecto trata de definir, diseñar e implementar sistemas de control inteligentes que permitan la gestión en tiempo real de la distribución de energía eléctrica aplicada a un área industrial con la posibilidad de ser más eficientes. Este proyecto tiene como objetivo el uso de nuevas tecnologías enfocadas en el ahorro energético, para fomentar el consumo responsable y sostenible de energía que contribuya a una disminución de la intensidad energética, a un menor impacto sobre el medio ambiente, contribuyendo a la lucha contra el cambio climático.
- La reducción del uso de energía también se ve como una solución para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

### 2. DESCRIPCION DEL PROYECTO Y MEJORA PROPUESTA

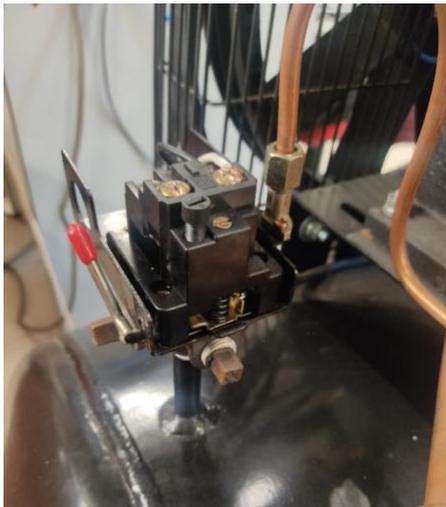
- El laboratorio de Manufactura Flexible de la facultad de Ingeniería Industrial usa diariamente aire comprimido de 4 a 6 bares. Un compresor con un motor monofásico 220 VAC provee la línea de aire comprimido. El compresor se controla mediante un presostato que apaga el compresor cuando el tanque llega a los 6 bares y enciende cuando está por debajo de los 4 bares. Su control es ON/OFF.
- Nuestra propuesta de mejora es cambiar el motor monofásico 220 VAC por un motor trifásico 380 VAC y utilizar nuevas tecnologías para mejorar la supervisión del equipo.
- Por teoría se sabe que, comparado con el motor monofásico, el motor trifásico tiene un mayor factor de potencia y eficiencia. Por lo cual, para transmitir la misma cantidad de energía, una línea de transmisión trifásica requiere menos material conductor que una línea monofásica.



- El motor monofásico posee dos condensadores para su funcionamiento lo cual agrega una desventaja a su uso. Si la capacitancia del condensador disminuye por efectos del uso el motor puede fallar al arrancar o disminuir su potencia.
- Debido a la creciente disponibilidad de variadores de frecuencia electrónicos rentables, los motores de condensador están siendo reemplazados cada vez más por motores trifásicos. Los variadores de frecuencia pueden generar las tres fases con frecuencia y amplitud variables necesarias para el motor trifásico a partir de corriente alterna monofásica o corriente continua.

### 3. DESARROLLO DEL PROYECTO

- El compresor con motor monofásico 220 VAC utiliza un presostato para el control de presión dentro del tanque. Para la visualizar la presión del tanque se tiene un manómetro.

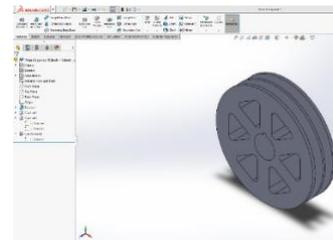
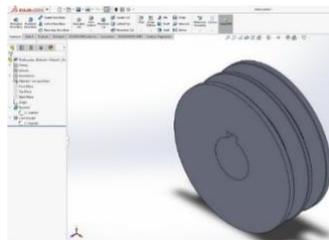


- Se procede con el retiro del motor monofásico, retiro de patea de sujeción de fajas y protector de fajas.



## Montaje motor Trifásico 380 VAC.

- En este punto se debe fabricar una polea para el grupo de compresión y otra polea para el motor trifásico debido a la relación de transmisión que existía anteriormente con el motor original. Realizados los cálculos correspondientes diseñamos dos poleas de diámetros distintos. La fabricación se realizó de la siguiente manera.
  1. Utilizando el software **Solidworks** se diseñó ambas poleas.
  2. Diseño de la polea del motor trifásico de 150 mm de diámetro.
  3. Diseño de la polea del grupo de compresión de 200 mm de diámetro.



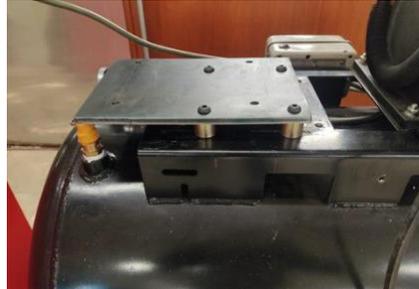
4. Para la fabricación de la polea del motor trifásico se utilizó la **Impresora 3D Markforged**. En la fabricación de esta polea se usó dos materiales **Onix** y **Kevlar** a fin de obtener una polea que resista el esfuerzo generado por el motor trifásico.



5. Para la fabricación de la polea del grupo de compresión se utilizó el **centro mecanizado CNC** de la marca **Kitamura**. En la fabricación de esta polea se usó como material el **acero A37**.



- Para el montaje del motor trifásico se tuvo que fabricar una sobre base ya que la base del compresor original no tenía las dimensiones adecuadas. En este procedimiento se utilizó la cortadora por plasma para la base de **acero** y el torno convencional para la fabricación de las bocinas en **latón**.



- Una vez listo la sobrebase se realizó el montaje del motor trifásico.



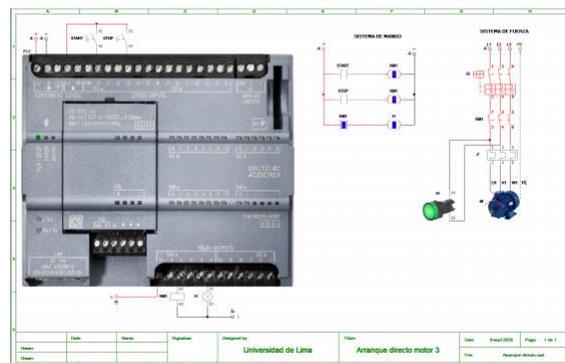
- Para controlar la presión del tanque utilizamos un sensor de presión digital el cual está conectado a un **PLC S7-1200 Siemens**. Utilizaremos un algoritmo de **control PID** para mejorar nuestro sistema.



- Para el control de velocidad del motor trifásico se utilizará un variador de frecuencia **SINAMICS G120 Siemens**. Con los parámetros correctos del motor trifásico se configurará el variador de frecuencia.



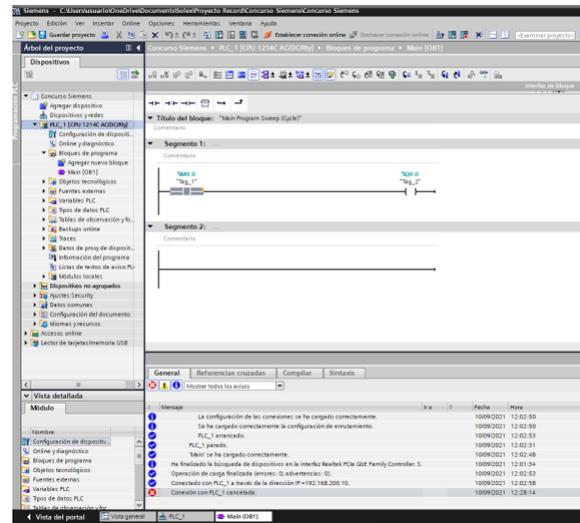
- Antes de realizar la programación del PLC los estudiantes usaron el software CADESIMU para simular el arranque del motor trifásico.



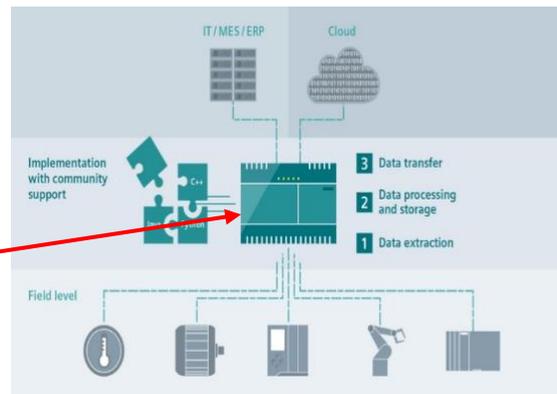
- Mediante el software CITRIX los estudiantes lograron comunicarse remotamente con las computadoras del laboratorio de manufactura flexible y así poder usar el software TIA portal para realizar la programación del PLC S7-1200.



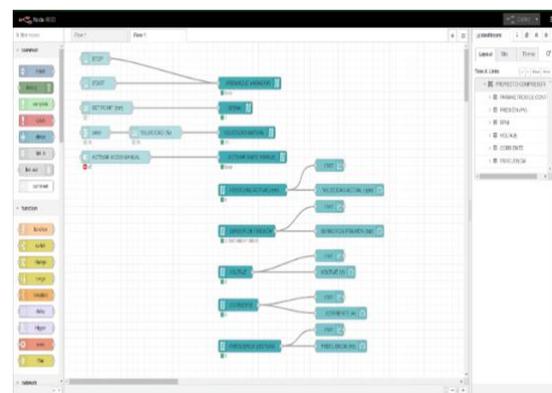
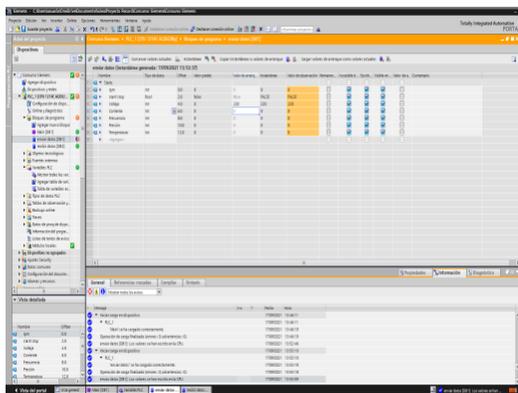
- Utilizando el software **TIA portal** se realizaron la configuración, programación del **PLC S7-1200** y establecieron comunicación con el variador de frecuencia **SINAMICS G120**.



- Para la mejora propuesta con tecnología 4.0 utilizaremos un módulo IOT 2040 Siemens el cual nos servirá de pasarela hacia un servidor local el cual nos permitirá controlar y supervisar el funcionamiento del compresor desde cualquier lugar dentro de la Universidad de Lima.



- Enlazaremos las variables del Tia portal con NodeRED.



- Utilizaremos la aplicación NodeRED para realizar la configuración de los Dashboards.



#### 4. BENEFICIOS OBTENIDOS

- Estos resultados se obtuvieron de las pruebas realizadas antes y después del cambio del motor.

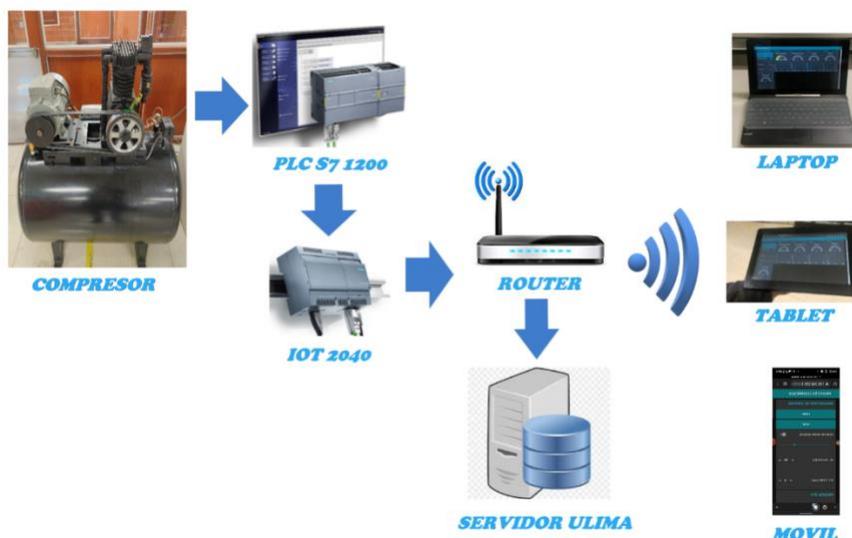
MOTOR MONOFASICO												
	Tensión (Voltios)	Corriente máxima (Amperios)	Potencia motor (HP)	Corriente trabajo (Amperios)	Presión (Bar)	Tiempo (Hora)	Potencia por hora (Watts)	Potencia total (Watts)	Potencia total (KiloWatts)	Costo de KWh	Costo diario	Costo mensual
Arranque directo	220	58.9	5	15	4 a 6	6	3300	19800	19.8	S/ 0.7	S/ 13.9	S/ 277.2
MOTOR TRIFASICO SIEMENS												
	Tensión (Voltios)	Corriente máxima (Amperios)	Potencia motor (HP)	Corriente trabajo (Amperios)	Presión (Bar)	Tiempo (Hora)	Potencia por hora (Watts)	Potencia total (Watts)	Potencia total (KiloWatts)	Costo de KWh	Costo diario	Costo mensual
Arranque con variador de frecuencia	380	23	4	5.5	4 a 6	6	3619.9	21719.3	21.7	S/ 0.6	S/ 13.0	S/ 260.6

- Como se puede apreciar en la tabla por cada mes luego de cambiar el motor tendríamos un costo mensual del servicio eléctrico de s/. 260.60 lo que nos genera un ahorro de s/. 16.60 por cada mes.
- Con los datos obtenidos calculamos VAN, TIR y periodo de recuperación de nuestro proyecto. Por ellos se ha planteado el caso hipotético en el que la universidad alquile el equipo ya mejorado con la finalidad de tener un ingreso mensual de S/.700 y para asegurar de esta forma una rentabilidad. Así mismo, para evaluar esta última, es necesario considerar los costos fijos a los que conlleva el uso de la maquina (electricidad, mantenimiento preventivo, entre otros), sino que también debe ser considerada el costo de las mejoras que se le han hecho, es decir, la inversión inicial. Siendo de esta manera la inversión inicial S/.7,707.92 y el costo fijo mensual de S/. 260.6. De la misma manera, para fines prácticos se consideró un costo de oportunidad del capital (COK) del 15%. Hechas estas consideraciones, se puede apreciar la proyección de ingresos y costos del proyecto hasta dentro de 10 años en periodos

anuales. Gracias a estas proyecciones se pudo evaluar el proyecto, el cual, puede retornar la inversión inicial a partir del décimo sexto día del sexto mes del año posterior a ser implementado. Por otra parte, las proyecciones dan como resultado una tasa interna de retorno del 68% que, al ser mayor a 0% y al COK, es bastante recomendable. La relación beneficio/costo del proyecto obtenida es de 2.43, esto quiere decir que, por cada sol invertido en éste, se estaría retornando a la universidad 1.43 soles, lo cual, verifica lo dicho anteriormente evaluando únicamente la TIR.

Periodo (años)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversion	-S/ 7,707.92										
Ingresos		S/ 8,400.00	S/ 8,400.00	S/ 8,400.00	S/ 8,400.00	S/ 8,400.00	S/ 8,400.00	S/ 8,400.00	S/ 8,400.00	S/ 8,400.00	S/ 8,400.00
Costos		S/ 3,127.20	S/ 3,127.20	S/ 3,127.20	S/ 3,127.20	S/ 3,127.20	S/ 3,127.20	S/ 3,127.20	S/ 3,127.20	S/ 3,127.20	S/ 3,127.20
Flujo de caja	-S/ 7,707.92	S/ 5,272.80	S/ 5,272.80	S/ 5,272.80	S/ 5,272.80	S/ 5,272.80	S/ 5,272.80	S/ 5,272.80	S/ 5,272.80	S/ 5,272.80	S/ 5,272.80
flujo acumulado	-S/ 2,435.12	S/ 2,837.68	S/ 8,110.48	S/ 13,383.28	S/ 18,656.08	S/ 23,928.88	S/ 29,201.68	S/ 34,474.48	S/ 39,747.28	S/ 45,020.08	
<b>COSTO ESTIMADOS</b>											
Switch	S/ 550.00										
Variador	S/ 1,900.00										
Complementos	S/ 200.00										
Motor	S/ 1,699.00		periodo de recuperacion=	1	año						
Plc	S/ 1,230.62		meses=	6	meses						
Sensor	S/ 828.30		dias=	16	días						
lot	S/ 1,300.00										
Total=	S/ 7,707.92										
huella de carbono anual=	S/ 135.78	tCO2eq/MWh									

- Además de obtener beneficios en dinero y reducción de energía, podemos incorporar la tecnología Industrial 4.0 para mejorar la supervisión de nuestro equipo obteniendo las siguientes ventajas:
  - o Control y supervisión remota del funcionamiento del equipo.
  - o Toma de decisiones de forma mucho más eficiente.
  - o Cambiar parámetros de configuración de manera remota.
  - o Incrementar la flexibilidad para visualizar variables del proceso en tiempo real.



# ANEXOS

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

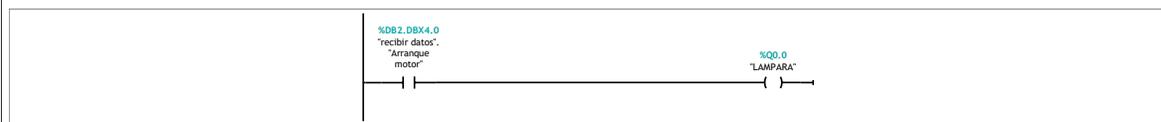
### Concurso Siemens / PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Program blocks

#### Main [OB1]

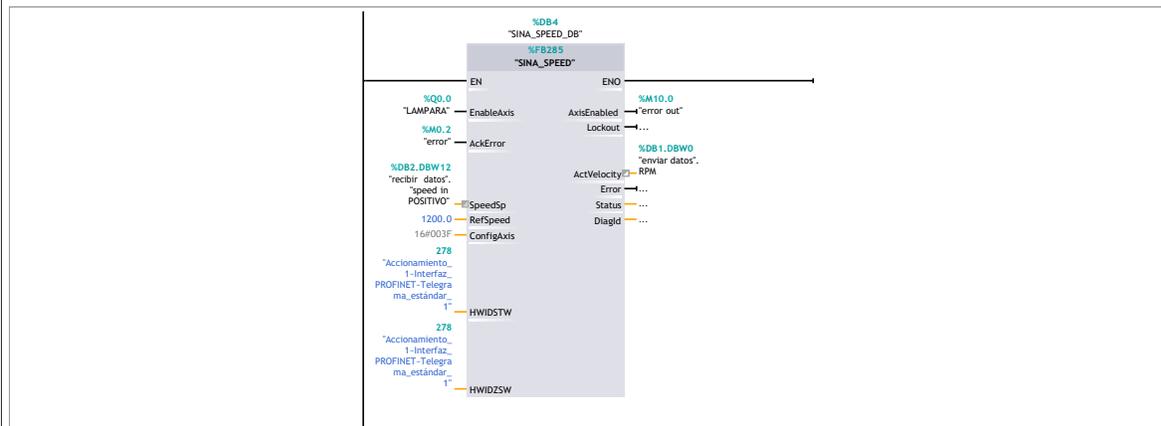
Main Properties							
General							
Name	Main	Number	1	Type	OB	Language	LAD
Numbering	Automatic						
Information							
Title	Arranque de variador y escalamineto de sensores	Author		Comment	...	Family	
Version	0.1	User-defined ID					

Main			
Name	Data type	Default value	Comment
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
▼ Temp			
div	Int		
Constant			

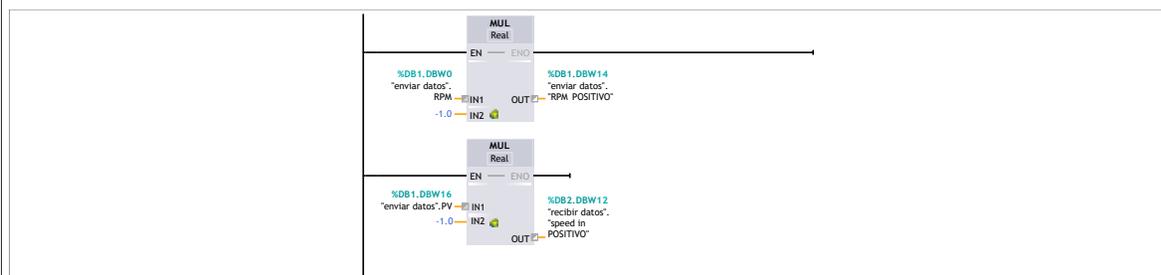
#### Network 1: Arranque y parada



#### Network 2: Bloque de control de velocidad

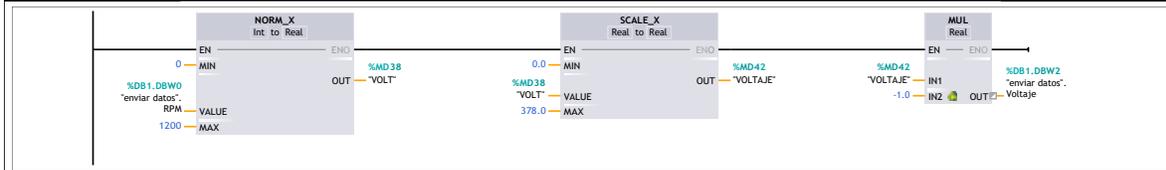


#### Network 3: Lectura RPM en NodeRed

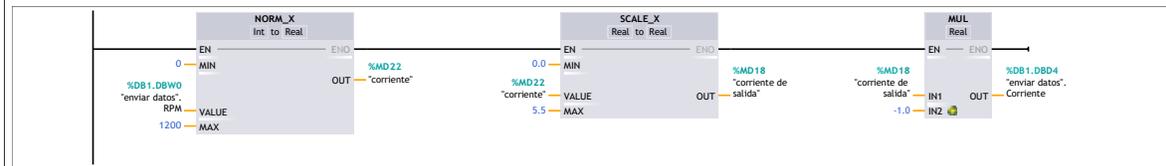


#### Network 4: Leer voltaje en NodeRed

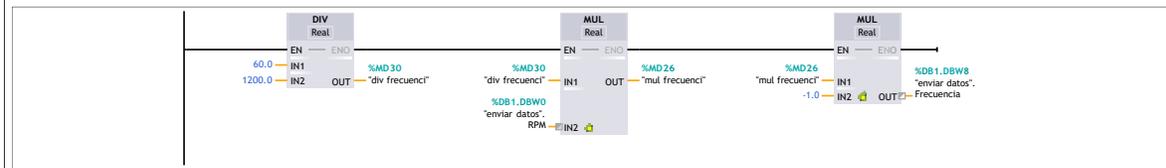
--	--	--



**Network 5: Leer corriente en NodeRed**



**Network 6: Leer frecuencia en NodeRed**



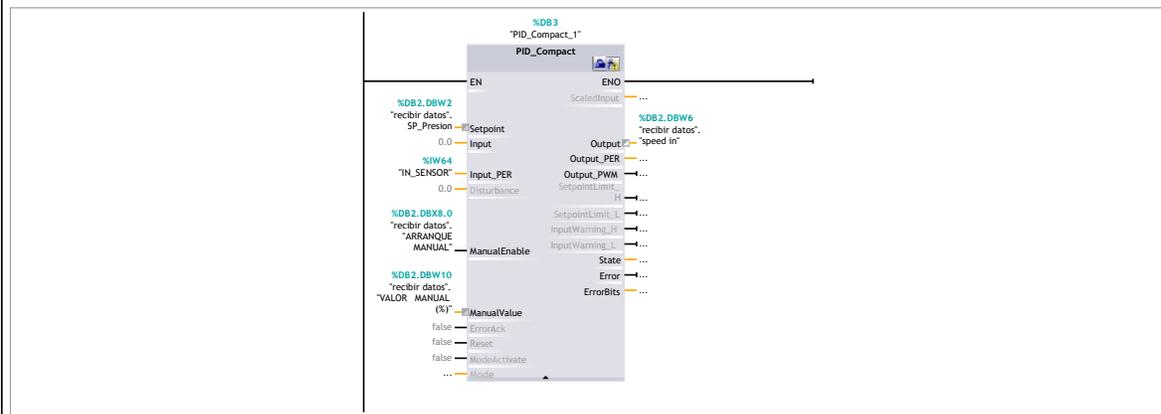
**Network 7: Enviar datos del sensor de presión a NodeRed**



**Concurso Siemens / PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Program blocks**
**CONTROL PID [OB30]**

CONTROL PID Properties							
General							
Name	CONTROL PID	Number	30	Type	OB	Language	LAD
Numbering	Automatic						
Information							
Title	Control PID	Author		Comment	..	Family	
Version	0.1	User-defined ID					

CONTROL PID			
Name	Data type	Default value	Comment
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Event_Count	Int		Events discarded
Temp			
Constant			

**Network 1: Control de presión**

**Network 2: Conversion a RPM**
