

AGENDA:

- MOTIVACIÓN
- PROBLEMÁTICA
- OBJETIVOS
- METODOLOGÍA
- DISEÑO DEL DCS
- ANÁLISIS DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



AGENDA:

-  **MOTIVACIÓN**
-  **PROBLEMÁTICA**
-  **OBJETIVOS**
-  **METODOLOGÍA**
-  **DISEÑO DEL DCS**
-  **ANÁLISIS DE RESULTADOS**
-  **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



En la actualidad las tecnologías de la comunicación e información de arquitectura abierta se han convertido de vital importancia en la industria 4.0, la influencia de herramientas tecnológicas orientadas a esta revolución ha permitido una mayor flexibilidad dentro de los sistemas.

Ofreciendo nuevas maneras de organizar e integrar los procesos, permitiendo cada vez obtener sistemas más eficientes y con una mejor gestión, a través de tecnologías como la integración vertical y horizontal, análisis de datos, optimización, nube y simulación, entre otros.

En el mercado existen varias plataformas que facilitan el desarrollo de sistemas basados en IoT ofreciendo servicios del tipo Back-end como analítica avanzada, Big Data, Machine Learning, entre otros.

Con las soluciones de IoT conjuntamente con softwares y herramientas dedicados a la gestión y análisis que utilicen como base modelos estadísticos o matemáticos, ha permitido incrementar sus aplicaciones en múltiples áreas



AGENDA:

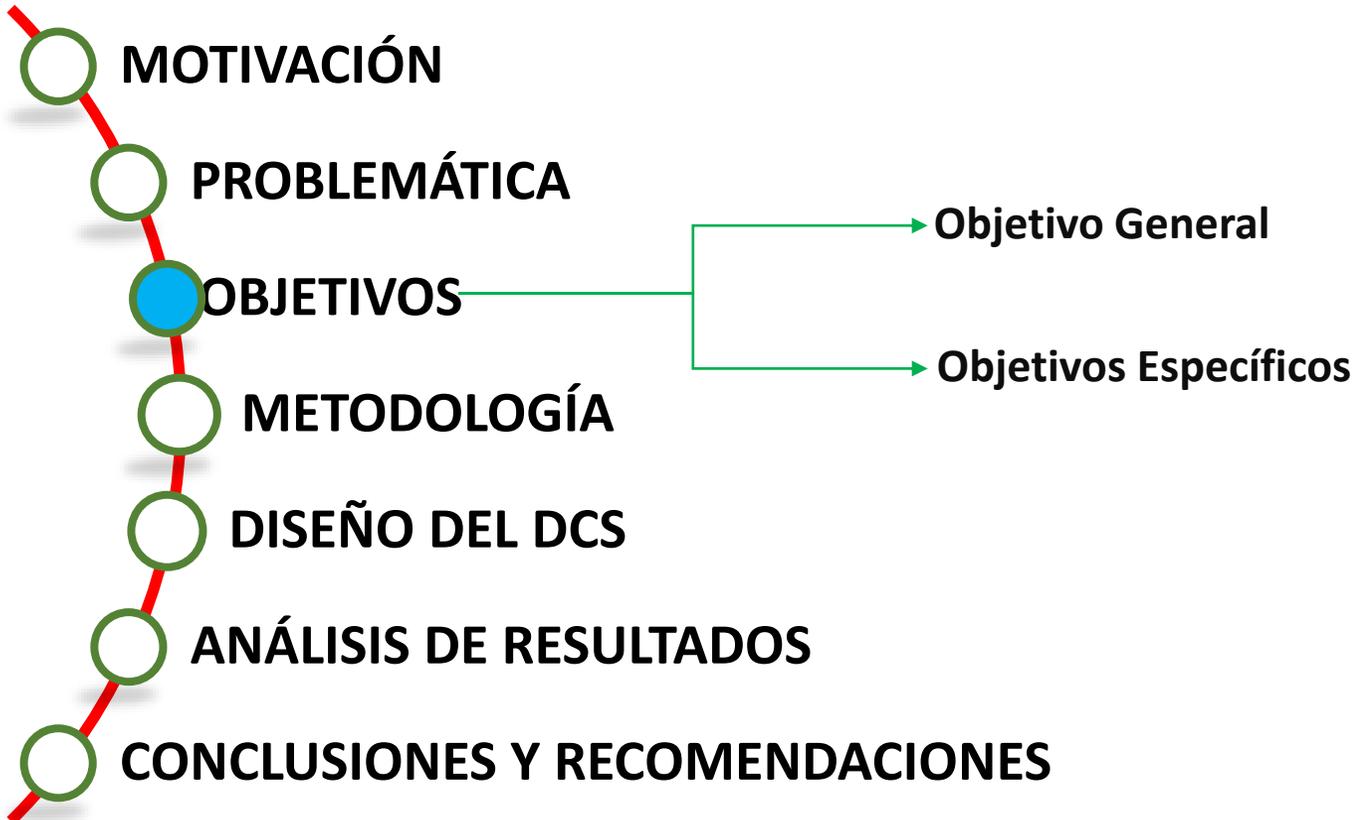
- MOTIVACIÓN
- PROBLEMÁTICA
- OBJETIVOS
- METODOLOGÍA
- DISEÑO DEL DCS
- ANÁLISIS DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



El problema de esta investigación está centrado en la falta de la implementación y explotación de aquellas tecnologías que están enfocadas al desarrollo y avance de la era de digitalización industrial permitiendo que los procesos mejoren, se adapten y se mantengan a la vanguardia con las tecnologías de adquisición y manejo de datos, supervisión, control, almacenamiento, procesamiento y visualización. A su vez, el desconocimiento de nuevos sistemas automatizados en comunicación ha provocado que en su mayoría los procesos industriales en nuestro entorno evolucionen de una forma más lenta.



AGENDA:



Gestionar una red de comunicación industrial para el control, monitoreo y, almacenamiento de información de un sistema de control distribuido basado en TCP/IP en procesos industriales virtuales, utilizando plataformas IoT.



Realizar el monitoreo y control de un sistema de control distribuido empleando protocolos de comunicación industrial, basados en TCP/IP.



Analizar las diferentes plataformas IoT que permitan la visualización y almacenamiento de información.



Manipular y Configurar los diferentes nodos de la red de comunicación industrial en el local host, utilizando node-red.



Programar en la plataforma IoT seleccionada, los eventos que se visualizarán, controlarán, y almacenarán del Sistema de Control Distribuido.



Procesar y Almacenar la información más relevante que permita optimizar la toma de decisiones.



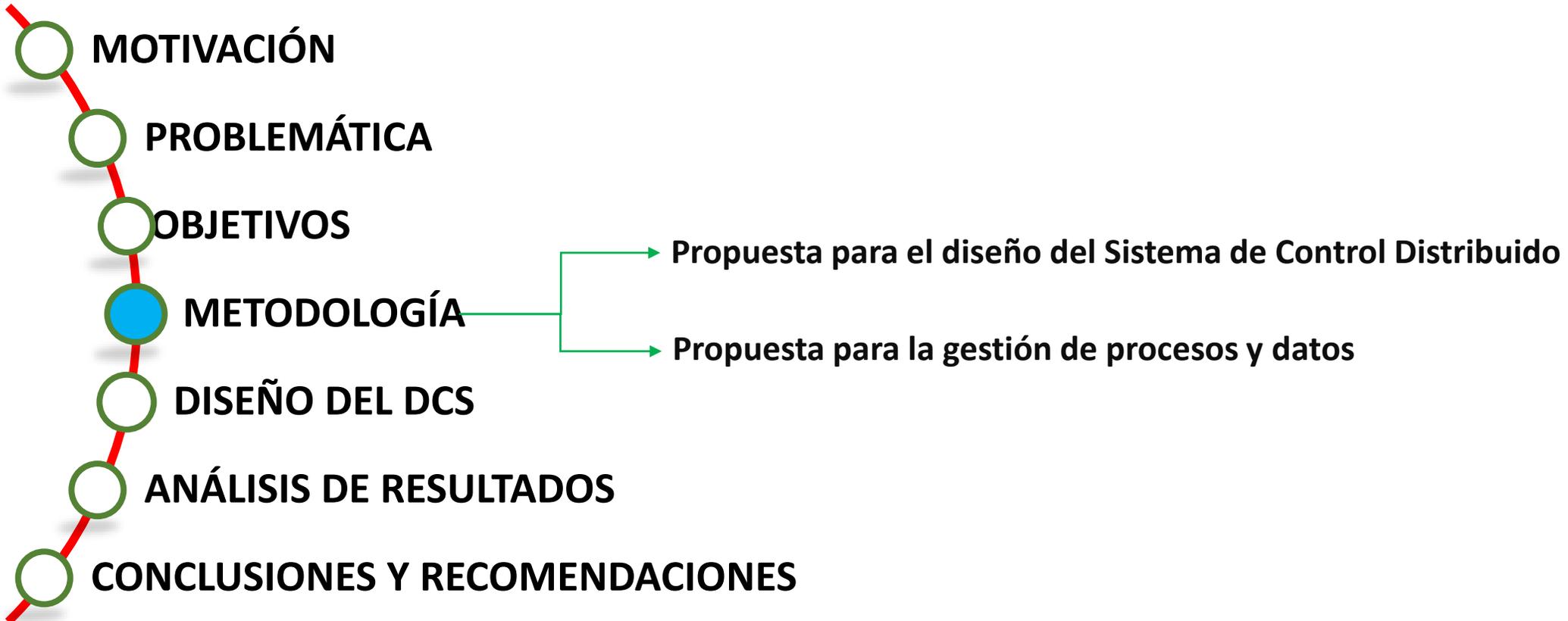
Desarrollar un algoritmo matemático que permita optimizar los procesos de producción del Sistema de Control Distribuido.

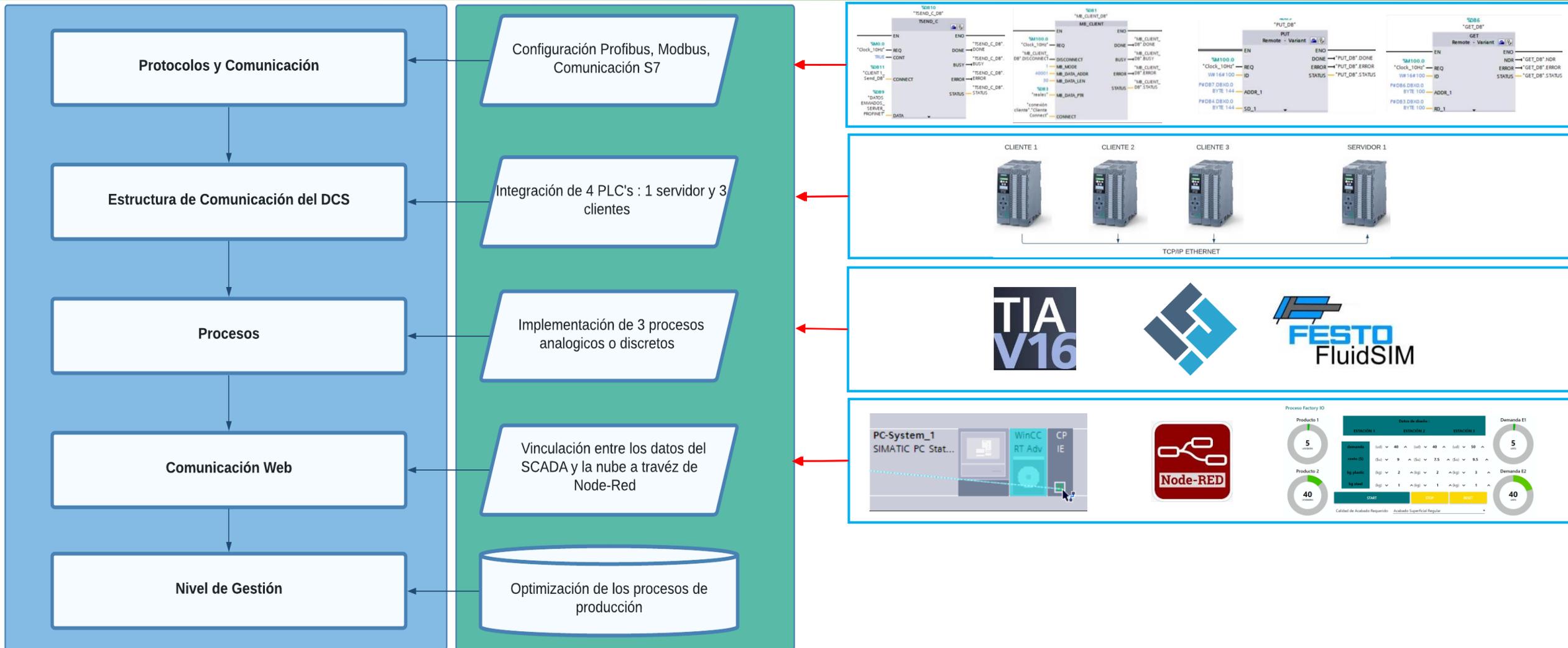


Presentar la información almacenada de forma visual y sencilla de comprender a través de interfaces graficas utilizando un servidor Web que sea amigable con el usuario desde cualquier dispositivo.



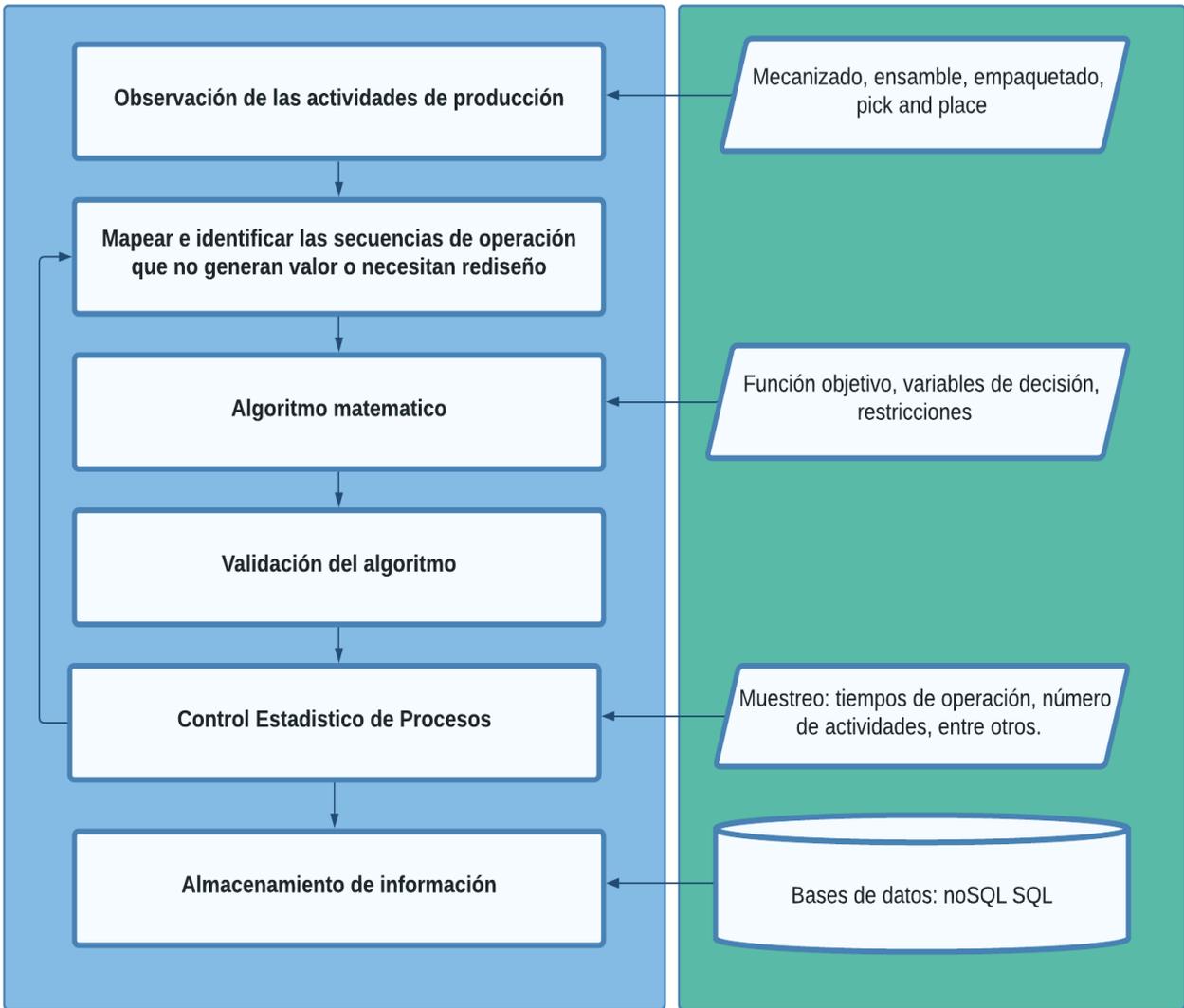
AGENDA:





Metodología Propuesta, para el diseño del Sistema de Control Distribuido





$$\min C(U_E) = \sum_{i=1}^n C_E(U_{Ei})$$
Costo total de un sistema con n estaciones de producción

$$s. a. \sum_{i=1}^n U_{Ei} = U_D^{total} + U_{def}$$
Suma de los niveles de producción

$$\min C(P_G) = \sum_{i=1}^n C_i(P_{Gi})$$
Costo total de un sistema con n generadores

$$s. a. \sum_{i=1}^n P_{Gi} = P_D^{total} + P_{perd}$$
Suma de los niveles de generación

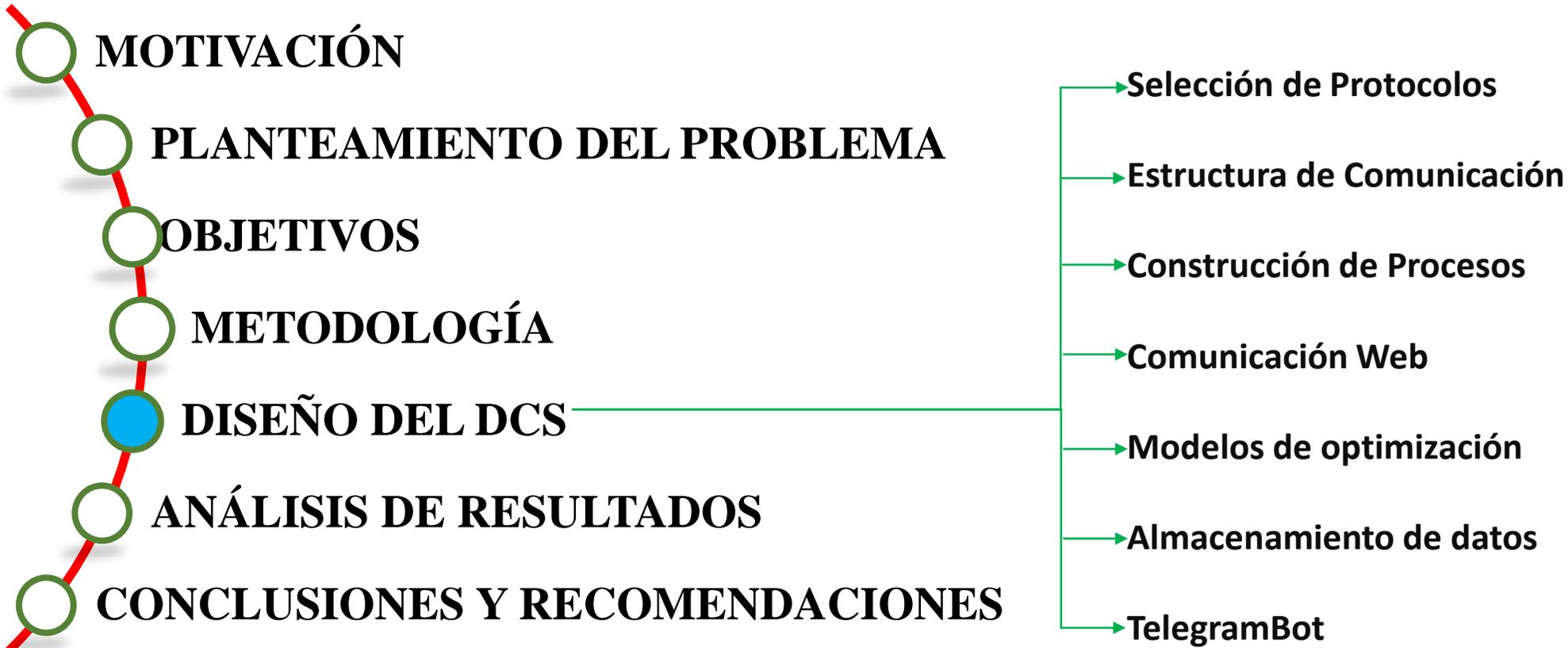
FICO® Xpress Optimization
IBM CPLEX

S-N	OPERACIÓN	Abreviación de operación	Tiempo de procesamiento	tiempo en ciclo unico	Tiempo en espera	Numerod e actividades realizadas
1	Estación de la Fábrica 1	A	5	4	0	1
2	Estación de la Fábrica 2	B	0	1	15	4
3	Estación de la Fábrica 3	C	3	5	0	10
4	Estación de la Fábrica 4	D	0	5	25	8
5	Estación de la Fábrica 5	E	40	4	0	12
6	Estación de la Fábrica 6	F	0	2	20	15



Metodología propuesta para la Gestión de Procesos

AGENDA:



[A]

[C]

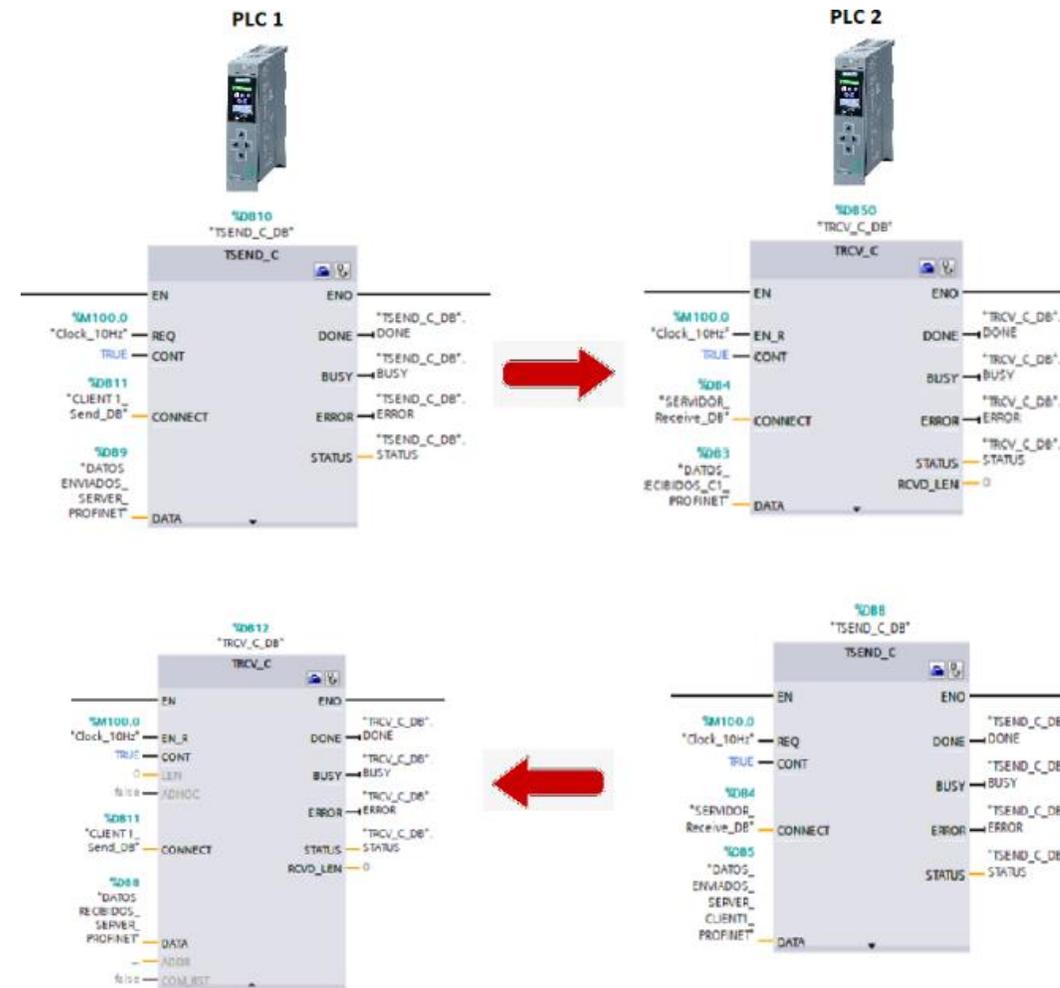


[B]

Variable	Array	Value
C1_DATOS_BOOL	Array[0..10] of Bool	0.0
real	Array[0..10] of Real	2.0
real[0]	Real	2.0
real[1]	Real	6.0
real[2]	Real	10.0
real[3]	Real	14.0
real[4]	Real	18.0
real[5]	Real	22.0
real[6]	Real	26.0
real[7]	Real	30.0
real[8]	Real	34.0
real[9]	Real	38.0
real[10]	Real	42.0

[D]

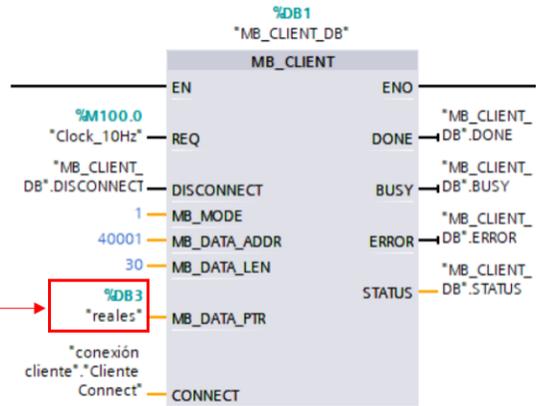




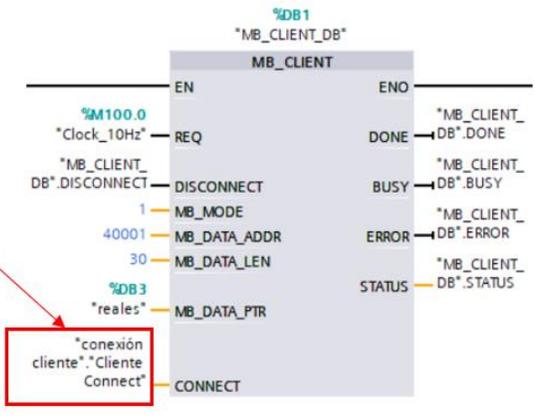
● Esquema de Envío y Recepción de Datos entre dos Controladores



data	Array[0..15] ...	0.0
data[0]	Real	0.0
data[1]	Real	4.0
data[2]	Real	8.0
data[3]	Real	12.0
data[4]	Real	16.0
data[5]	Real	20.0
data[6]	Real	24.0
data[7]	Real	28.0
data[8]	Real	32.0
data[9]	Real	36.0
data[10]	Real	40.0
data[11]	Real	44.0
data[12]	Real	48.0
data[13]	Real	52.0
data[14]	Real	56.0
data[15]	Real	60.0

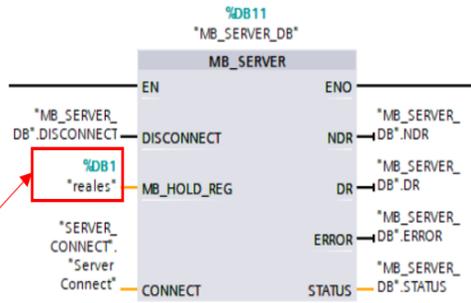


Cliente Connect		TCON_IP_v4
Interfaceld	HW_ANY	64
ID	CONN_OUC	8
ConnectionType	Byte	11
ActiveEstablished	Bool	true
RemoteAddress	IP_V4	
ADDR	Array[1..4] of Byte	
ADDR[1]	Byte	192
ADDR[2]	Byte	168
ADDR[3]	Byte	0
ADDR[4]	Byte	53
RemotePort	UInt	502
LocalPort	UInt	502

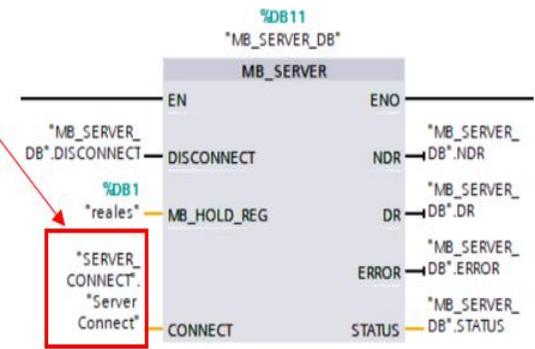


[A] [C]

data	Array[0..15] of Real	0.0
data[0]	Real	0.0
data[1]	Real	4.0
data[2]	Real	8.0
data[3]	Real	12.0
data[4]	Real	16.0
data[5]	Real	20.0
data[6]	Real	24.0
data[7]	Real	28.0
data[8]	Real	32.0
data[9]	Real	36.0
data[10]	Real	40.0
data[11]	Real	44.0
data[12]	Real	48.0
data[13]	Real	52.0
data[14]	Real	56.0
data[15]	Real	60.0



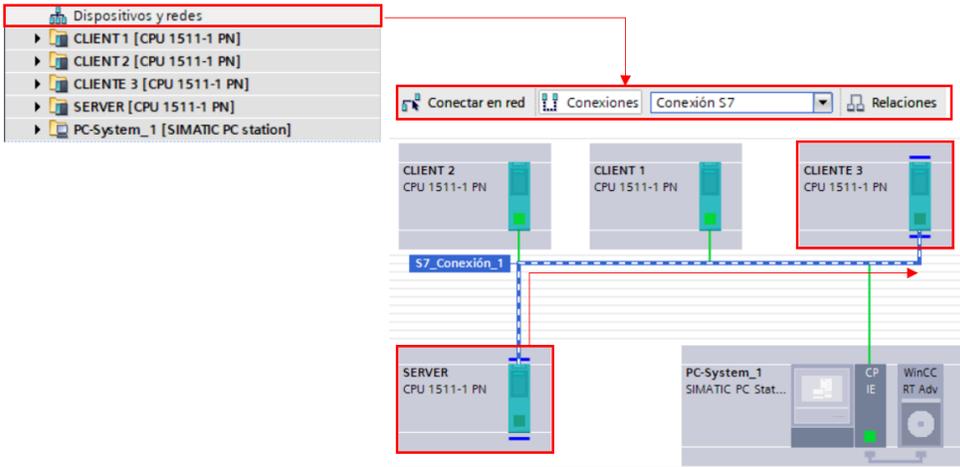
Server Connect		TCON_IP_v4
Interfaceld	HW_ANY	64
ID	CONN_OUC	8
ConnectionType	Byte	11
ActiveEstablished	Bool	false
RemoteAddress	IP_V4	
ADDR	Array[1..4] of Byte	
ADDR[1]	Byte	192
ADDR[2]	Byte	168
ADDR[3]	Byte	0
ADDR[4]	Byte	36
RemotePort	UInt	502
LocalPort	UInt	502



[B] [D]

● Configuración de los bloques MB_CLIENT y MB_SERVER entre dos controladores





- CLIENT 1 [CPU 1511-1 PN]
- CLIENT 2 [CPU 1511-1 PN]
- CLIENTE 3 [CPU 1511-1 PN]
- SERVER [CPU 1511-1 PN]
- PC-System_1 [SIMATIC PC station]

Parámetros de la conexión

General

Punto final: CLIENTE 3 [CPU 1511-1 PN]

Interfaz: CLIENTE 3, Interfaz PROFINET_1[X1]

Subred: Ethernet

Nombre de subred: PROFINET

Dirección: 192.168.0.73

ID de conexión (hex): 100

Nombre de conexión: S7_Conexión_2

Interlocutor: SERVER [CPU 1511-1 PN]

Interfaz: SERVER, Interfaz PROFINET_1[X1]

Subred: Ethernet

Nombre de subred: PROFINET

Dirección: 192.168.0.53

Nombre de conexión: S7_Conexión_1

Establecimiento activo de la conexión

Unilateral

Seleccionar conexión

Nombre de conexión	Punto final local	ID local (hex)	ID del interlocutor
S7_Conexión_2	CLIENTE 3 [CPU 1511-1 PN]	100	101
S7_Conexión_1	CLIENTE 3 [CPU 1511-1 PN]	100	100

INT[26]	Real	104.0
INT[27]	Real	108.0
INT[28]	Real	112.0
INT[29]	Real	116.0
INT[30]	Real	120.0
INT[31]	Real	124.0
INT[32]	Real	128.0
INT[33]	Real	132.0
INT[34]	Real	136.0
INT[35]	Real	140.0

%DB5
"PUT_DB"

PUT
Remote - Variant

EN ENO

%M100.0 DONE → "PUT_DB".DONE

"Clock_10Hz" REQ ERROR → "PUT_DB".ERROR

W#16#100 ID STATUS → "PUT_DB".STATUS

P#DB7.DBX0.0 BYTE 144 ADDR_1

P#DB4.DBX0.0 BYTE 144 SD_1

INT	Array[0..24] of Real	0.0
INT[0]	Real	0.0
INT[1]	Real	4.0
INT[2]	Real	8.0
INT[3]	Real	12.0
INT[4]	Real	16.0
INT[5]	Real	20.0
INT[6]	Real	24.0
INT[7]	Real	28.0
INT[8]	Real	32.0
INT[9]	Real	36.0
INT[10]	Real	40.0

%DB6
"GET_DB"

GET
Remote - Variant

EN ENO

%M100.0 NDR → "GET_DB".NDR

"Clock_10Hz" REQ ERROR → "GET_DB".ERROR

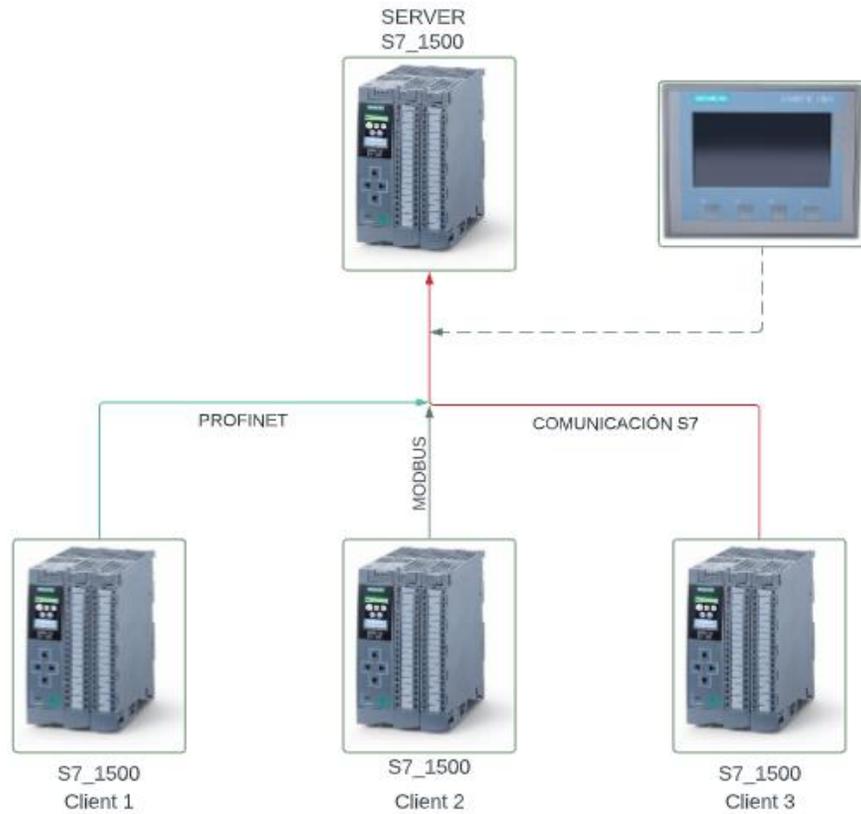
W#16#100 ID STATUS → "GET_DB".STATUS

P#DB6.DBX0.0 BYTE 100 ADDR_1

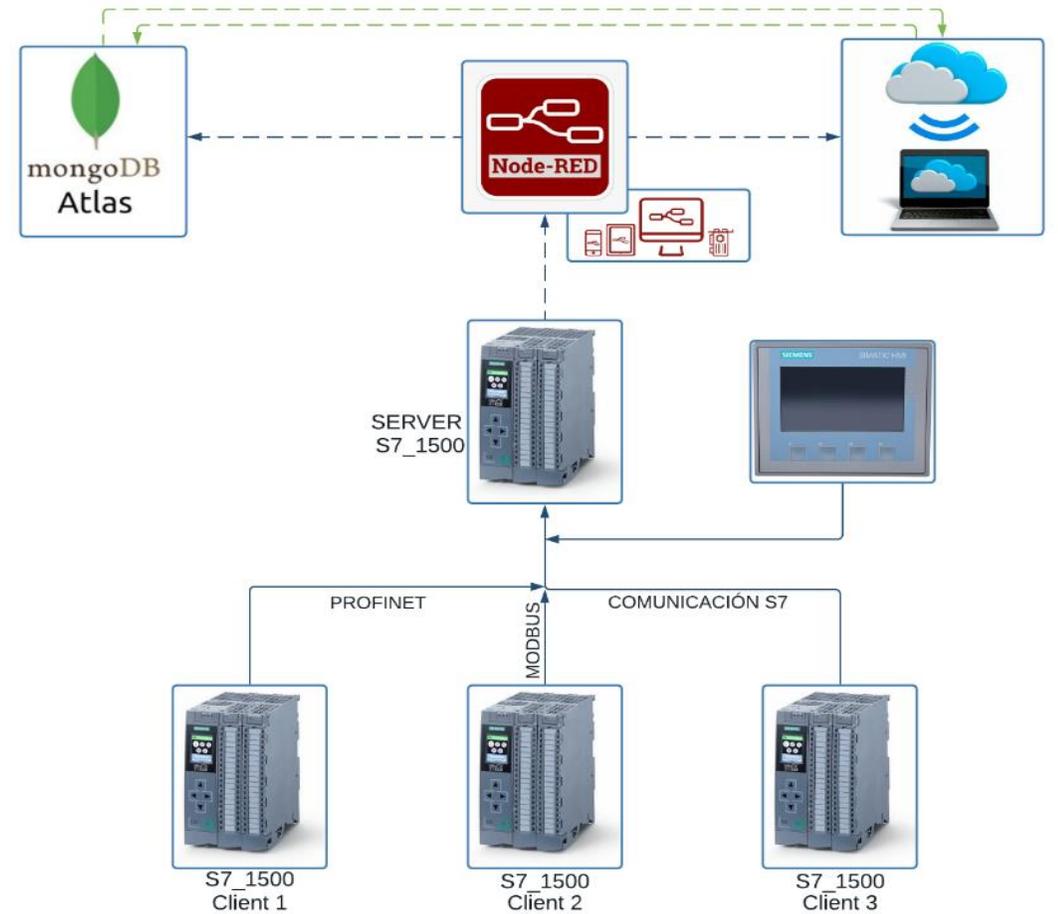
P#DB3.DBX0.0 BYTE 100 RD_1

● Configuración de los bloques PUT y GET entre dos controladores



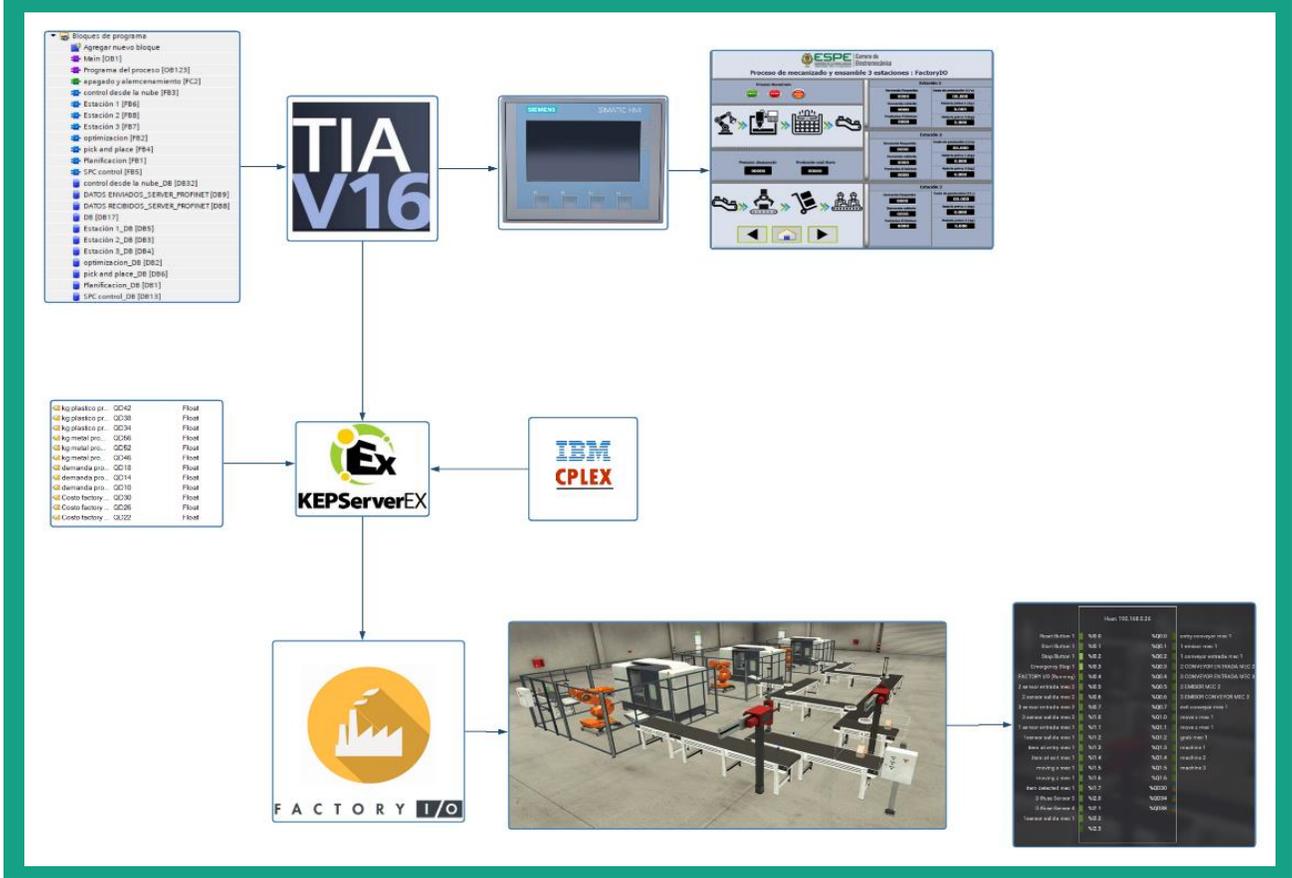
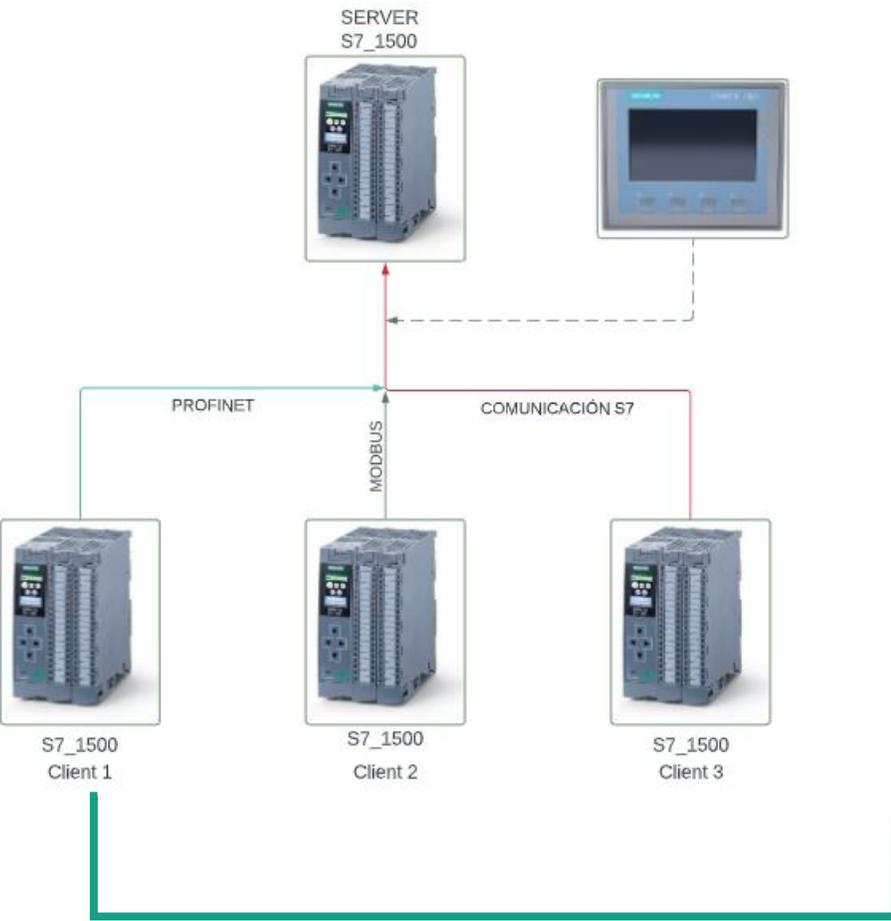


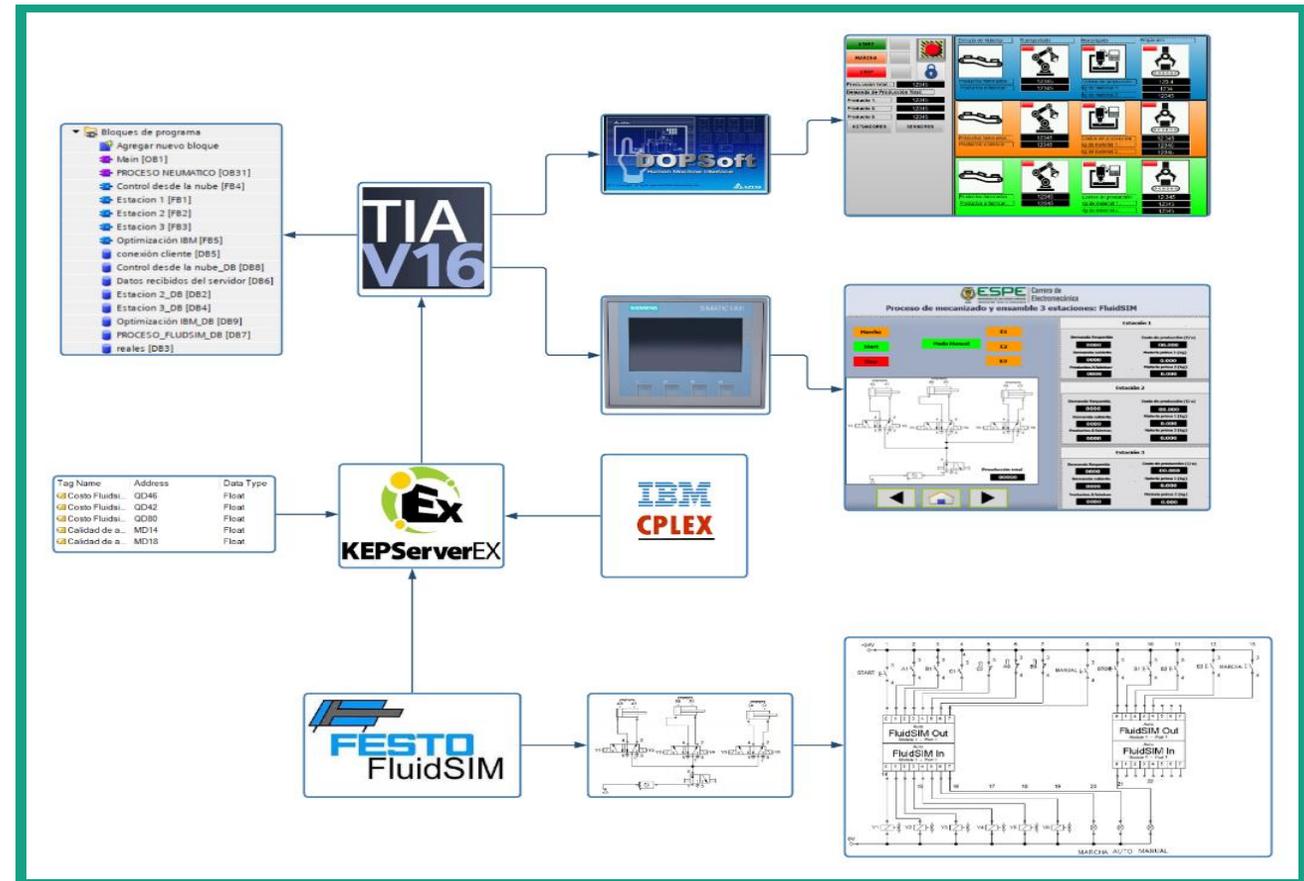
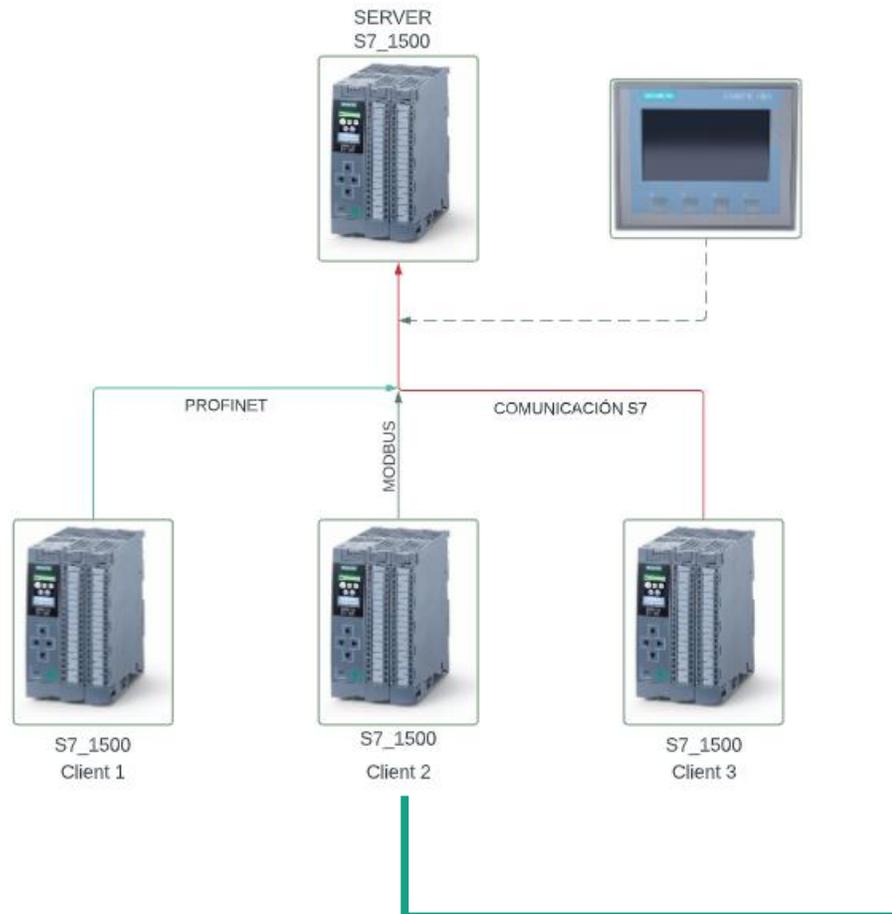
● Estructura de Comunicación del DCS

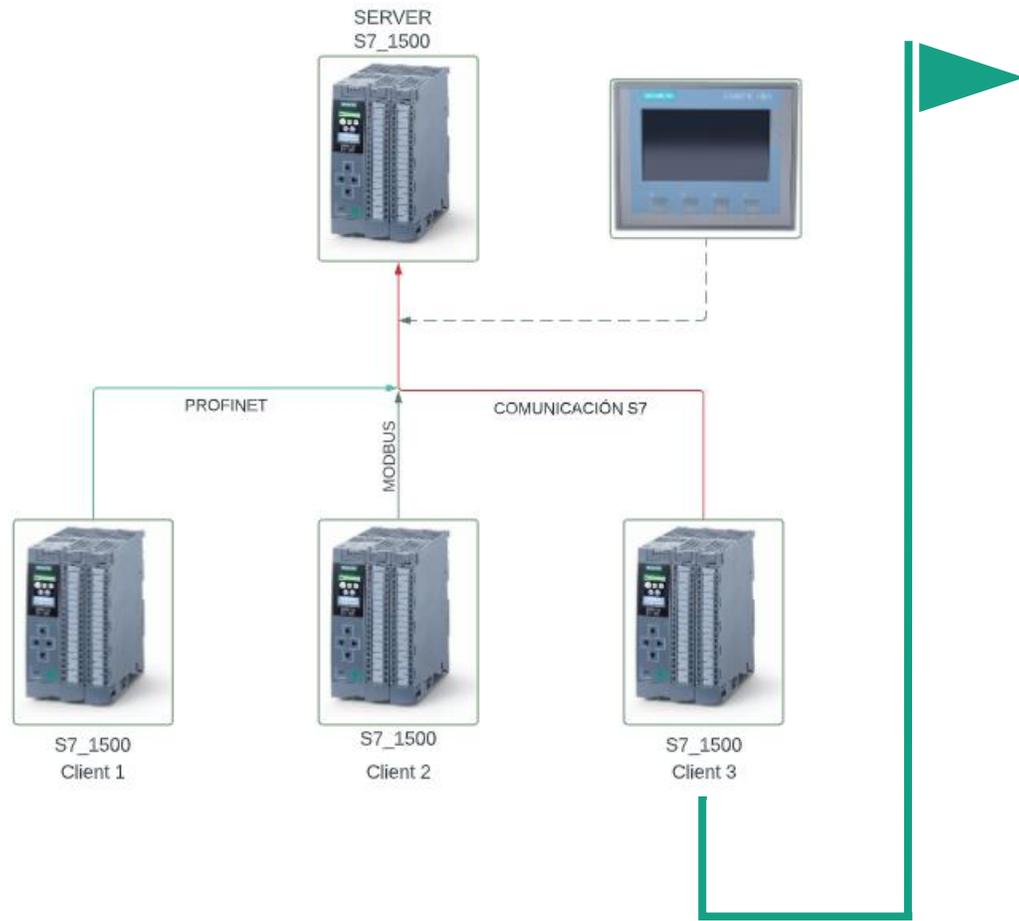


● Estructura de Comunicación del DCS con la Nube y la Base de Datos





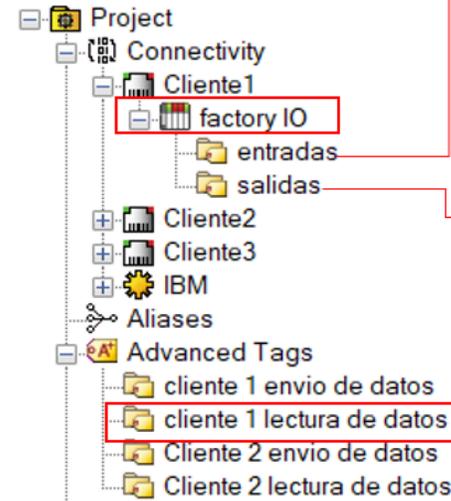
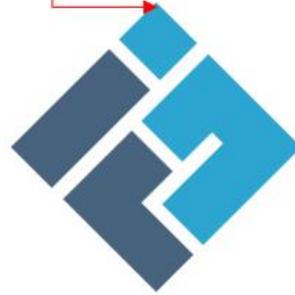




This section details the software integration and data processing. It features several interconnected components:

- TIA V16**: The central SIMATIC Manager software, shown with a project tree on the left listing various program blocks like 'Agregar nuevo bloque', 'CURVA DE DEMANDA', and 'Escalamiento de Operaciones'.
- KEPServerEX**: A gateway software that facilitates communication between the PLC and other systems.
- FICO Xpress**: A mathematical modeling software that receives data from the PLC and performs calculations.
- Data Visualization**: The output of the modeling is shown in two ways:
 - A table titled 'Demanda Actual' showing hourly data for 24 hours, with columns for 'Hora', 'Demanda', and 'Hora valle'.
 - A line graph showing the 'Demanda Actual' over a 24-hour period, with multiple colored lines representing different data series.





Tag Name	Address	Data Type
kg plastico producto 3	QD42	Float
kg plastico producto 2	QD38	Float
kg plastico producto 1	QD34	Float
kg metal producto 3	QD56	Float
kg metal producto 2	QD52	Float
kg metal producto 1	QD46	Float
demanda producto 3	QD18	Float
demanda producto 2	QD14	Float
demanda producto 1	QD10	Float
Costo factory io producto 3	QD30	Float
Costo factory io producto 2	QD26	Float
Costo factory io producto 1	QD22	Float

Tag Name	Address	Data Type
demanda optimizada estacion 3	DB9.REAL10	Float
demanda optimizada estacion 2	DB9.REAL6	Float
demanda optimizada estacion 1	DB9.REAL2	Float

Tag Name	Tag Type
kg material plastico desde la nube producto 3	Link
kg material plastico desde la nube producto 2	Link
kg material plastico desde la nube producto 1	Link
kg material metal desde la nube producto 3	Link
kg material metal desde la nube producto 2	Link
kg material metal desde la nube producto 1	Link
demanda desde la nube producto 3	Link
demanda desde la nube producto 2	Link

ESPE Carrera de Electromecánica

Proceso de mecanizado y ensamble 3 estaciones : FactoryIO

Proceso Mecanizado

Estación 1

Demanda Requerida: 0000 Costo de producción (C/a): 00.000

Demanda cubierta: 0000 Materia prima 1 (kg): 0.000

Productos A fabricar: 0000 Materia prima 2 (kg): 0.000

Estación 2

Demanda Requerida: 0000 Costo de producción (C/a): 00.000

Demanda cubierta: 0000 Materia prima 1 (kg): 0.000

Productos A fabricar: 0000 Materia prima 2 (kg): 0.000

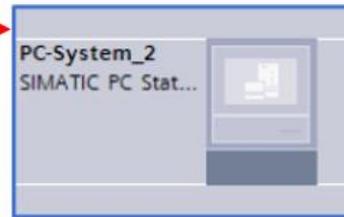
Estación 3

Demanda Requerida: 0000 Costo de producción (C/a): 00.000

Demanda cubierta: 0000 Materia prima 1 (kg): 0.000

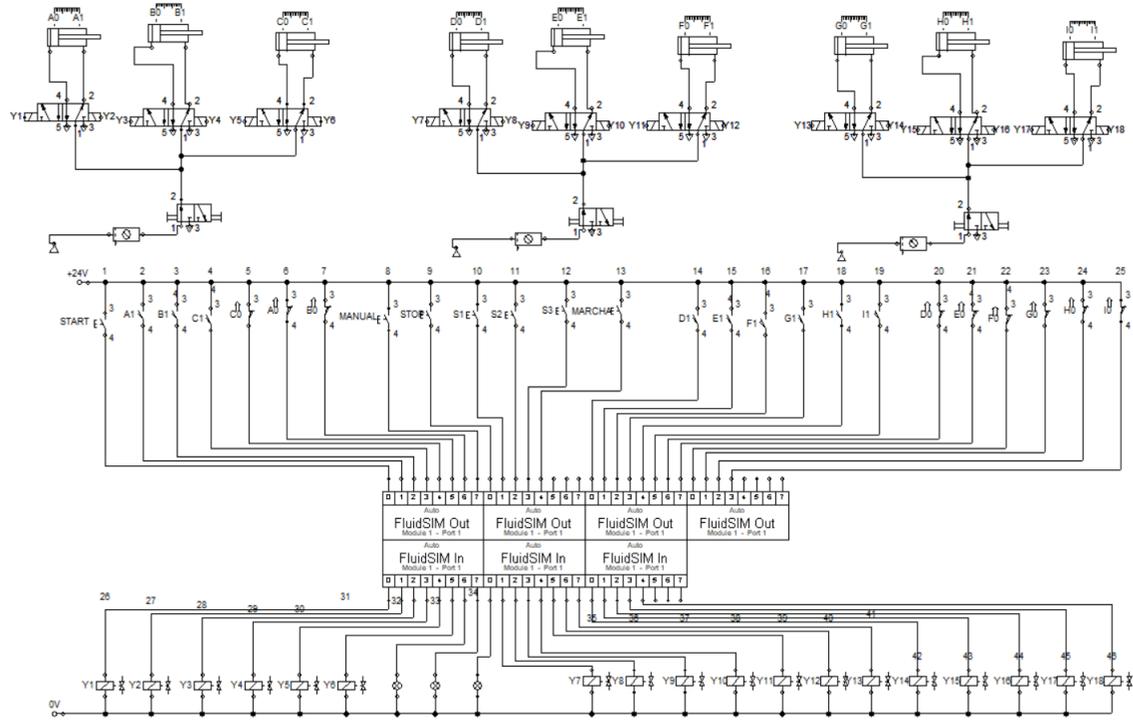
Productos A fabricar: 0000 Materia prima 2 (kg): 0.000

Producto almacenado: 000000 Producción total diaria: 000000



● Configuración del canal DDE Client para el proceso del Cliente uno





ESPE Carrera de Electromecánica
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ECUADOR

Proceso de mecanizado y ensamble 3 estaciones: FluidSIM

Marcha E1

Start **Modo Manual** E2

Stop E3

Estación 1	
Demanda Requerida	Costo de producción (Ct)
0000	00.000
Demanda cubierta	Materia prima 1 (kg)
0000	0.000
Productos A fabricar	Materia prima 2 (kg)
0000	0.000

Estación 2	
Demanda Requerida	Costo de producción (Ct)
0000	00.000
Demanda cubierta	Materia prima 1 (kg)
0000	0.000
Productos A fabricar	Materia prima 2 (kg)
0000	0.000

Estación 3	
Demanda Requerida	Costo de producción (Ct)
0000	00.000
Demanda cubierta	Materia prima 1 (kg)
0000	0.000
Productos A fabricar	Materia prima 2 (kg)
0000	0.000

Producción total: **00000**

START

MARCHA

STOP

Producción total: 0

Demanda de Producción Total: 0

Producto 1: 0

Producto 2: 0

Producto 3: 0

ACTUADORES SENSORES

Entrada de Material	Transportado	Mecanizado	Empacado
Productos fabricados	0	Costos de producción	0,0
Productos a fabricar	0	kg de material 1	0
		kg de material 2	0

Productos fabricados	0	Costos de producción	0,000
Productos a fabricar	0	kg de material 1	0
		kg de material 2	0

Productos fabricados	0	Costos de producción	0,000
Productos a fabricar	0	kg de material 1	0
		kg de material 2	0



Project tree showing connectivity to Client 2 and Fluid SIM components. Red arrows indicate connections to tag lists.

Tag Name	Address	Data Type
SALIDAS M3	QB2	Byte
SALIDAS M2	QB1	Byte
SALIDAS M1	QB0	Byte
ENTRADAS M4	IB3	Byte
ENTRADAS M3	IB2	Byte
ENTRADAS M2	IB1	Byte
ENTRADAS M1	IB0	Byte

Tag Name	Address	Data Type
Costo Fluidsim producto 3	QD46	Float
Costo Fluidsim producto 2	QD42	Float
Costo Fluidsim producto 1	QD80	Float
Calidad de acabado de superficie C2	MD14	Float
Calidad de acabado de superficie C1	MD18	Float

Tag Name	Address	Data Type
demanda optimizada estacion 3	DB3,REAL8	Float
demanda optimizada estacion 2	DB3,REAL4	Float
demanda optimizada estacion 1	DB3,REAL0	Float

● Configuración de la Comunicación FluidSIM-TIA Portal utilizando KepServer

Project tree showing connectivity to Client 2 and Fluid SIM components. Red arrows indicate connections to tag lists and the Link Tag configuration dialog.

Tag Name	Address	Data Type
kg plastico producto 3	Excel\Hoja2f9c6	Float
kg plastico producto 2	Excel\Hoja2f9c5	Float
kg plastico producto 1	Excel\Hoja2f9c4	Float
kg metal producto 3	Excel\Hoja2f10c6	Float
kg metal producto 2	Excel\Hoja2f10c5	Float
kg metal producto 1	Excel\Hoja2f10c4	Float
Demanda requerida producto 3	Excel\Hoja2f4c6	Float
Demanda requerida producto 2	Excel\Hoja2f4c5	Float
Demanda requerida producto 1	Excel\Hoja2f4c4	Float
costo Fluidsim producto 3	Excel\Hoja2f6c6	Float
costo Fluidsim producto 2	Excel\Hoja2f6c5	Float
costo Fluidsim producto 1	Excel\Hoja2f6c4	Float
costo factory IO producto 3	Excel\Hoja2f5c6	Float
costo factory IO producto 2	Excel\Hoja2f5c5	Float
costo factory IO producto 1	Excel\Hoja2f5c4	Float
Calidad C2	Excel\Hoja2f16c4	Float
Calidad C1	Excel\Hoja2f14c4	Float

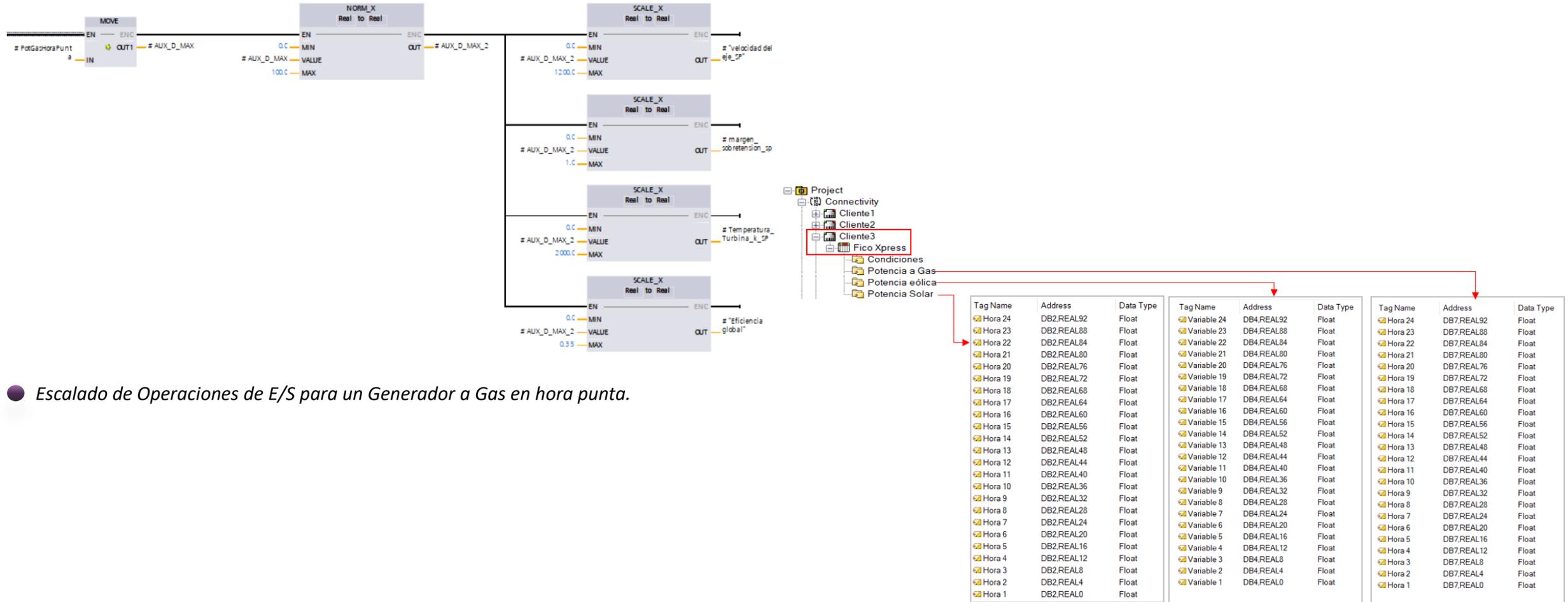
Tag Name	Tag Type
envio al tia demanda optima estacion 3	Link
envio al tia demanda optima estacion 2	Link
envio al tia demanda optima estacion 1	Link

Link Tag configuration dialog showing:

- Tag Type: Link
- Name: envio al tia demanda optima estacion 3
- Input: IBM.Excel.Demanda optimizado C1 estacion 3
- Output: Cliente1.factory IO.salidas.demanda optimizada estacion 3
- Trigger Type: Always
- Comparison: Trigger Tag == Value
- Value: 0
- Link Mode: On Data Change of Input Tag
- Link Rate: 1000 milliseconds

● Configuración de un canal DDE Client en KepServer

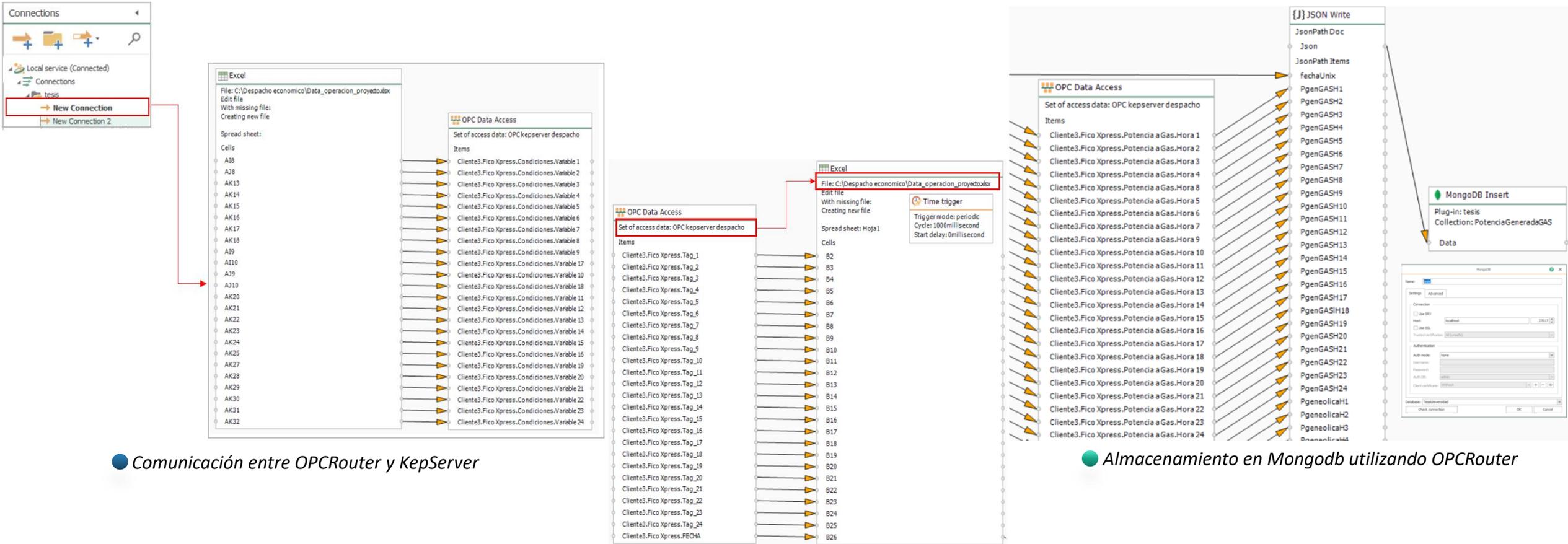




● Escalado de Operaciones de E/S para un Generador a Gas en hora punta.

● Configuración del canal para la comunicación con el Cliente tres con KepServer





● *Comunicación entre OPCRouter y KepServer*

● *Almacenamiento en Mongoddb utilizando OPCRouter*

● *Escritura en Excel desde KepServer utilizando OPCRouter*



real	Array[0..10] of Real	2.0
real[0]	Real	2.0
real[1]	Real	6.0
real[2]	Real	10.0
real[3]	Real	14.0
real[4]	Real	18.0
real[5]	Real	22.0
real[6]	Real	26.0
real[7]	Real	30.0
real[8]	Real	34.0
real[9]	Real	38.0
real[10]	Real	42.0

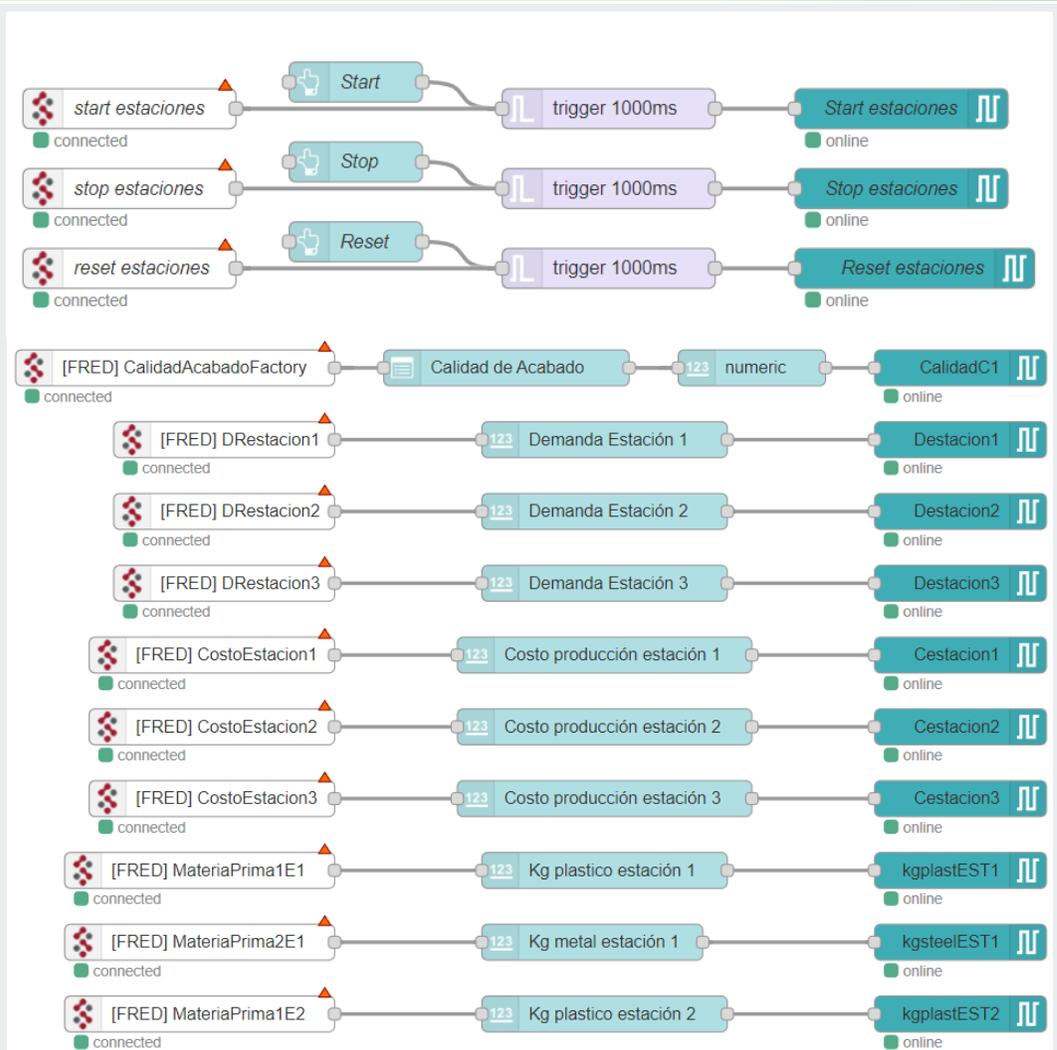
Lectura de una variable a la vez

Lectura de múltiples variables

● Lectura de las variables del controlador servidor

● Configuración y declaración de las variables de Entrada y Salida del Controlador



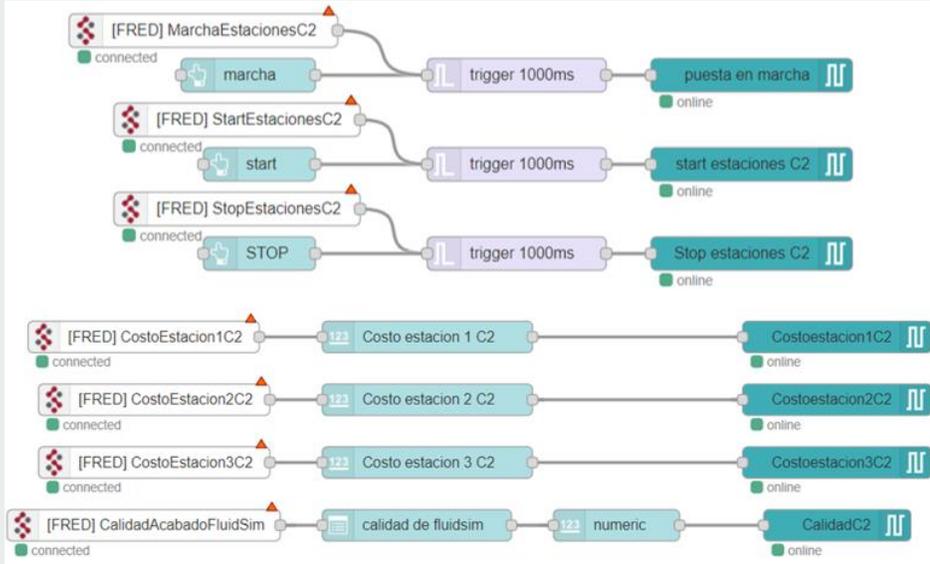


● *Nodos para el Control del Proceso*

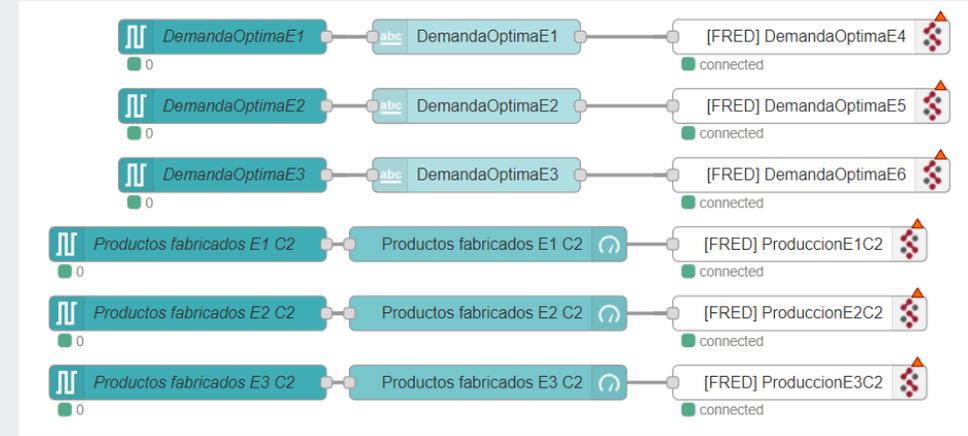


● *Nodos para el monitoreo del proceso*



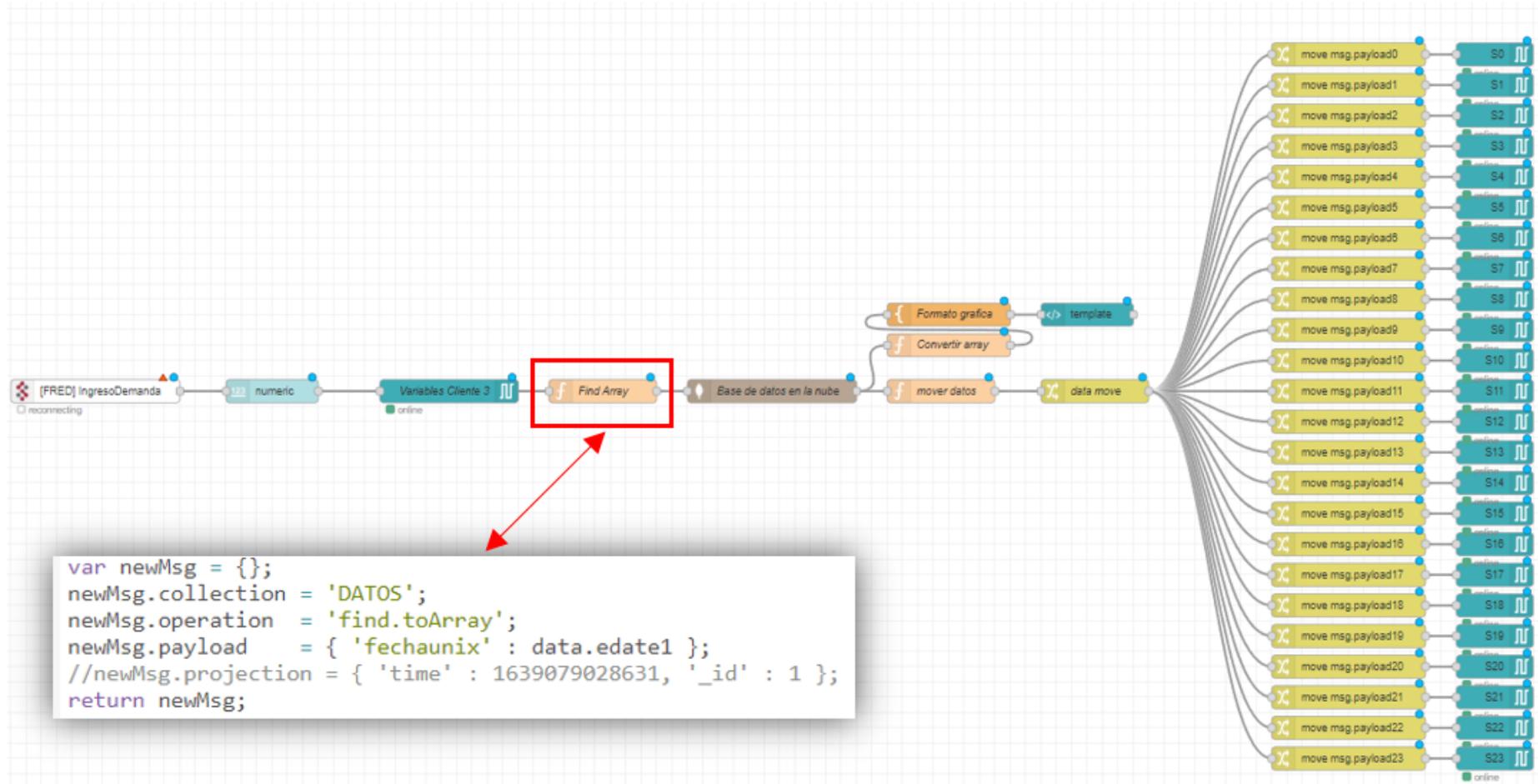


● *Nodos para el Control del Proceso Implementado en FluidSIM-P*



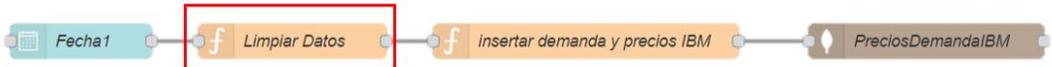
● *Nodos de Monitoreo de Producción del Proceso Dos*





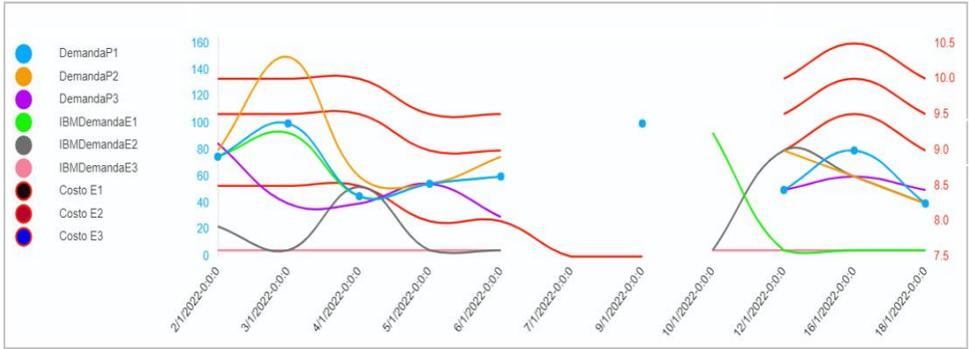
● *Nodos de Envío de Potencia Demandada por Hora*



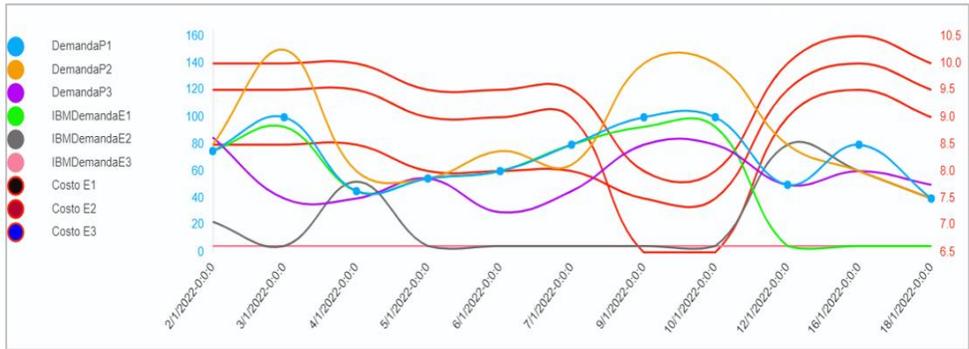


```

2 var data = msg.payload
3- if ( data === null || data=== undefined || data < 0 ) {
4   payload = data;
5   msg.payload= payload;
6- }else {
7   payload = data;
8   msg.payload= payload;
9   return msg;
10- }
11
  
```

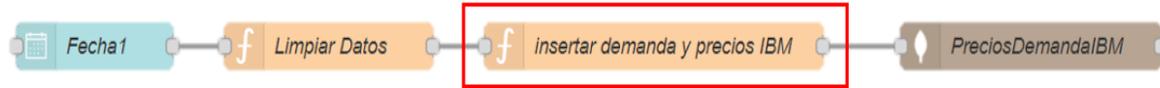


a) Sin el nodo de limpieza



b) Con el nodo de limpieza





```

data.edate1=msg.payload;
var newMsg = {};
newMsg.collection = 'PreciosDemandaIBM';
newMsg.operation = 'insert';
//newMsg.payload = { 'time': 'Fecha1', 'name': 'Fecha1' };
newMsg.payload = { 'time' : data.edate1, 'costoTotal' : X0, 'costoE1' :X1, 'costoE2' :X2, 'costoE3' :X3, 'costoE4' :X4, 'costoE5' :X5, 'costoE6' :X6, 'DemandaP1' :X7, 'DemandP2' :X8, 'DemandaP3' :X9, 'IBMDemandaE1' : X10, 'IBMDemandaE2' :X11, 'IBMDemandaE3' :X12, 'IBMDemandaE4' :X13, 'IBMDemandaE5' :X14, 'IBMDemandaE6' : X15};
//newMsg.projection = { 'time' : 1, '_id' : 1 };
return newMsg;
    
```

● Nodo para Insertar Datos en una instancia Mongoddb

+ Create Database

TesisUniversidad

DATABASE SIZE: 335.97KB INDEX SIZE: 272KB TOTAL COLLECTIONS: 8

Collection Name	Documents	Documents Size	Documents Avg	Indexes	Index Size	Index Avg
CurvaDemanda	408	69.07KB	174B	1	20KB	20KB
DATOS	408	34.25KB	86B	1	20KB	20KB
GraficadeControl	1	356B	356B	1	36KB	36KB
PLC	408	124.11KB	312B	1	36KB	36KB
PotenciaGenerada	192	19.76KB	106B	1	36KB	36KB

● Colecciones y documentos en Mongoddb Atlas

● Configuración del nodo mongoddb2





```

var velocidadEJE = [];
var month1 = [];
var margenST = [];
var temperaturaTurbina = [];
var EficienciaSistema = [];
var PotGeneradaGAS = [];
var DemandaPunta = [];

msg.payload.forEach(function(value) {
  velocidadEJE.push(value['velocidadEJE']);
  month1.push(value['time']);
  margenST.push(value['margenST']);
  temperaturaTurbina.push(value['temperaturaTurbina']);
  EficienciaSistema.push(value['EficienciaSistema']);
  PotGeneradaGAS.push(value['PotGeneradaGAS']);
  DemandaPunta.push(value['DemandaPunta']);
});

for (var i=0;i<msg.payload.length;i++)
{
  dateObj = new Date(msg.payload[i].time);
  var date=dateObj.getDate();
  var month=dateObj.getMonth()+1;
  var year=dateObj.getFullYear();
  var hours=dateObj.getHours();
  var minutes=dateObj.getMinutes();
  var seconds=dateObj.getSeconds();
  var newtime=date+"/"+month+"/"+year;
  newtime=newtime+" "+hours+" "+minutes+" "+seconds;
  msg.payload[i].time=newtime
}
    
```



```

<canvas id="myChart" width=700 height =200/></canvas>
<script>
Chart.defaults.global.legend.labels.usePointStyle = true;
var textcolor = getComputedStyle(document.documentElement).getPropertyValue('--nr-dashboard-widgetTextColor');
var gridcolor = getComputedStyle(document.documentElement).getPropertyValue('--nr-dashboard-groupBorderColor');
var linecolors = ['#06A4F9','#F52066','#F49007','#B407F4','#17F407','#6E6E6D']

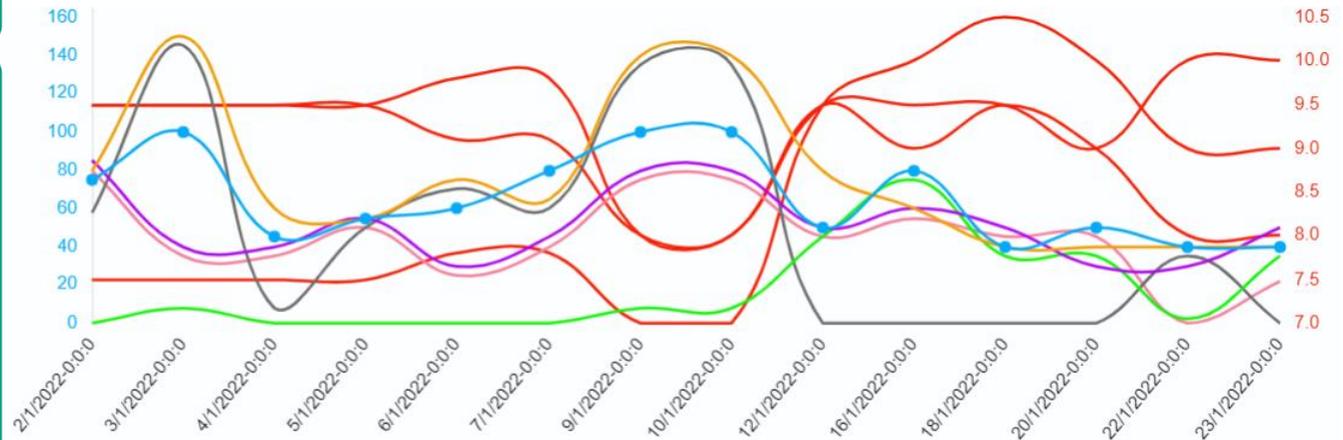
// The data for our dataset
data: {
  labels: {{(payload.labels)}},
  datasets: [
    {
      type:'line',
      label: 'Velocidad del eje ',
      backgroundColor: linecolors[0],
      borderColor: linecolors[0],
      data: {{(payload.velocidadEJE)}},
      yAxisID: 'left y axis',
      steppedLine: false,
      fill: false,
      borderWidth: 2,
      pointRadius: 0
    }
  ]
}
    
```

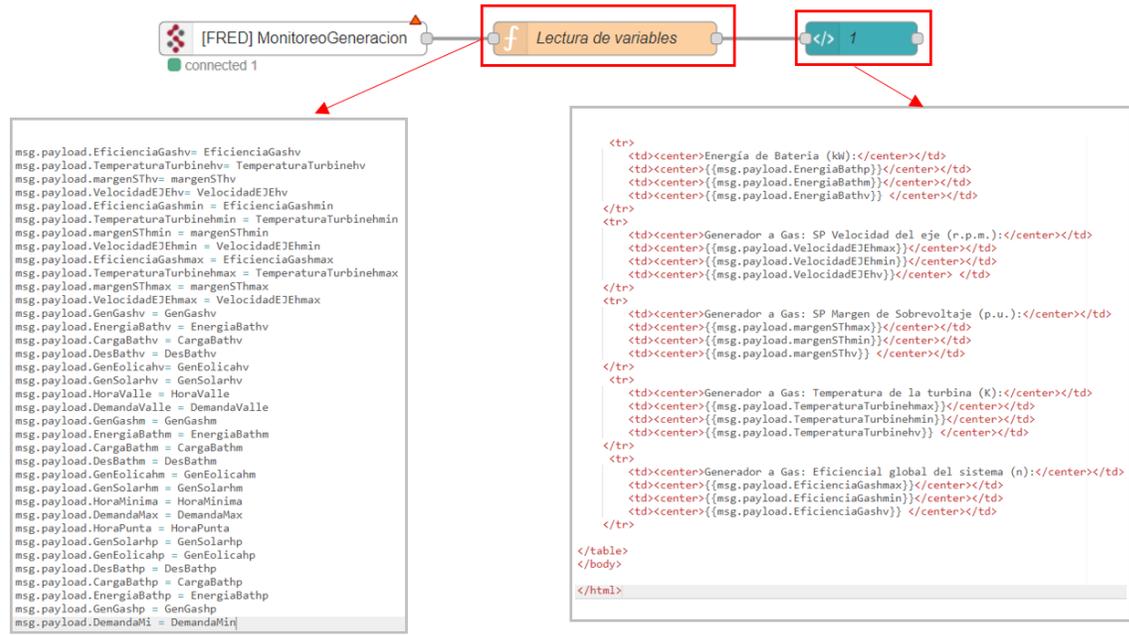


```

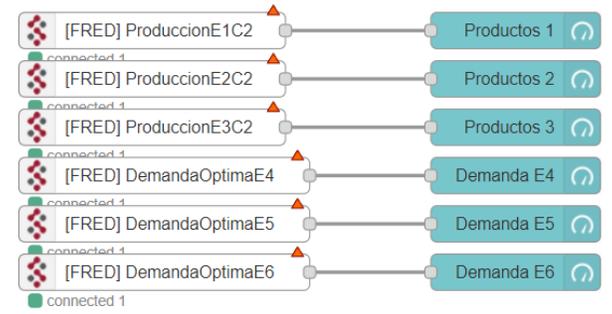
1 <div ng-bind-html="msg.payload"></div>
2
    
```

- DemandaP1
- DemandaP2
- DemandaP3
- IBMDemandaE4
- IBMDemandaE5
- IBMDemandaE6
- Costo E4
- Costo E5
- Costo E6





Monitoreo	Hora Punta	Hora Minima	Hora Valle
Hora de medición (h) :	20	3	4
Demanda dada (kW) :	85.8387680053711	65.12989807128906	65.20789337158203
Generación Solar (kW):	0	0	0
Generación Eolica (kW):	18.222373962402344	23.041658401489258	22.478952407836914
Generación a Gas (kW):	67.61639404296875	42.08824157714844	42.728939056396484
Descarga de Bateria (kW):	0	0	0
Carga de Bateria (kW)	0	0	0
Energía de Bateria (kW):	56.07828140258789	63	63
Generador a Gas: SP Velocidad del eje (r.p.m.):	811.3966674804688	505.0588982578125	512.7472534179688
Generador a Gas: SP Margen de Sobrevoltaje (p.u.):	0.676163911819458	0.4208824038505554	0.4272893965244293
Generador a Gas: Temperatura de la turbina (K):	1352.327880859375	841.7648315429688	854.5787963867188
Generador a Gas: Eficiencial global del sistema (n):	0.23665736615657806	0.1473088413476944	0.14955128729343414



Costo total de un sistema con n estaciones de producción

$$\min C(U_E) = \sum_{i=1}^n C_E(U_{Ei})$$

$$\min C(U_E) = \sum_{t=1}^3 [C_{EF}(t) * U_{EF}(t) + C_{EFS}(t) * U_{EFS}(t)]$$

$$\sum_{t=1}^3 [A_{EF}(t) * U_{EF}(t)] \leq B_{EF}(t)$$

$$\sum_{t=1}^3 [T_{EF}(t) * U_{EF}(t) + T_{EFS}(t) * U_{EFS}(t)] \leq T_{diario}(t)$$

$$\sum_{t=1}^3 [U_{EF}(t) + U_{EFS}(t)] \geq D_{total}$$

$$\sum_{t=1}^3 [U_{EF}(t)] \geq D_{min}$$

$$U_{EF}, U_{EFS} \geq 0$$

Donde:

C_{EF} : Costos de producción en Factory IO

C_{EFS} : Costos de producción en FluidSIM

U_{EF} : Unidades a fabricar en Factory IO

U_{EFS} : Unidades a fabricar en

FluidSIM T_{EF} : Tiempo de fabricación por pieza en Factory IO

$T_{EFS}(t)$: Tiempo de fabricación por pieza en FluidSIM

T_{diario} : Tiempo máximo de operación día

D_{total} : Demanda diaria requerida

D_{min} : Producción mínima en Factory IO

A_{EF} : Cantidad de material a consumir por pieza en Factory IO

B_{EF} : Disponibilidad total de materia prima en Factory IO



Demanda de los clientes

Restricciones de fábrica 1

Restricciones de fábrica 2

Mayor disponibilidad de recursos

Costos más baratos

Maquinaria mas eficiente

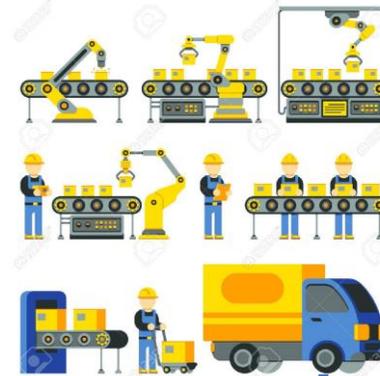
Fabricación más rápida

Producción = Demanda de los clientes

Producción 1

Producción 2

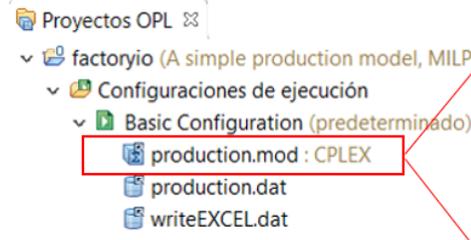
Producción 1 + Producción 2 = Demanda de los clientes





```

13 {string} Productos = ...;
14 {string} Recursos = ...;
15
16 float Consumo[Productos][Recursos] = ...;
17 float Capacidad[Recursos] = ...;
18 float TiempoTotalDia[Productos] = ...;
19 float TiempoUnidad[Productos] = ...;
20 float TiempoTotalDiaFS[Productos] = ...;
21 float TiempoUnidadFS[Productos] = ...;
22 float ProduccionMinima[Productos] = ...;
23 float DemandaDia[Productos] = ...;
24 float costoProduccionfactory[Productos] = ...;
25 float costoProduccionFluidsim[Productos] = ..;
26
27 dvar float+ Factory[Productos];
28 dvar float+ Fluidsim[Productos];
29
    
```



```

36@minimize
37 sum( p in Productos )
38 ( costoProduccionfactory[p] * Factory[p] + costoProduccionFluidsim[p] * Fluidsim[p] );
39
42=subject to {
43 // restricción de consumo
44 forall( r in Recursos )
45 ctCapacidad:
46 sum( p in Productos )
47 Consumo[p][r] * Factory[p] <= Capacidad[r];
48
49 // restricción de tiempo de fabricación
50 forall(p in Productos)
51 ctTiempodeProduccion:
52 TiempoUnidadFS[p]*Fluidsim[p] + TiempoUnidad[p]*Factory[p] <= TiempoTotalDiaFS[p];
53
54 forall(p in Productos)
55 // restricción de demanda requerida
56 ctDemandaDia:
57 Factory[p] + Fluidsim[p] >= DemandaDia[p];
58
59 // restricción de producción mínima
60 forall(p in Productos)
61 ctDemandaMinima:
62 Factory[p] >= ProduccionMinima[p];
63
64 }
    
```



```

7 SheetConnection excelsheet("DATOS.xlsx");
8 // Escribir Resultados
9 Factory to SheetWrite(excelsheet,"Hoja2!I4:I7");
10 Fluidsim to SheetWrite(excelsheet,"Hoja2!J4:J7");
11 // Lectura de variables
12 DemandaDia from SheetRead(excelsheet,"Hoja2!D4:F4");
13 costoProduccionfactory from SheetRead(excelsheet,"Hoja2!D6:F6");
14 costoProduccionFluidsim from SheetRead(excelsheet,"Hoja2!D5:F5");
15 Capacidad from SheetRead(excelsheet,"Hoja2!I8:J8");
16
17 TiempoUnidad from SheetRead(excelsheet,"Hoja2!D14:F14");
18 TiempoTotalDia from SheetRead(excelsheet,"Hoja2!D15:F15");
19 TiempoUnidadFS from SheetRead(excelsheet,"Hoja2!D16:F16");
20 TiempoTotalDiaFS from SheetRead(excelsheet,"Hoja2!D17:F17");
21 ProduccionMinima from SheetRead(excelsheet,"Hoja2!D18:F18");
    
```



$$\min C(P_G) = \sum_{i=1}^n C_i (P_{Gi})$$

$$\min C(P_G) = \sum_{t=1}^{24} (C_{GD} * P_{GD}(t) + C_{GG} * P_{GG}(t) + C_{NS} * P_{NS}(t) + 0.8 * P_{VS}(t) + 0.8 * P_{VE}(t))$$

$$s.a. \sum_{i=1}^n P_{Gi} = P_D^{Total} + P_{perd} \quad P_{Gi}^{min} < P_{Gi} < P_{Gi}^{max} \quad i \in \{1, \dots, n\}$$

$$\sum_{t=1}^{24} = [P_{GD}(t) + P_{GG}(t) + P_{GS}(t) + P_{GE}(t) + P_{BD}(t) = D(t) + P_{VE}(t) + P_{VS}(t) - P_{NS}(t) - P_{BC}(t)]$$

$$P_{GD}^{min} \geq P_{GD}(t) \leq P_{GD}^{max}$$

$$P_{GG}^{min} \geq P_{GG}(t) \leq P_{GG}^{max}$$

$$P_{VE}(t) \leq P_{GE}(t)$$

$$P_{VS}(t) \leq P_{GS}(t)$$

$$P_{BC}(t) \geq -P_{BC}^{inst}$$

$$P_{BC}(t) \leq P_{BC}^{inst}$$

Donde:

$P_{GD}(t)$ = Potencia de generación a Diésel.

$P_{GG}(t)$ = Potencia de generación a Gas.

$P_{GS}(t)$ = Potencia de generación Solar.

$P_{GE}(t)$ = Potencia de generación Eólica.

$P_{NS}(t)$ = Potencia no suministrada.

$P_{VS}(t)$ = Potencia de vertimiento Solar.

$P_{VE}(t)$ = Potencia de vertimiento Eólico.

$P_{BC}(t)$ = Potencia de carga de Baterías.

$P_{BD}(t)$ = Potencia de descarga de Baterías.

P_D^{Total} = Potencia total demandada.

P_{perd} = Perdida de potencia.

P_{Gi} = Potencia de generación.

P_{Gi}^{min} = Potencia de generación mínima.

P_{Gi}^{max} = Potencia de generación máxima.



```

declarations
P_GD, P_GG, X_GD, X_GG, P_VS, P_VE, P_NS, P_BD, P_BC, X_BD, X_BC, E, SOC : array(1..24) of mpvar
objective:linctr
balance:array(1..24) of linctr
!parametros
D:array(1..24)of real
In:array(1..24)of real
v:array(1..24)of real
Cp:array(1..24)of real

Costo: real
Cost_GD=0.15 ![usd/kw] Costos de Generación Diesel
Cost_GG=0.06 ![usd/kw] Costos de Generación Gas
!Datos para Generación Solar [100 kW]
A_total=684.4662 !m^2
A_panel=0.99198 !m^2 (1485 * 668)mm^2
n_panel=0.1592 ! rendimiento del panel
n_inst=0.85 ! rendimiento de La instalación
P_GS_nom=100 ![kW]
P_GS_panel=0.15 ![kW]
!Datos para Generación Eólica [20 kW]
P_GE_nom=20 !kW 20
P_GE_turbina=3 !Kw
den=1.2754 ![kg/m^3]; densidad a nivel mar
A_barrido=11.34 !m^2
Cost_NS= 0.8 !Costo de energía no suministrado
!Baterías
Eo= 70 ! Puede cambiar, es un punto de operación
n_BC=0.9 ! Rendimiento de La Batería en Carga
n_BD=0.9 ! Rendimiento de La Batería en Descarga
P_B_inst=70 !Potencia máxima de La Bat. Instalada
!P_GD_max=100 !kW, P_GG_max=80 !kW; Generador Diesel y Gas
P_GD_max:real
P_GG_max:real
P_GD_min:real
P_GG_min:real
end-declarations
    
```

Variables Función Objetivo

Parámetros provenientes de Excel

● Declaración de Parámetros de los Generadores y Variables de Decisión en FICO XPRESS

```

initializations from 'mmsheet.xlsx':+Data
U as "skiph;noindex;U"
Ir as "skiph;noindex;Ir"
v as "skiph;noindex;v"
Cp as "skiph;noindex;Cp"
P_GD_max as [Hoja1$B29]*
P_GG_max as [Hoja1$C29]*
P_GD_min as [Hoja1$D29]*
P_GG_min as [Hoja1$E29]*
end-initializations
    
```

● Lectura de parámetros desde Excel hacia Fico Xpress

```

!Funcion Objetivo
objetive:= sum(t in 1..24)(Cost_GD*P_GD(t))+sum(t in 1..24)(Cost_GG*P_GG(t))+sum(t in 1..24)(Cost_NS*P_NS(t))+ sum(t in 1..24)(0.8*P_VS(t))+sum(t in 1..24)(0.8*P_VE(t))

forall (t in 1..24) do
P_BC(t) is_free !Cuando va a tener valores negativos
if t=1 then
E(1)=Eo-n_BC*P_BC(1)-(P_BD(1)/n_BD)
E(1)<=P_B_inst
SOC(1)=E(1)/P_B_inst
else
E(t)=E(t-1)-(n_BC*P_BC(t))-(P_BD(t)/n_BD)
E(t)<= P_B_inst
SOC(t)=E(t)/P_B_inst
end-if
end-do
    
```

● Función Objetivo y restricción de no negatividad en Fico Xpress

```

!Sujeto a:
forall (t in 1..24) do
P_GS(t):=n_panel*n_inst*A_panel*(P_GS_nom/P_GS_panel)*Ir(t) !Modelo Generador Solar
P_GE(t):=(0.5*(den*A_barrido*v(t)^3*(P_GE_nom/P_GE_turbina))*Cp(t))/1000 !Modelo Generador Eólico

balance(t):= P_GD(t)+P_GG(t)+P_GS(t)+P_GE(t)+P_BD(t)-D(t)+P_VE(t)+P_VS(t)-P_NS(t)-P_BC(t)
    
```

```

X_GD(t) is_binary
X_GG(t) is_binary
P_GD(t)<=P_GD_max*(X_GD(t))
P_GG(t)<=P_GG_max*(X_GG(t))
P_GD(t)>=P_GD_min*(X_GD(t))
P_GG(t)>=P_GG_min*(X_GG(t))
P_VE(t)<=P_GE(t)
P_VS(t)<=P_VS(t)
X_BC(t) is_binary
X_BD(t) is_binary
X_BC(t)+X_BD(t)<=1
0<=P_BC(t)
0<=P_BD(t)
P_BC(t)>=-(P_B_inst)*(X_BC(t))
P_BD(t)<=(P_B_inst)*(X_BD(t))
SOC(t)>=0.1
SOC(t)<=0.9
end-do
    
```

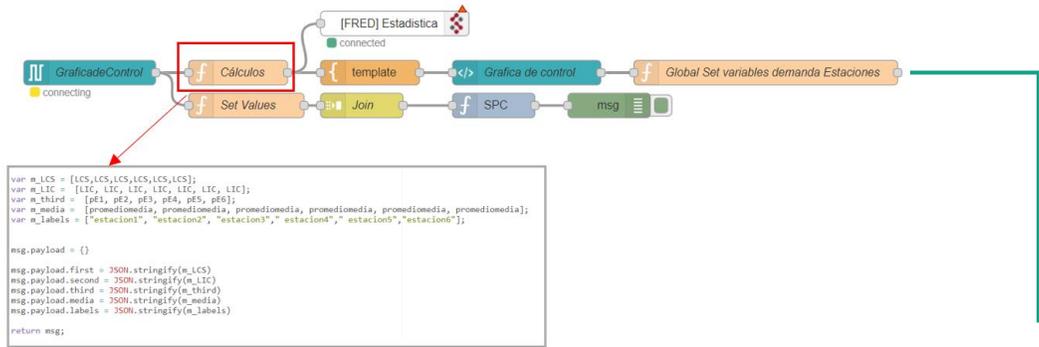
● Restricciones de potencia mínima y máxima

```

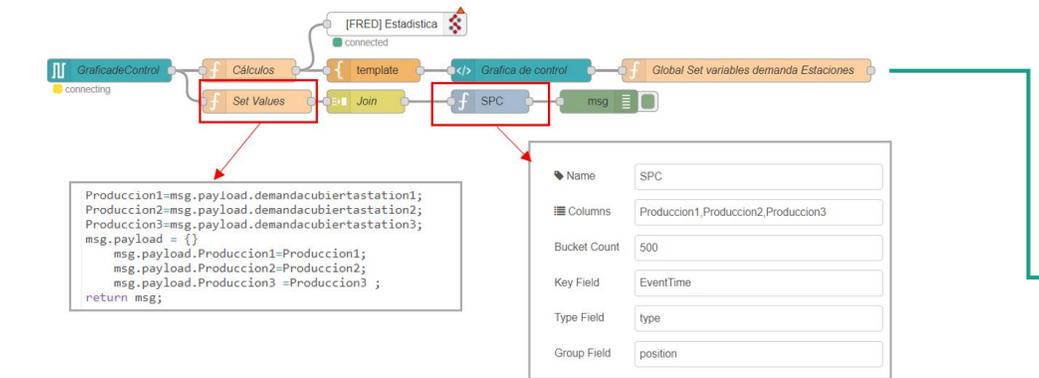
minimise(XPRS_BAR, objetive)
forall (t in 1..24) do
P_GD_sol(t):=getsol(P_GD(t))
P_GG_sol(t):=getsol(P_GG(t))
X_GD_sol(t):=getsol(X_GD(t))
X_GG_sol(t):=getsol(X_GG(t))
P_VS_sol(t):=getsol(P_VS(t))
P_VE_sol(t):=getsol(P_VE(t))
P_NS_sol(t):=getsol(P_NS(t))
P_BC_sol(t):=getsol(P_BC(t))
P_BD_sol(t):=getsol(P_BD(t))
E_sol(t):=getsol(E(t))
X_BC_sol(t):=getsol(X_BC(t))
X_BD_sol(t):=getsol(X_BD(t))
SOC_sol(t):=getsol(SOC(t))
end-do
    
```

● Optimización del problema lineal de variables enteras



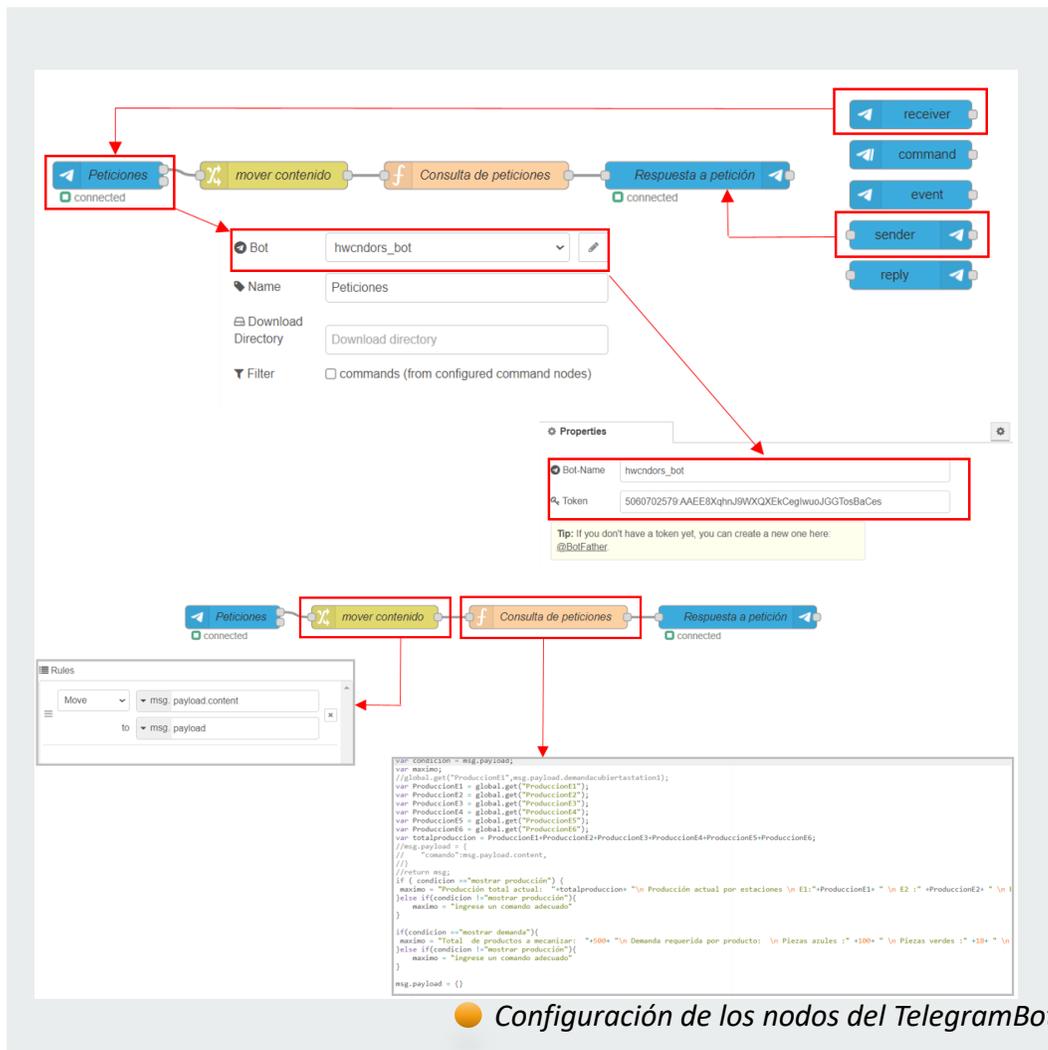


● *Cálculo de los límites de control utilizando un nodo de Función*



● *Configuración del nodo SPC en node-red*





Configuración de los nodos del TelegramBot

The screenshots show the bot's responses to the following commands:

- Realizar consulta:** Returns the current date and time, and lists the accepted requests: 'mostrar producción', 'mostrar demanda', 'mostrar costos de producción', 'mostrar resultados IBM', 'Producción de energía en hora punta', 'Producción de energía en hora minima', and 'Producción de energía en hora valle'.
- mostrar demanda:** Returns the date and time, total products to be processed (130), and the demand required for each product: 'Producto 1 :40', 'Producto 2 :40', and 'Producto 3 :40'.
- mostrar producción:** Returns the date and time, current production (122), and production by station: 'E1:5', 'E2 :32', 'E3 :28', 'E4 :35', 'E5 :0', and 'E6 :22'.
- mostrar costos de producción:** Returns the date and time, cost per day (53), and cost per station: 'E1 :9', 'E2 :7.5', 'E3 :9.5', 'E4 :9', 'E5 :8', and 'E6 :10'.
- mostrar resultados IBM:** Returns the date and time, estimated production (123), and estimated production by station: 'E1:5', 'E2 :40', 'E3 :28.33333396911621', 'E4 :35', 'E5 :0', and 'E6 :21.66666603088379'.



AGENDA:

- MOTIVACIÓN
- PROBLEMÁTICA
- OBJETIVOS
- METODOLOGÍA
- DISEÑO DEL DCS
- ANÁLISIS DE RESULTADOS**
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Valor de ...
Static				
data	Array[0..15] ...	0.0		
data[0]	Real	0.0	0.0	45.0
data[1]	Real	4.0	0.0	35.0
data[2]	Real	8.0	0.0	25.0
data[3]	Real	12.0	0.0	45.0
data[4]	Real	16.0	0.0	35.0
data[5]	Real	20.0	0.0	25.0
data[6]	Real	24.0	0.0	0.0
data[7]	Real	28.0	0.0	105.0
data[8]	Real	32.0	0.0	0.0
data[9]	Real	36.0	0.0	0.0
data[10]	Real	40.0	0.0	0.0
data[11]	Real	44.0	0.0	0.0
data[12]	Real	48.0	0.0	0.0
data[13]	Real	52.0	0.0	0.0
data[14]	Real	56.0	0.0	0.0
data[15]	Real	60.0	0.0	0.0

Intercambio de información = 500 ms

Modbus



DATOS ENVIADOS_SERVER_CLIENT1_PROFIBUS

Nombre	Valor de arranque	Valor de observación	Remanen...	Accesib...
Static				
C1_DATOS_BOOL				
real				
real[0]	0.0	50.0		
real[1]	0.0	40.0		
real[2]	0.0	30.0		
real[3]	0.0	9.0		
real[4]	0.0	10.0		
real[5]	0.0	8.5		
real[6]	0.0	2.0		
real[7]	0.0	1.0		
real[8]	0.0	2.0		
real[9]	0.0	1.0		
real[10]	0.0	3.0		
real[11]	0.0	1.0		
real[12]	0.0	0.0		
real[13]	0.0	0.0		
real[14]	0.0	0.0		
real[15]	0.0	0.0		

DATOS RECIBIDOS_SERVER_PROFIBUS

Nombre	datos	Offset	Valor de arranque	Valor de observación
Static				
C1_DATOS_BOOL	10] of Bool	0.0		
real	15] ...	2.0		
real[0]		2.0	0.0	50.0
real[1]		6.0	0.0	40.0
real[2]		10.0	0.0	30.0
real[3]		14.0	0.0	9.0
real[4]		18.0	0.0	10.0
real[5]		22.0	0.0	8.5
real[6]		26.0	0.0	2.0
real[7]		30.0	0.0	1.0
real[8]		34.0	0.0	2.0
real[9]		38.0	0.0	1.0
real[10]		42.0	0.0	3.0
real[11]		46.0	0.0	1.0
real[12]		50.0	0.0	0.0
real[13]		54.0	0.0	0.0
real[14]		58.0	0.0	0.0
real[15]		62.0	0.0	0.0

(a)

Profibus

Latencia en el intercambio de información = 0 ms

Data Recib del servidor

Nombre	de arranque	Valor de observación	Remanen...	Accesib...
Static				
INT				
INT[0]		52.83		
INT[1]		42.68		
INT[2]		44.13		
INT[3]		29.05		
INT[4]		41.02		
INT[5]		40.33		
INT[6]		48.55		
INT[7]		46.61		
INT[8]		45.13		
INT[9]		38.62		
INT[10]		31.33		
INT[11]		30.47		
INT[12]		36.4		
INT[13]		36.78		
INT[14]		37.7		
INT[15]		38.92		
INT[16]		42.5		
INT[17]		51.71		
INT[18]		75.12		
INT[19]		86.63		
INT[20]		100.0		
INT[21]		72.18		
INT[22]		70.41		
INT[23]		62.4		
INT[24]		1.639267E+12		

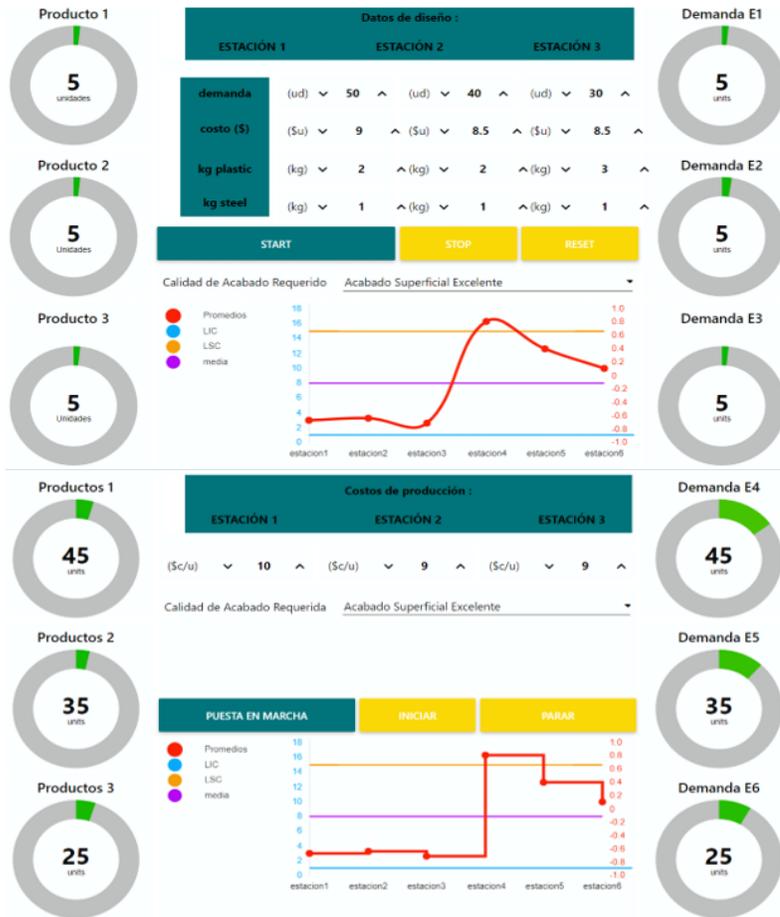
Datos enviados al cliente 3

Nombre	Offset	Valor de arranque	Valor de observación
Static			
INT			
INT[0]	0.0	0.0	52.83
INT[1]	4.0	0.0	42.68
INT[2]	8.0	0.0	44.13
INT[3]	12.0	0.0	29.05
INT[4]	16.0	0.0	41.02
INT[5]	20.0	0.0	40.33
INT[6]	24.0	0.0	48.55
INT[7]	28.0	0.0	46.61
INT[8]	32.0	0.0	45.13
INT[9]	36.0	0.0	38.62
INT[10]	40.0	0.0	31.33
INT[11]	44.0	0.0	30.47
INT[12]	48.0	0.0	36.4
INT[13]	52.0	0.0	36.78
INT[14]	56.0	0.0	37.7
INT[15]	60.0	0.0	38.92
INT[16]	64.0	0.0	42.5
INT[17]	68.0	0.0	51.71
INT[18]	72.0	0.0	75.12
INT[19]	76.0	0.0	86.63
INT[20]	80.0	0.0	100.0
INT[21]	84.0	0.0	72.18
INT[22]	88.0	0.0	70.41
INT[23]	92.0	0.0	62.4
INT[24]	96.0	0.0	1.639267E+12

(b)

Comunicación S7





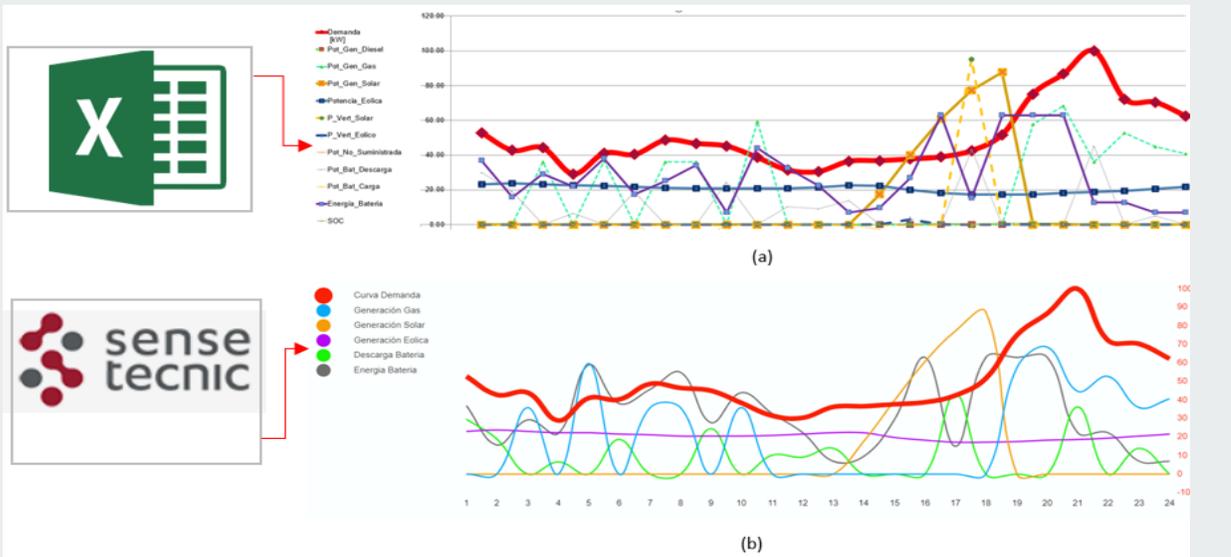
● Nodos de visualización y monitoreo



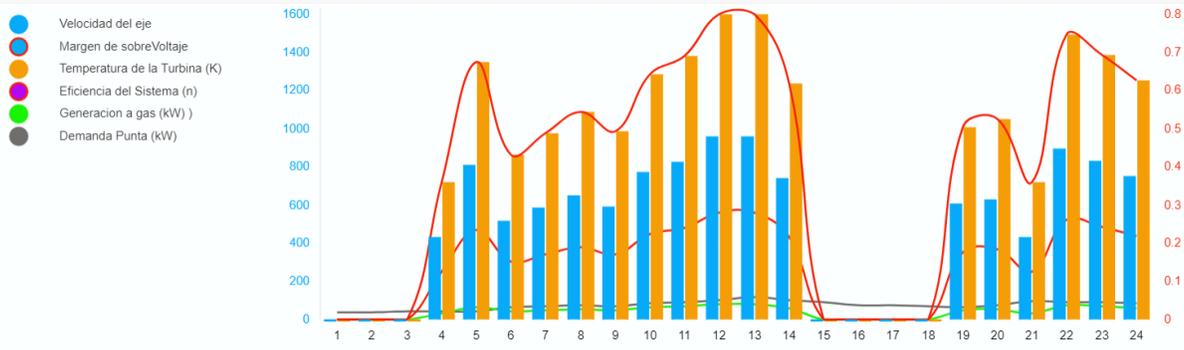
Hora	Demanda(kW)	Gen Gas(kW)	Gen Solar(kW)	Descarga Batería(kW)	Gen Eolico(kW)
1	52.83	0	0	29.788341497232516	23.041658502767472
2	42.68	0	0	19.03730960805359	23.64269039194641
3	44.13	35.999999999999999	0	0	23.041658502767472
4	29.05	0	0	6.571048118835002	22.478951881165003
5	41.02	59.876263345252084	0	0	22.20906784025045
6	40.33	-3.552713678800501e-15	0	18.642950626487874	21.68704937351212
7	48.55	36	0	0	21.182554538458103
8	46.61	36	0	0	20.689089799578056
9	45.13	0	0	24.440910200421946	20.689089799578056
10	38.62	36	0	0	20.689089799578056
11	31.33	0	0	10.395188350117401	20.934811649882594
12	30.47	0	0	9.036959778982883	21.433040221017116

● Monitoreo del proceso tres desde la nube y almacenamiento en Mongodb

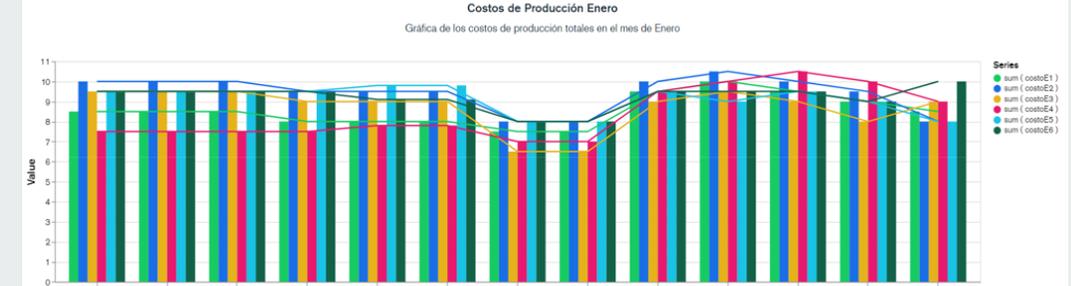
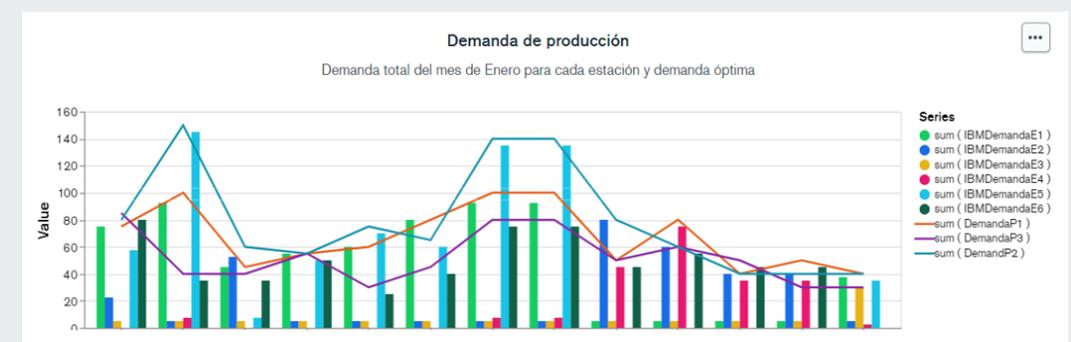




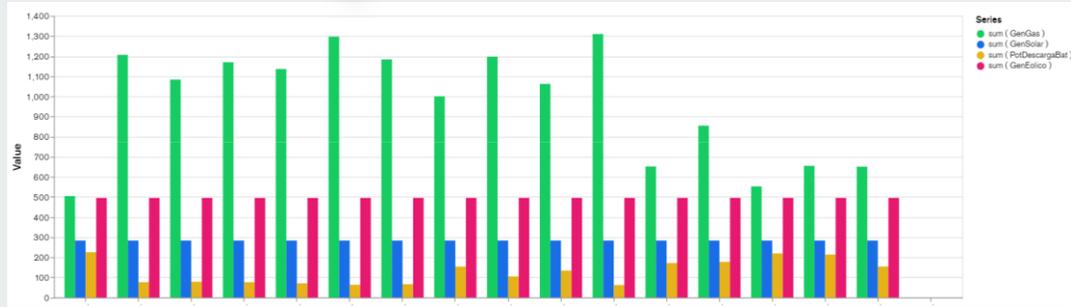
● Trazado de curvas en Excel y la Nube resultados del Unit Commitment



● Condiciones de operación del generados a Gas



● Gráfico de barra de producción, demanda y costos



● Grafica de barras producción total de potencia



ADD DATA VIEW [List Icon] [Object Icon] [Table Icon] Displaying documents 1 - 14 of 14 [Refresh Icon] REFRESH

PreciosDemandaIBM

	_id ObjectId	time Double	costoTotal Mixed	costoE1 Mixed	costoE2	
1	61da5d210547b53ba8193ba9	1641081600000	54.5	8.5	10	[Edit] [Copy] [Delete]
2	61da5dcf0547b53ba8193baa	1641168000000	54.5	8.5	10	[Edit] [Copy] [Delete]
3	61da5e310547b53ba8193bab	1641254400000	54.5	8.5	10	[Edit] [Copy] [Delete]
4	61da5eaa0547b53ba8193bac	1641340800000	53	8	9.5	[Edit] [Copy] [Delete]
5	61da5f440547b53ba8193bad	1641427200000	53.2	8	9.5	[Edit] [Copy] [Delete]
6	61da60540547b53ba8193bae	1641513600000	53.2	8	9.5	[Edit] [Copy] [Delete]
7	61db8f2154e6ed2ee0a64dcb	1641686400000	45	7.5	8	[Edit] [Copy] [Delete]
8	61db8f3254e6ed2ee0a64dcc	1641772800000	45	7.5	8	[Edit] [Copy] [Delete]
9	61ddece688223929a40f4150	1641945600000	57	9.5	10	[Edit] [Copy] [Delete]
10	61e70afaf0ca851b547220eb	1642291200000	58.5	10	10.5	[Edit] [Copy] [Delete]
11	61e8d68db20d431858326c58	1642464000000	58	9.5	10	[Edit] [Copy] [Delete]
12	61ec195c6ca5d429a460aaa5	1642636800000	54.5	9	9.5	[Edit] [Copy] [Delete]
13	61ed9e48a30cb34338f760e3	1642809600000	52.5	8.5	8	[Edit] [Copy] [Delete]
14	61ef09ddc40dfd162021595c	1642896000000	53	9	7.5	[Edit] [Copy] [Delete]

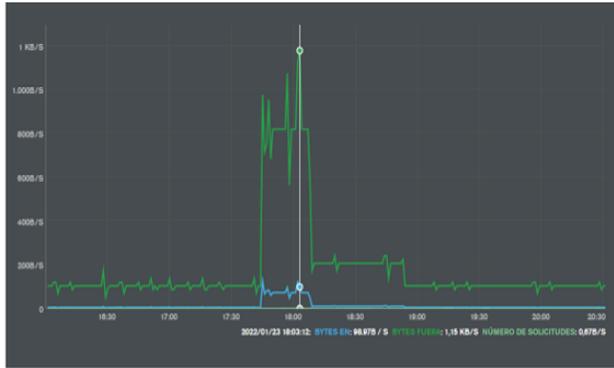
```

_id: {
  "oid": "61da5d210547b53ba8193ba9"
},
time: 1641081600000,
costoTotal: 54.5,
costoE1: 8.5,
costoE2: 10,
costoE3: 9.5,
costoE4: 7.5,
costoE5: 9.5,
costoE6: 9.5,
DemandaP1: 75,
DemandP2: 80,
DemandaP3: 85,
IBMDemandaE1: 75,
IBMDemandaE2: 22.5,
IBMDemandaE3: 5,
IBMDemandaE4: 0,
IBMDemandaE5: 57.5,
IBMDemandaE6: 80
}

_id: ObjectId("61da5d210547b53ba8193ba9")
time: 1641081600000
costoTotal: 54.5
costoE1: 8.5
costoE2: 10
costoE3: 9.5
costoE4: 7.5
costoE5: 9.5
costoE6: 9.5
DemandaP1: 75
DemandP2: 80
DemandaP3: 85
IBMDemandaE1: 75
IBMDemandaE2: 22.5
IBMDemandaE3: 5
IBMDemandaE4: 0
IBMDemandaE5: 57.5
IBMDemandaE6: 80
    
```

● Documentos almacenados en una colección de MongoDB

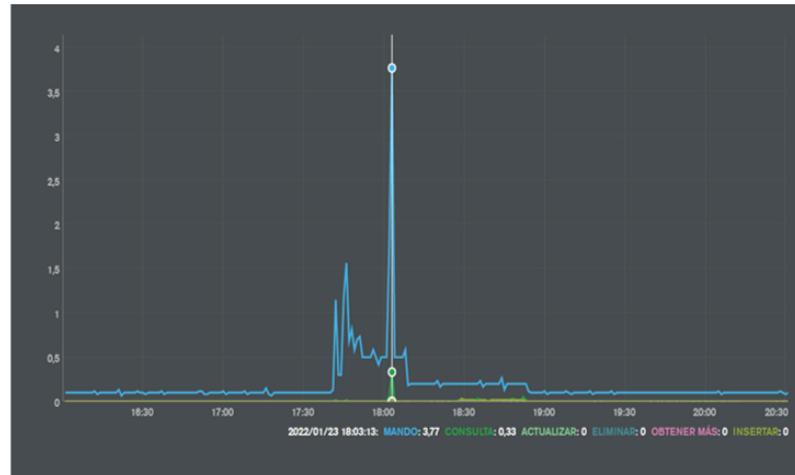




(a)



(b)



(c)



Conexiones activas del servidor MongoDB

- a) *Cantidad de Bytes/s enviados al servidor de MongoDB*
- b) *Tamaño total de los documentos alojados en el servidor*
- c) *Tasa promedio de comandos ejecutados por segundo durante el periodo de muestra*



AGENDA:

- MOTIVACIÓN
- PROBLEMÁTICA
- OBJETIVOS
- METODOLOGÍA
- DISEÑO DEL DCS
- ANÁLISIS DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



- ❑ Los resultados de este trabajo muestran que la velocidad de transmisión de datos entre el controlador servidor y los clientes es rápida y eficiente, al utilizar los protocolos de bus de campo Profibus y la comunicación s7 existe una latencia nula al intercambiar datos a diferencia de utilizar, Modbus TCP que presenta una latencia de 500 ms en el intercambio, aun así, enviar y recibir información desde la nube a través del PLC servidor se lleva de manera exitosa sin perder ningún dato.
- ❑ En el referente a la virtualización de procesos industriales se ha identificado las ventajas e importancia que tienen los softwares de simulación dentro de la academia, permitiendo enseñar y aprender de manera continua a pesar de la crisis sanitaria que impide el uso y acceso a los laboratorios, además con la virtualización el consumo energético es menor, así como el espacio físico que se necesita concentrando múltiples máquinas y equipos virtuales en un solo equipo físico.
- ❑ Con respecto a la programación y configuración de los nodos se ha utilizado las librerías de node-red y de la plataforma IoT, con un mínimo grado de conocimiento en JavaScript se logró crear, mejorar e incorporar nuevas herramientas que permitan almacenar y visualizar los datos de manera local y desde la nube.



- ❑ Para minimizar los costos de producción se ha planteado un algoritmo matemático que se lo resuelve aplicando técnicas de programación lineal considerando factores como la demanda, tiempos máximos de operación, calidad del producto, consumo y disponibilidad de materia primera. Además, Para resolver los modelos planteados los entornos de herramientas informáticas de cálculo han permitido tener resultados óptimos, y conjuntamente con los softwares de simulación y programación como Factory IO, FluidSIM y TIA portal se pudo evaluar los resultados.
- ❑ Utilizar técnicas estadísticas como trazar graficas de control ha permitido analizar el comportamiento de los procesos como también identificar posibles fallos, saber cuándo el proceso está a punto de salirse de control, y conocer las posibles causas es de vital importancia en la ejecución. La correcta interpretación de estas graficas podría mejorar los procesos ajustando o reajustando los parámetros de producción.
- ❑ Para finalizar, la base de datos en la nube presenta mayor ventaja que una base de datos local al usar una base de datos en la Web los tiempos de configuración se redujeron y no se necesitó ninguna instalación para su funcionamiento. Al estar utilizando MongoDB almacenar los datos de cada proceso fue sencillo y con una programación mínima utilizando formato de texto JSON.



- ❑ Al estar utilizando una base de datos no estructura como MongoDB es recomendable tener una mayor variedad de datos no solo del tipo numérico, podría ser textos, correos o alarmas que se puedan generar en los procesos. Al tener solo datos numéricos es recomendable utilizar una base de datos SQL, debido a que el servidor compartido en la nube no posee los nodos para conectar con una base de datos SQL de manera sencilla y dinámica se optó por usar una base de datos en MongoDB. Además de ofrecer un gran rendimiento y escalabilidad MongoDB forma parte de las herramientas más usadas del Big data y por ende de la industria 4.0.
- ❑ Al ser un proyecto con procesos virtualizados, construir procesos más complejos y con una mayor cantidad de variables es necesario si se quiere aprovechar al máximo las herramientas informáticas utilizadas en el proyecto, además esto podría mejorar o replantear un modelo más completo de optimización en donde se consideren más parámetros, como por ejemplo disponibilidad del espacio, trazado de rutas, tiempo de traslado del material y envíos, entre otros.
- ❑ Al estar trabajando con la última versión de node-red se recomienda investigar y configurar nuevas plataformas IoT que se encuentren en constante desarrollo debido a que, las actualizaciones de la plataforma utilizada en el presente proyecto no están al nivel actual de node-red dificultando la aplicación de ciertas técnicas y aumentando el tiempo de desarrollo.



GRACIAS POR SU ATENCIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA