

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“IMPLEMENTACIÓN DE REPORTE DIARIO AUTOMÁTICO CON  
CONSUMOS ENERGÉTICOS EN UNA PLANTA  
PELETIZADORA”

**EXAMEN COMPLEXIVO, COMPONENTE PRÁCTICO**  
**INFORME PROFESIONAL**

Previo a la obtención del Título de:

**MAGÍSTER EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**  
**INDUSTRIAL**

ALEX DANIEL SANTOS CASTAÑEDA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2023

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado especialmente a mis padres, Alexandra y Daniel, quienes me han brindaron su apoyo fundamental, ahínco y paciencia durante este proceso de aprendizaje. Este logro también va dedicado para mi enamorada Joselyne, familia y amigos, que siempre han estado prestos a brindarme su ayuda y haber puesto su confianza en mí. ¡Gracias por ser mi inspiración y motivación constante durante esta larga travesía académica!

## COMITÉ DE EVALUACIÓN

---

PhD. Efrén Herrera M.

Miembro Principal

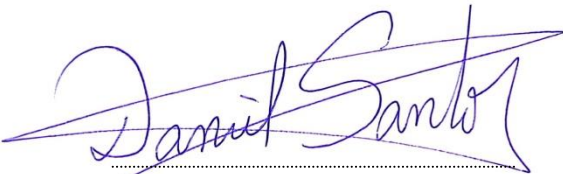
---

PhD. Dennys Paillacho C.

Miembro Principal

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Informe Profesional, me corresponde exclusivamente; y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Alex Daniel Santos Castañeda

## **RESUMEN**

El presente proyecto describe la problemática a la que se enfrenta a diario la obtención de consumos energéticos en una planta industrial, el tiempo que se pierde en esta tarea por parte del técnico, la solución más práctica y moderna utilizando herramientas de PLC y servicios de automatización. Así como también la recepción de datos diarios en un correo electrónico.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	2
COMITÉ DE EVALUACIÓN .....	3
DECLARACIÓN EXPRESA .....	4
RESUMEN .....	5
INTRODUCCIÓN .....	2
CAPÍTULO 1 .....	3
1. SOLUCION TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA .....	3
1.1 Elección de PLC .....	4
1.2 Instalación de Sensores .....	6
1.2.1 Transformadores de Corriente .....	6
1.2.2 Transductores de Corriente .....	7
1.3 Elaboración del programa .....	8
1.4 Elaboración de Base de Datos .....	12
1.5 Presentación de Datos .....	13
CAPÍTULO 2 .....	15
2. RESULTADOS OBTENIDOS .....	15
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	17
BIBLIOGRAFÍA .....	18
ANEXOS .....	19

# INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el camarón se ha convertido en la principal fuente de ingresos en el país, por lo tanto, todo lo que involucra al sector camaronero ha crecido también, esto incluye a la elaboración del alimento balanceado exclusivamente de camarón.

La competencia en el mercado del balanceado se ha vuelto tan reñida y agresiva que las empresas revisan constantemente su sistema de producción con el fin de mejorar la eficiencia de su proceso y abaratar los costos para producir. Con este fin, el director de Operaciones de estas empresas debe revisar constantemente los Indicadores Clave de Desempeño (por sus siglas en inglés KPI), entre ellos los de eficiencia energética, y llevar un control diario que es presentado mes a mes.

Una de las bases principales para la construcción de KPIs energéticos, es tomar diariamente la lectura de consumo de energía eléctrica en medidores ubicados en puntos estratégicos de toda la planta, esta tarea la suele realizar el técnico eléctrico al empezar su turno. Cada día a las 7 de la mañana esta persona recorre por toda la planta anotando las lecturas de estos medidores, luego esta información es procesada en una tabla de Excel y revisada por el Coordinador responsable.

Sin embargo, esta tarea toma alrededor de una hora para poder realizarse, ya que primero se anota los datos en un formato a mano y luego son ingresados al computador, este proceso diario se decidió automatizarlo, es decir que la información será tomada, procesada y enviada automáticamente por correo diariamente. Como plan piloto se decidió implementarlo en las máquinas peletizadoras, las cuales son de mayor criticidad para la producción de balanceado peletizado de camarón.

# CAPÍTULO 1

## 1. SOLUCION TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA.

Para la implementación del sistema, el primer paso fue medir la corriente de cada una de las cinco Peletizadoras y enviarla al PLC Siemens S7-1200, para este último lo más común fue utilizar entradas analógicas basadas en corriente de 4-20 mA.

La corriente que consume cada motor de Peletizadora es de 125 Amperios de nominal según su placa base, por tanto, se escogió un transformador de corriente que de entrada sea 0 a 150 Amperios y de salida se de 0 a 5 Amperios en AC.

Posteriormente se conectó a la salida de cada transformador, un transductor de corriente que de entrada es de 0-5 Amperios en AC y de salida es de 4-20mA en DC que es el tipo de señal que fue configurada para ingresar al PLC S7-1200.

Se elaboró un programa en TIA Portal donde se adquiría la corriente en tiempo real de cada Peletizadora desde cada una de las cinco entradas analógicas conectadas al PLC Siemens S7-1200. Con la lectura de corriente, se elaboró un acumulador de energía por cada equipo y almacenado en un DataBlock que es encerado cada mañana a las 7AM.

Luego se creó un script de VBS en la aplicación de WinCC, donde se captura la lectura de la energía acumulada de cada equipo justo antes de encerarse, posteriormente esta información es enviada y almacenada en una base de datos de SQL Server.

En Power Automate se añadió la base de datos con los consumos diarios y se creó un flujo automático para que cada vez que la base sea modificada, este último envíe por correo electrónico, el consumo diario mensual de cada una de las cinco peletizadoras a todo el personal que sea de interés.



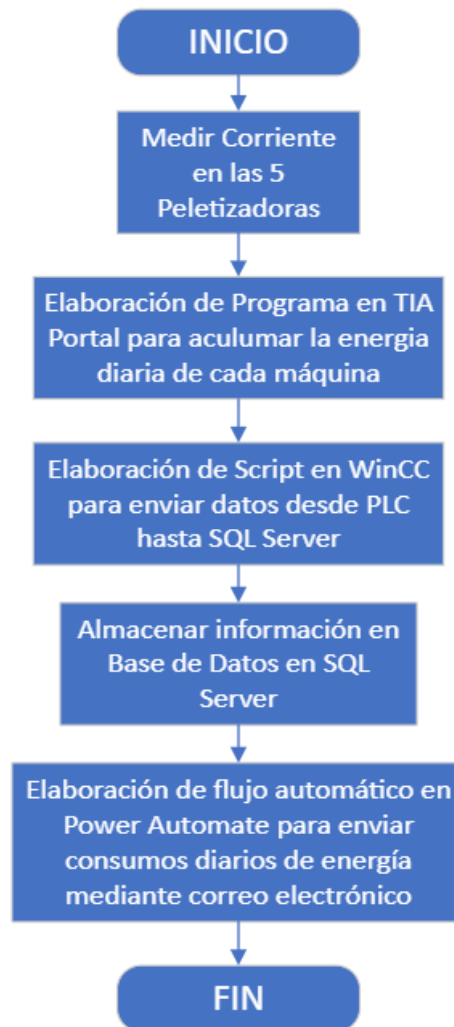


Figura 1. 1 Flujo General del Proceso

## 1.1 Elección de PLC

Para resolver la problemática es necesario definir el hardware con el que se va a realizar la adquisición de datos y como estos van a ser manejados, por mayor compatibilidad se eligió la marca Siemens y entre los modelos más comerciales se eligió el S7-1200 puesto que para la aplicación es mas que suficiente modelo de CPU 1215 y 24VDC con código 6ES7215-1AG40-0XB0 y adicional un modulo de 8 entradas analógicas para conectar los 5 sensores de corriente de cada peletizadora, el código es 6ES7231-4HF32-0XB0.



Figura 1. 2 PLC Siemens S7-1200 CPU1215 [1]

Los protocolos de comunicación son TCP/IP por lo tanto se conecta un cable de red desde el PLC hasta el Switch del Rack mas cercano, la arquitectura del sistema es como se muestra en la Figura 1. 3.

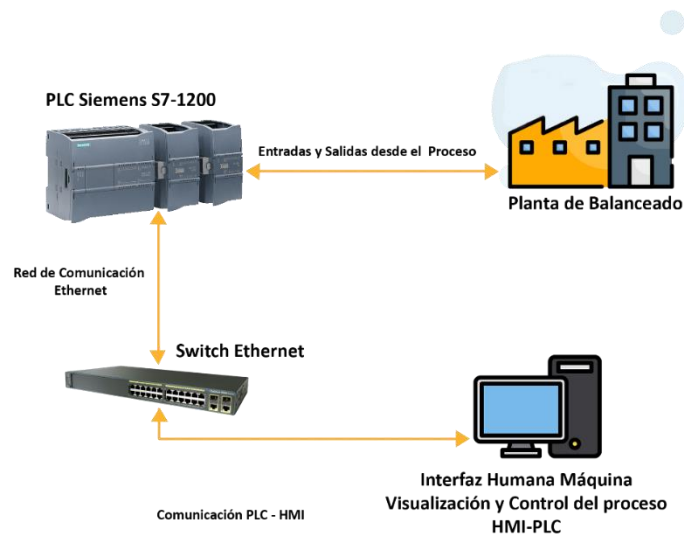


Figura 1. 3 Arquitectura Del Sistema De Control De La Planta De Balanceado Peletizado

## 1.2 Instalación de Sensores

Las peletizadoras poseen motores que utilizan corriente nominal de 150 Amperios, este valor debe ser enviado en tiempo real al PLC S7-1200, para ello se utilizó el siguiente procedimiento: Primero se instalaron transformadores de corriente alterna a cada motor de Peletizadora, estos soportan de entrada 0- Amperios en AC y lo convierten a 0-5 Amps en AC y luego por medio de transductores de corriente que reciben 0 a 5 Amperios en AC y como salida una señal de 4-20 mA en DC que puede ser leída en el PLC

### 1.2.1 Transformadores de Corriente

A cada una de las cinco peletizadoras se le instaló un Transformador de Corriente de marca CIRCUTOR y con código M70317, estos modelos soportan una entrada de corriente de 0 a 150 amperios en AC y como salida la nominal es convertida en un rango de 0 a 5 amperios en AC, estos fueron instalados en una fase de cada línea principal de energía de las Peletizadoras y la salida fue conectada al transductor de corriente. [2]



Figura 1. 4 Transformador de Corriente 150/5 [2]

### 1.2.2 Transductores de Corriente

Posterior a cada Transformador de Corriente se colocó un transductor de Corriente de modelo MACX MCR-SL-CAC- 5-I-UP, estos convierten la corriente de 0 a 5 amperios en AC a una señal de 4 – 20 mA que es leída por el PLC Siemens S7-1200 desde una entrada Analógica. [3]



Figura 1. 5 Transductor de Corriente de 4-20mA, modelo MACX MCR-SL-CAC- 5-I-UP

La conexión de entrada del transductor MACX MCR-SL-CAC- 5-I-UP es de dos hilos tal como se muestra en la Figura 1. 6, aquí se colocan los cables salientes del Transformador de Corriente y solo recibe corriente hasta 5 Amperios en AC, como salida este equipo utiliza conexión de 4 hilos según la Figura 1. 6, dos hilos son para la alimentación en DC, 24V y 0V y los otros dos hilos son para conectar a la entrada analógica del PLC S7-1200.

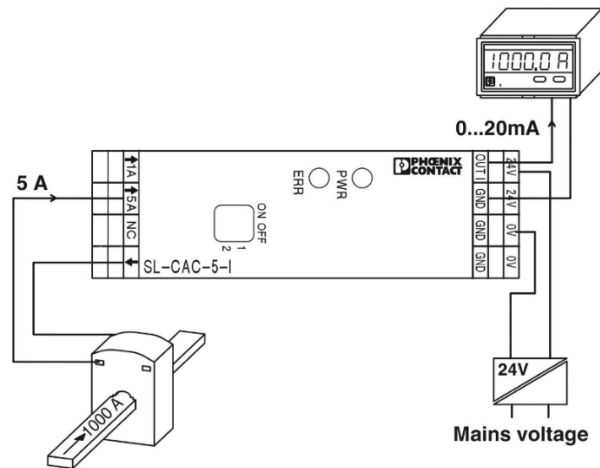


Figura 1. 6 Diagrama de Conexiones de Transductor de Corriente [3]

### 1.3 Elaboración del programa

El programa fue realizado en STEP 7, versión 15 de Siemens, del conjunto de programas TIA PORTAL para Windows. Dentro de TIA Portal se configuró el PLC S7-1200, se añadió el módulo de entradas analógicas, así como también una dirección IP, en este caso se utilizó la dirección (192.168.0.5). Para la elaboración del programa usando lenguaje LADDER el cual es el más común. [3]

Consta de varios DB (Bloques de Datos) donde es almacenada la información según su clase, FB o Bloque de Funciones donde se crean funciones base que pueden ser llamadas las veces que el usuario requiera, las FC o Funciones donde aplican todas las FunctionBlocks según su clase.

Se crea un Data Block llamado Energía (DB135), una vez creado dar clic en Propiedades, luego a Atributos y quitar visto a la opción "Acceso Optimizado a bloques" esto sirve para apuntar a estas direcciones en el PLC, a continuación, en este DB, se crean 10 variables de tipo Real como se muestra en la Tabla 1. 1:

Nombre	Tipo
Current1	Real
Current2	Real
Current3	Real
Current4	Real
Current5	Real
Energy1	Real
Energy2	Real
Energy3	Real
Energy4	Real
Energy5	Real

Tabla 1. 1 Variables creadas para colocar en DataBlock "Energía"

Lo siguiente fue crear una función para escalar el amperaje de la peletizadora desde las señales que envían los 5 transductores de corriente, tal como se ve muestra en la figura:

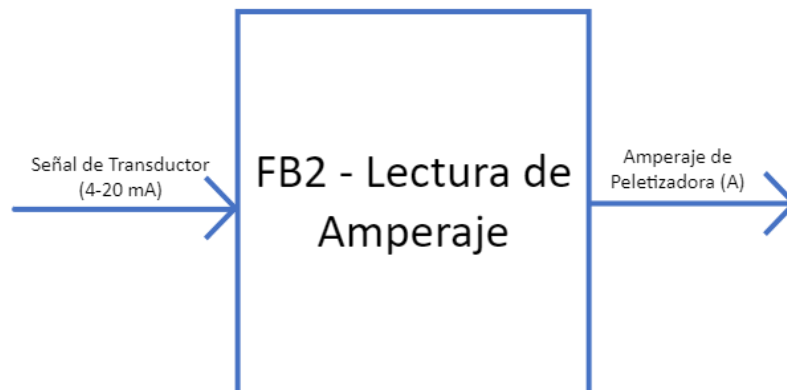


Figura 1. 7 Diagrama de FB2 - Lectura de Amperaje

Se crea una FunctionBlock (FB2) de nombre "Corriente" y es la encargada de leer las entradas analógicas de cada transductor de corriente y escalarla al valor de amperaje de cada Peletizadora. Tiene una única entrada de tipo INT para cada entrada analógica física (IW64, IW66, IW68, IW70 e IW72) y una única salida de tipo Real con el valor del Amperaje que apuntaría al DB135 destinado para almacenar esta información.

En el programa principal se colocan 5 de estos FB2, uno para cada línea y quedaría de la siguiente manera:

Equipo	INPUT	OUTPUT
Línea 1	IW64	Current1
Línea 2	IW66	Current2
Línea 3	IW68	Current3
Línea 4	IW70	Current4
Línea 5	IW72	Current5

Tabla 1. 2 Tabla de Entradas y Salidas para cada FB2, uno por cada línea de Producción

Lo siguiente es crear la función para acumular energía, llamada FB7 (“Acumulador”) esta función toma la corriente en tiempo real adquirida con la FB2 y la convierte en energía así también acumula esta energía por 24 horas para luego ser reiniciada y empezar este proceso nuevamente.

Para el cálculo de energía se toma en cuenta la formula:

$$kWH = \frac{V \times I \times H}{1000}$$

Donde “V” es el voltaje de los equipos, este valor es fijado a 440, “I” es la corriente adquirida de FB2 y “H” es el tiempo en horas, se plantea tomar datos cada segundo por lo que “H” es escalado a segundos y este valor es fijado 1/3600.

Por lo tanto, teniendo las constantes definidas, la formula se ve reducida a esta forma:

$$kWH = I \times 0.000122$$

Se colocan bloques para acumular esta energía cada segundo desde las 7AM hasta las 7 AM del siguiente día, en este punto se reinicia todo el bloque y empieza a contabilizar desde 0.

Como única entrada es la corriente actual de tipo REAL y como salida es la Energía Diría también de tipo Real, tal como se muestra en la #.



Figura 1. 8 Diagrama de FB7 – Acumulador Diario

Luego, en el programa principal, se crearon 5 bloques FB7 y colocaron las entradas y salidas como lo indica la

Equipo	INPUT	OUTPUT
Línea 1	Current1	Energy1
Línea 2	Current2	Energy2
Línea 3	Current3	Energy3
Línea 4	Current4	Energy4
Línea 5	Current5	Energy5

Tabla 1. 3 Tabla de Entradas y Salidas para cada FB5, uno por cada línea de Producción

El siguiente paso fue enviar los datos al WinCC, para ello era necesario tener las direcciones de Energía que habían sido calculadas previamente, sería de la siguiente manera:

Equipo	Variable	Direccion
Línea 1	Energy1	DB135,DBD20
Línea 2	Energy2	DB135,DBD24
Línea 3	Energy3	DB135,DBD28
Línea 4	Energy4	DB135,DBD32
Línea 5	Energy5	DB135,DBD36

Tabla 1. 4 Tabla con Direcciones del PLC donde se encuentran los datos de energía

Al abrir WinCC Explorer, luego el Administrador de Variables, en este último se agregó el PLC S7-1200 y colocó su dirección IP (192.168.0.5). Una vez realizado



este cambio se crearon 5 variables de tipo Real (Linea1, Linea2, Linea3, Linea4 y Linea5) que apunten a las direcciones de la tabla # con los datos acumulados de energía.

#### 1.4 Elaboración de Base de Datos

En SQL Server se crea una nueva Base de Datos llamada “Energia”, así como una nueva tabla llamada “Peletizadoras”, le agregamos 7 campos a esta tabla como se muestra en la figura:

Nombre	Tipo
ID	int
Fecha	datetime
Linea1	float
Linea2	float
Linea3	float
Linea4	float
Linea5	float

Tabla 1. 5 Tabla de declaración de Variables dentro de la interfaz de SQL Server

Donde ID es el identificador único de cada dato tomado, la “Fecha” es la fecha en que son capturados los datos y “Linea1” hasta “Linea5” son los datos de energía capturados de cada una de las líneas.

Por medio del Wincc Explorer se realiza código en Visual Basic Script para capturar los datos diariamente del consumo de energía de las 5 Peletizadoras justo antes de las 7 AM desde el PLC junto con la fecha actual y que escriba los datos en la tabla una base de datos de Microsoft SQL Server.

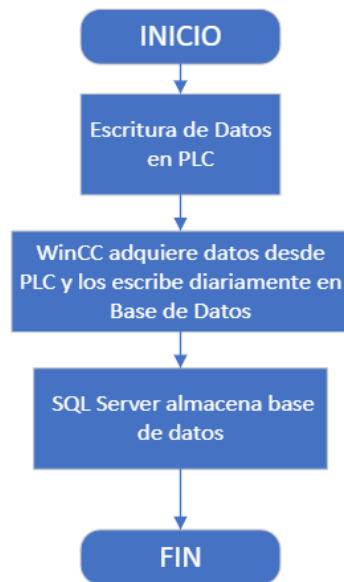


Figura 1. 9 Flujo para envío y recepción de datos entre PLC-S7-1200 y SQL por medio de la interfaz de WinCC

### 1.5 Presentación de Datos

Se utilizó la herramienta de Microsoft Power Automate para crear un flujo automático diario, donde toma la base de datos creada en SQL Server, la procesa en una tabla local donde solo muestre los datos del mes actual, y envía por correo electrónico automáticamente los consumos diarios de energía del mes de las peletizadoras a todas las partes interesadas.

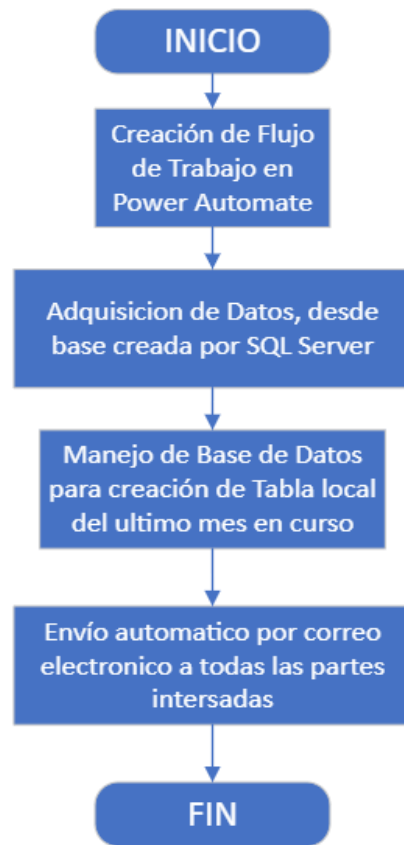


Figura 1. 10 Flujo de Trabajo automático creado en Power Automate

## **CAPÍTULO 2**

### **2. RESULTADOS OBTENIDOS.**

Diariamente aproximadamente a las 7 AM un correo electrónico es recibido junto con la tabla del consumo energético así mismo diario de las cinco peletizadoras en kWh, aquí se puede analizar como se comportó cada equipo durante estas 24 horas tal como se muestra en la Figura 1. 11.

Por lo general las peletizadoras trabajan con carga las 24 horas, por lo que se puede detectar si hay consumos elevados o si hay consumos bajos, en el primer caso se puede analizar la eficiencia de esta y actuar a tiempo por si necesita ser cambiado este motor o requiere mantenimiento, en caso de un posible bajo consumo es probable que el equipo haya estado parado o trabajando sin carga, siendo así se analiza la causa de la para y se toman acciones, así mismo si ha estado trabajando con carga se deben tomar las acciones respectivas para que no consuma energía si no está produciendo.

De esta forma es más rápido analizar y actuar sobre estos equipos con el fin de consumir menos energía eléctrica y ser más eficientes.

Buen día,

Se adjunta reporte diario de Consumo Energético de Peletizadoras

Consumo de Energia de Peletizadoras (KwH)					
Fecha	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4	Línea 5
1/8/2023	8686,67	9767,18	5341,21	6087,77	6627,41
2/8/2023	7551,53	9073,44	6147,44	5852,68	9715,16
3/8/2023	6677,43	6049,08	6749,61	7242,27	7294,03
4/8/2023	7724,28	8296,05	7440,99	8707,67	6235,14
5/8/2023	7846,76	5227,39	6671,58	8107,22	6161,18
6/8/2023	220,10	1741,17	3448,04	3971,92	3337,51
7/8/2023	1974,93	2054,55	2217,66	2103,32	4978,48
8/8/2023	5466,70	6541,67	8265,68	5498,33	7478,34
9/8/2023	9202,64	8229,88	8349,81	9949,86	9758,24
10/8/2023	7148,83	8118,51	9626,79	6496,54	7734,08
11/8/2023	8779,85	9308,75	5560,31	8660,03	5672,05
12/8/2023	6085,75	5217,04	9795,86	5953,34	9701,87
13/8/2023	4118,96	644,39	4216,82	3724,53	3817,04
14/8/2023	2676,89	2867,10	770,65	3972,26	1230,78
15/8/2023	9583,51	7143,27	6759,05	5007,05	8750,69
16/8/2023	8157,48	6594,68	5954,77	7851,30	5582,42
17/8/2023	9706,50	9876,69	5995,04	9270,15	9357,63
18/8/2023	7613,70	8629,49	9781,26	6910,04	7399,16
19/8/2023	7201,87	8646,55	8832,75	6132,17	9119,64
20/8/2023	4457,42	967,18	1620,73	3538,23	638,39
21/8/2023	4102,59	4126,77	1479,28	3769,25	2955,99
22/8/2023	8535,33	7346,58	5990,50	9955,81	9131,88
23/8/2023	6348,21	5243,26	8055,54	7680,47	7074,55
24/8/2023	5409,80	8739,17	9296,41	7053,63	5929,35
25/8/2023	6713,50	5454,98	7641,19	5240,80	7973,53
26/8/2023	7132,11	7998,27	7876,23	6386,27	6177,11
27/8/2023	2719,12	2996,09	2212,84	4492,66	1563,98
28/8/2023	690,71	243,82	628,55	2577,71	1017,00
29/8/2023	6392,70	5016,40	5587,55	7186,48	9847,13
30/8/2023	5494,29	7334,21	8002,25	5504,12	7053,42
31/8/2023	8319,66	8382,62	6376,80	8617,27	7629,45

Figura 1. 11 E-mail con Tabla de Consumo Energético Diaria de Peletizadoras del 31 de agosto

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

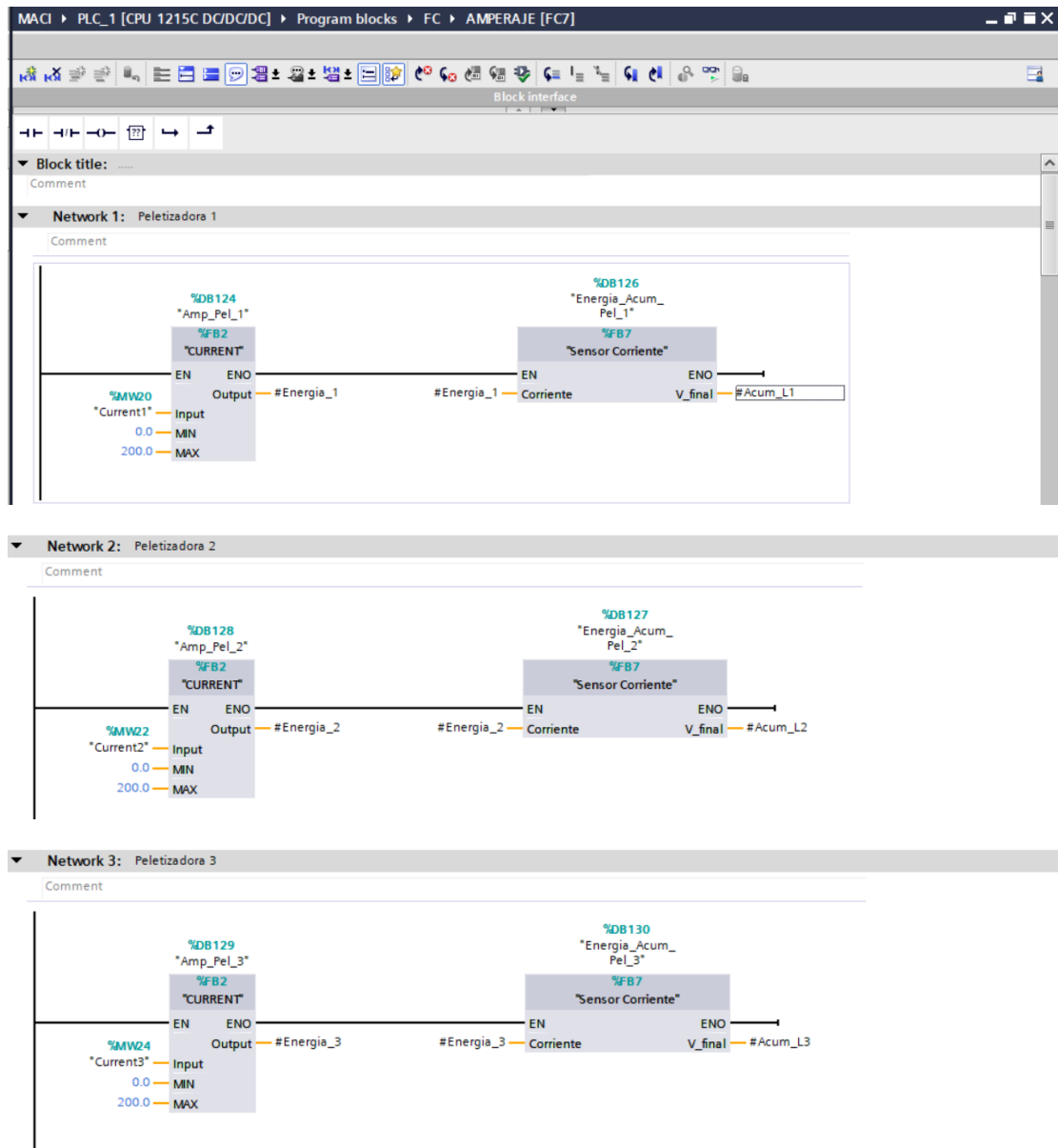
Luego de la implementación automática del informe diario de energía de la planta Peletizadora, el técnico eléctrico ya no pierde tiempo tomando lecturas de energía, mucho menos ingresar esta información manualmente en una base de datos improvisada, es decir que una hora de trabajo es recuperada y podría ser utilizada en mejora continua.

Por otro lado, ya que este sistema depende estrictamente del correcto funcionamiento de los sensores, su criticidad se vuelve elevada por lo que es necesario priorizar su mantenimiento preventivo y así como tomar medidas para protegerlos los sensores del polvo, todo con el fin de para alargar lo máximo posible su vida útil.

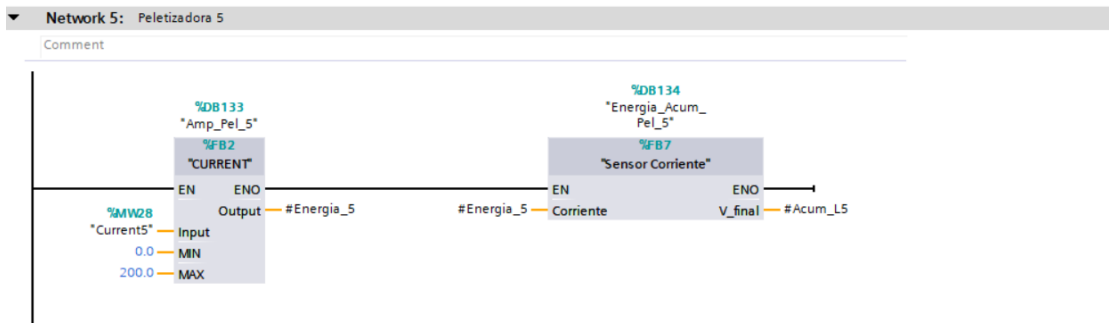
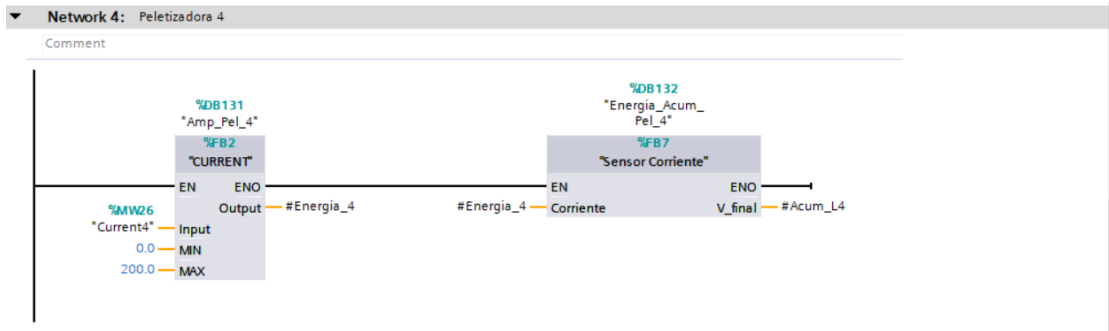
## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Siemens, «Siemens,» [En línea]. Available:  
<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6ES7215-1AG40-0XB0>.
- [2] Circutor, «Circutor,» [En línea]. Available:  
<https://circutor.com/productos/medida-y-control/transformadores-de-corriente-y-shunts/product/M70317./>.
- [3] Phoenix Contact, «www.phoenixcontact,» [En línea]. Available:  
<https://www.phoenixcontact.com/en-pc/products/current-transducers-macx-mcr-sl-cac-5-i-up-2810625>.

# ANEXOS



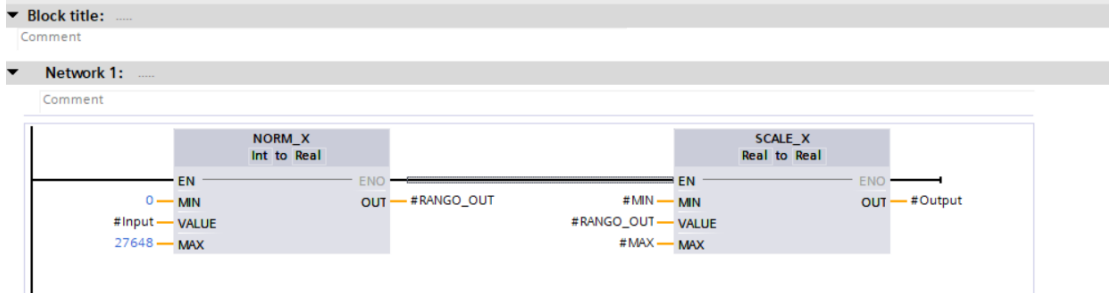




MACI ▶ PLC\_1 [CPU 1215C DC/DC] ▶ Program blocks ▶ FB ▶ CURRENT [FB2]

**CURRENT**

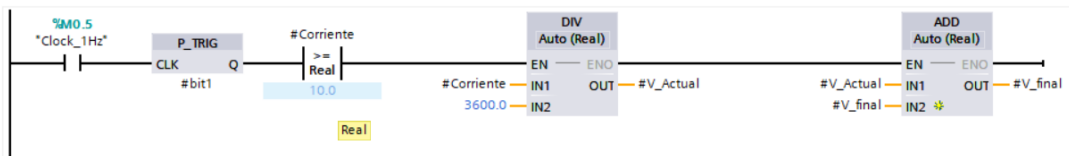
	Name	Data type	Default value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Comment
1	Input								
2	Input	Int	0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	MIN	Real	0.0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	MAX	Real	0.0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Output								
6	Output	Real	0.0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



Sensor Corriente									
	Name	Data type	Default value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Comment
1	Input								
2	Corriente	Real	0.0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	<Add new>								
4	Output								
5	V_final	Real	0.0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	<Add new>								
7	InOut								
8	<Add new>								
9	Static								
10	V_Actual	Real	0.0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
11	Fecha_Actual	DTL	DTL# 1970-01-01-	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
12	YEAR	UInt	1970	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
13	MONTH	USInt	1	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
14	DAY	USInt	1	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
15	WEEKDAY	USInt	5	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
16	HOUR	USInt	0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
17	MINUTE	USInt	0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
18	SECOND	USInt	0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
19	NANOSECOND	UDInt	0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
20	Toma_Dato	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
21	bit1	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
22	bit2	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

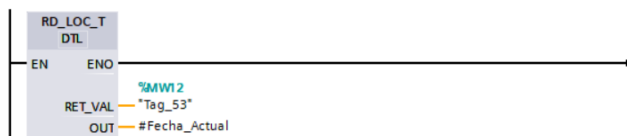
**Network 1:** .....

Comment



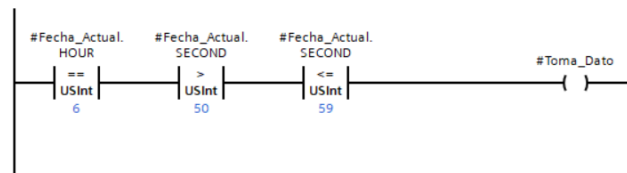
**Network 2:** .....

Comment



**Network 3:** .....

Comment



**Network 4:** .....

Comment

