



Máster en Ingeniería Industrial

TRABAJO FIN DE MÁSTER  
CREACIÓN DE UN RDS EN UN IPC

Autor: Juan Sáez Jaén

Director: José Antonio Rodríguez Mondejar

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

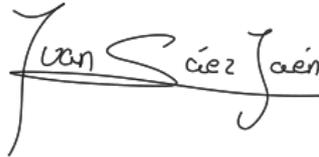
**Creación de un RDS en un IPC**

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 24/25 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Juan Sáez Jaén

Fecha: 11 / 06 / 2025

A handwritten signature in black ink that reads "Juan Sáez Jaén". The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath the name.

Autorizada la entrega del proyecto

**EL DIRECTOR DEL PROYECTO**

Fdo.: José Antonio Rodríguez Mondejar

Fecha: 11 / 06 / 2025



Máster en Ingeniería Industrial

TRABAJO FIN DE MÁSTER  
CREACIÓN DE UN RDS EN UN IPC

Autor: Juan Sáez Jaén

Director: José Antonio Rodríguez Mondejar

Madrid



# CREACIÓN DE UN RDS EN UN IPC

**Autor:** Sáez Jaén, Juan.

**Director:** Rodríguez Mondéjar, José Antonio.

Entidad Colaboradora: Siemens AG

## RESUMEN DEL PROYECTO

**Palabras clave:** IPC, Siemens, Servidor, Máquinas virtuales, Windows Server

### 1. Introducción

Siemens es actualmente líder en el mercado de CPUs de controladores lógicos programables (PLC) a nivel mundial y concretamente en España. Sin embargo, tiene un amplio catálogo de ordenadores industriales (IPC) [1] que, a pesar de obtener grandes beneficios, no tiene tanto impacto en el mercado en comparación con sus competidores.

Con este proyecto se pretende crear una solución para aumentar el conocimiento de este producto. A pesar de que el objetivo final de Siemens es el sector industrial, este proyecto se centra en el sector educativo, donde ha puesto a prueba un prototipo para estudiar su viabilidad y en un futuro realizar cambios para las condiciones que requiere la industria.

### 2. Definición del proyecto

Con el objetivo de aumentar el conocimiento del catálogo de IPC de Siemens y empezar a venderlos dentro del sector educativo (actualmente no se venden en este sector), se ha creado un servidor usando un IPC 1047E [2] con el objetivo de reducir los recursos necesarios por usuario a la hora de usar software de ingeniería, los cuales suelen requerir un gran consumo de RAM. El proyecto se centra especialmente en productos de Siemens por lo que se han hecho pruebas con softwares como TIA Portal o NX. Sin embargo, se podría adaptar para el uso de otros programas que quiera el cliente.

Una vez montado y configurado el servidor se han hecho pruebas de rendimiento y una prueba real con alumnos. Para la prueba con alumnos se ha aprovechado el concurso de ciclos formativos en el País Vasco [3], en el cual 10 alumnos estuvieron haciendo uso simultaneo de TIA Portal y NX.

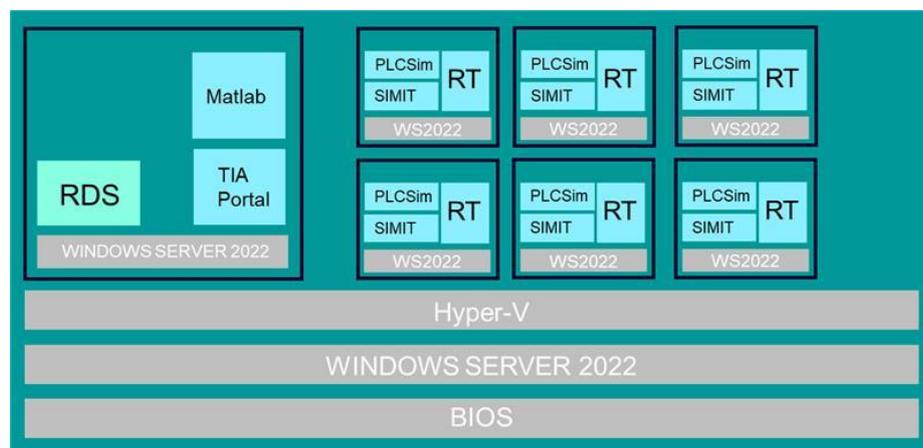
### 3. Descripción del sistema

Una vez terminadas las pruebas, se pondrán a la venta diferentes IPCs del catálogo que ofrece Siemens. Sin embargo, para el prototipo montado para las pruebas se ha utilizado el IPC 1047E ya mencionado. En dicho ordenador, se ha instalado Windows Server 2022 [4] como sistema operativo. Esto permite una fácil gestión del servidor y un rápido aprendizaje gracias a que hay documentación sobre el mismo en internet. Además, una vez configurado, el uso es sencillo ya que está basado en Windows 10 y la mayoría de los usuarios están acostumbrados a su uso.

Dado que el prototipo se basa en una red local, será necesario utilizar switches o conmutadores que permitan la conexión de varios dispositivos mediante cables ethernet. Esto es necesario ya que el IPC solo dispone de dos puertos y no podrían conectarse más de dos usuarios.

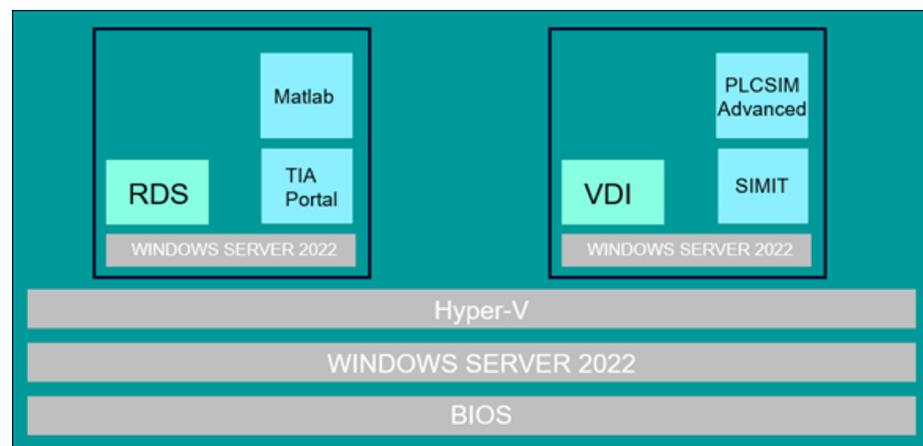
En la memoria se han propuesto tres arquitecturas diferentes a la hora de configurar Windows Server 2022. Una usando la edición Standard y dos con la edición Data Center. Siendo la primera la más sencilla y barata con ciertos inconvenientes, entre ellos la imposibilidad de usar programas runtime por distintos usuarios.

El uso de Data Center permite la creación de máquinas virtuales ilimitadas, permitiendo así dividir entre una máquina virtual para programas que permitan abrir varias instancias, compartiendo recursos de manera optimizada y otra donde únicamente se ejecuten programas runtime. Está es la opción más completa y recomendada y se ha dividido en dos estructuras. La primera tiene tantas máquinas virtuales como usuarios requieran usar runtime. Esta opción ha sido la empleada en el País Vasco y se ha comprobado que funciona adecuadamente, permitiendo una comunicación fluida entre MV. Dicha estructura se encuentra en Resumen - Ilustración 1.



*Resumen - Ilustración 1: Estructura 1 con edición Data Center*

Existe una arquitectura más sofisticada que evita tener que clonar las máquinas de runtime. Mediante el uso de VDI (Virtual Desktop Infrastructure) [5], incluido en WS2022, se podría configurar una única MV runtime. De esta manera, VDI gestionaría mediante Hyper-V la creación automática de máquinas cada vez que un usuario se conecte. De esta manera no hay máquinas ya creadas como en la estructura 1, si no que se van creando y eliminando conforme sea necesario. En la imagen mostrada abajo (Resumen - Ilustración 2) se muestra cómo sería dicha estructura.



*Resumen - Ilustración 2: Estructura 2 con edición Data Center*

#### 4. Resultados

Antes de realizar las pruebas, se tenía la hipótesis de que, con el uso simultáneo de varios usuarios, la memoria RAM consumida por usuario se vería reducida gracias a la gestión del sistema operativo a la hora de compartir recursos comunes (bibliotecas de software, procesos de arranque de aplicaciones, etc.). Los resultados mostrados en Resumen - Tabla 1 muestran como a medida que aumenta el número de usuarios la RAM empleada por cada usuario desciende, pasando de 16GB un solo usuario a 8,4GB cuando hay 5 usuarios compilando un proyecto simultáneamente.

Prueba compilación PLC + HMI	
Nº Usuarios	RAM usada(GB)
1	16
2	24
3	30
4	34
5	42

*Resumen - Tabla 1: Uso medio de memoria RAM en distintas pruebas*

Durante la prueba real en el País Vasco, todo funciono según lo esperado, salvo un fallo con el almacenamiento dentro de las máquinas virtuales. Hyper-V no supo hacer una buena gestión de la memoria perdiéndose algunos datos. Para evitar esto, se ha propuesto una serie de soluciones. La solución adoptada en el servidor prototipo ha sido la creación de carpetas compartidas entre MV y el host de forma que siempre se pueda guardar los proyectos en el host de forma segura. Gracias a Windows Server, esta gestión es sencilla y no requiere de acceso a internet como podrían tener otras soluciones como el uso de OneDrive.

Los profesores presentes en la competición comentaron de manera positiva acerca de la idea, mencionando especialmente la idea de que quede todo en local, sin depender de terceros como puede ser internet o la red de la escuela o universidad. Además, el proyecto tiene una gran escalabilidad, pudiendo adaptarse a los diferentes requisitos de las aulas (memoria RAM, softwares, todo ello con diferentes configuraciones de los IPC).

#### 5. Conclusiones

Los resultados obtenidos demuestran que la virtualización de escritorios y recursos de entorno centralizado no solo optimiza el uso de la memoria RAM y facilita la gestión, si no que aporta robustez, escalabilidad y flexibilidad al sistema. En gran parte esto se debe a que se usan equipos diseñados para industria, donde los requisitos son mucho más exigentes. Así se consigue acercar un poco más al alumno a lo que se puede encontrar en una vez empiece a trabajar.

La solución propuesta responde eficazmente a las necesidades educativas actuales y sienta las bases para futura aplicación en entornos industriales, donde la eficiencia y la seguridad son factores clave.

## 6. Referencias

- [1] Siemens AG. (s.f.). *Catálogo IPC*. Recuperado el 22 de abril de 2025, de <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-computing.html>
- [2] Siemens AG. (s.f.). *SIMATIC IPC1047E – Ordenador industrial en formato rack 19", 4U*. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/?mlfb=6BK1801-1.....-...mall.industry.siemens.com+5mall.industry.siemens.com+5mall.industry.siemens.com+5>
- [3] Gobierno Vasco, Departamento de Educación. (2025, febrero). *Euskoskills 2025*. Recuperado el 23 de abril de 2025, de <https://www.euskadi.eus/euskoskills-2023-es/web01-a2hlanhz/es/>
- [4] Wikipedia. (s.f.). *Windows Server 2022*. Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Windows\\_Server\\_2022](https://es.wikipedia.org/wiki/Windows_Server_2022)
- [5] Microsoft. (2025, 11 de marzo). *Onboard non-persistent virtual desktop infrastructure (VDI) devices in Microsoft Defender XDR*. Microsoft Learn. Recuperado el 9 de junio de 2025, de <https://learn.microsoft.com/es-es/defender-endpoint/configure-endpoints-vdi>

# IMPLEMENTATION OF A RDS SOLUTION ON AN IPC

**Author:** Sáez Jaén, Juan

**Supervisor:** Rodríguez Mondéjar, José Antonio.

**Collaborating Entity:** Siemens

## ABSTRACT

**Keywords:** IPC, Siemens, server, virtual machines, windows server

### 1. Introduction

Siemens is currently the market leader in programmable logic controller (PLC) CPUs both globally and specifically in Spain. However, the company also offers a wide range of industrial PCs (IPCs) [1] which, despite generating significant profits, do not have as much market impact compared to their competitors.

This project aims to develop a solution to increase awareness of this product. Although Siemens' ultimate target is the industrial sector, this project focuses on the educational sector, where a prototype has been tested to assess its viability, with the intention of making future adaptations to meet the requirements of the industrial environment.

### 2. Project definition

To increase awareness of Siemens' IPC portfolio and to begin marketing these products within the educational sector (where they are not currently sold), a server has been created using an IPC 1047E [2]. The main objective is to reduce the resources required per user when running engineering software, which typically demands significant amounts of RAM. The project is particularly focused on Siemens products, and tests have therefore been conducted with software such as TIA Portal and NX. However, the solution can be adapted for use with other programs according to client requirements.

Once the server was assembled and configured, performance tests were carried out, as well as a real-world trial involving students. For this trial, the vocational training competition in the Basque Country [3] was used as an opportunity, during which 10 students simultaneously used TIA Portal and NX.

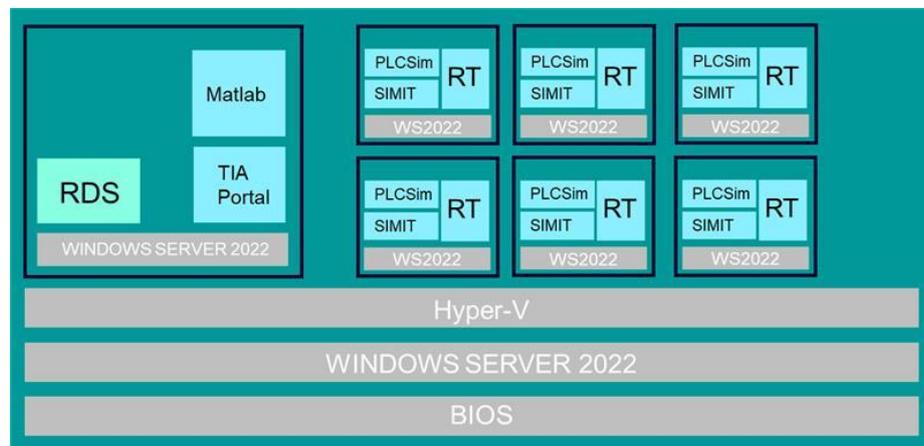
### 3. Description of the system

After completing the testing phase, various IPCs from Siemens' catalog will be available for sale. However, the prototype used for testing was specifically built with the previously mentioned IPC 1047E. Windows Server 2022 [4] was installed as the operating system, enabling straightforward server management and rapid user familiarization thanks to the extensive documentation available online. Additionally, once configured, the system is easy to use, as it is based on Windows 10, a platform with which most users are already familiar.

Since the prototype operates on a local network, it is necessary to use switches to connect multiple devices via Ethernet cables. This is required because the IPC itself only provides two ports, which would otherwise limit the number of users to two.

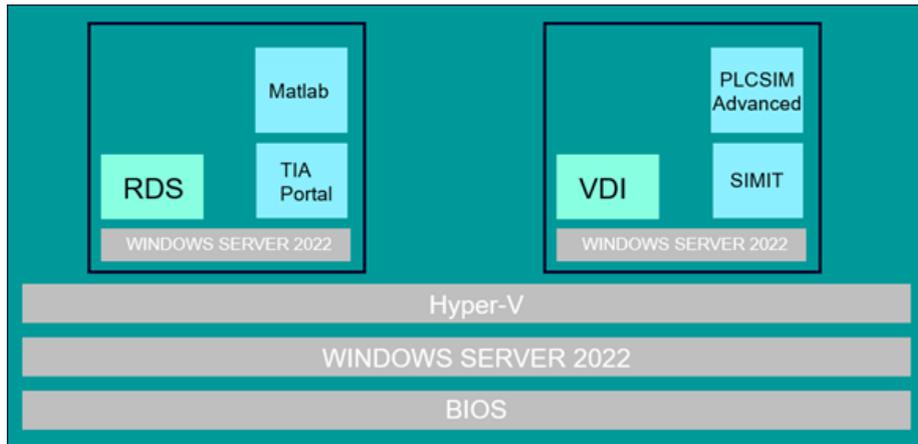
Three different architectures for configuring Windows Server 2022 were proposed in the project documentation: one using the Standard edition and two using the Data Center edition. The first option is the simplest and most cost-effective, but comes with certain limitations, such as preventing multiple users from running runtime programs simultaneously.

Using the Data Center edition allows for the creation of unlimited virtual machines, thereby enabling the division of resources: one virtual machine can be dedicated to programs that support multiple instances, optimizing shared resources, while another can be reserved exclusively for running runtime applications. This is the most comprehensive and recommended option, and it has been subdivided into two structures. The first structure assigns as many virtual machines as there are users requiring runtime access. This configuration was implemented during the trial in the Basque Country, where it was shown to function effectively, allowing smooth communication between virtual machines. This structure is depicted in Abstract - Illustration 1.



*Abstract - Illustration 1: Structure 1 with Data Center edition*

A more sophisticated architecture exists that avoids the need to clone runtime machines. By using Virtual Desktop Infrastructure (VDI) [5], which is included in Windows Server 2022, it is possible to configure a single runtime virtual machine. In this way, VDI, through Hyper-V, would automatically create machines each time a user connects. Thus, there are no pre-created machines as in Structure 1; instead, they are created and deleted as needed. The image shown below (Abstract - Illustration 2) depicts what this structure would look like.



*Abstract - Illustration 2: Structure 2 with Data Center edition*

#### 4. Results

Before conducting the tests, the hypothesis was that, with simultaneous use by multiple users, the amount of RAM consumed per user would decrease due to the operating system's management of shared resources (such as software libraries, application startup processes, etc.). The results shown in Abstract - Table 1 demonstrate that as the number of users increases, the RAM used by each individual decreases, going from 16 GB for a single user to 8.4 GB when five users are compiling a project simultaneously.

Prueba compilación PLC + HMI	
Nº Usuarios	RAM usada(GB)
1	16
2	24
3	30
4	34
5	42

*Abstract - Table 1: Average RAM usage in different tests*

During the real-world test in the Basque Country, everything worked as expected except for an issue with storage within the virtual machines. Hyper-V was unable to properly manage the memory, resulting in some data loss. To prevent this, a series of solutions was proposed. The solution adopted in the prototype server was the creation of shared folders between the virtual machines and the host, ensuring that projects can always be safely saved on the host. Thanks to Windows Server, this management is straightforward and does not require internet access, unlike other solutions such as using OneDrive.

The teachers present at the competition gave positive feedback about the idea, especially highlighting the advantage of keeping everything local, without relying on third parties such as the internet or the school or university network. Furthermore, the project offers great scalability, as it can be adapted to the different requirements of classrooms (RAM, software, all with different IPC configurations).

## 5. Conclusions

The results obtained demonstrate that desktop virtualization and centralized resource environments not only optimize RAM usage and simplify management, but also provide robustness, scalability, and flexibility to the system. This is largely due to the use of equipment designed for industrial environments, where the requirements are much more demanding. In this way, students are brought closer to the conditions they will encounter once they enter the workforce.

The proposed solution effectively addresses current educational needs and lays the foundation for future application in industrial settings, where efficiency and security are key factors.

## 6. References

- [1] Siemens AG. (n.d.). IPC Catalog. Retrieved April 22, 2025, from <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-computing.html>
- [2] Siemens AG. (n.d.). SIMATIC IPC1047E – 19" 4U Rack Industrial Computer. Retrieved May 7, 2025, from <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/?mlfb=6BK1801-1>
- [3] Basque Government, Department of Education. (2025, February). Euskoskills 2025. Retrieved April 23, 2025, from <https://www.euskadi.eus/euskoskills-2023-es/web01-a2hlanhz/es/>
- [4] Wikipedia. (n.d.). Windows Server 2022. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved May 7, 2025, from [https://en.wikipedia.org/wiki/Windows\\_Server\\_2022](https://en.wikipedia.org/wiki/Windows_Server_2022)
- [5] Microsoft. (2025, March 11). Onboard non-persistent virtual desktop infrastructure (VDI) devices in Microsoft Defender XDR. Microsoft Learn. Retrieved June 9, 2025, from <https://learn.microsoft.com/en-us/defender-endpoint/configure-endpoints-vdi>

## *Índice de la memoria*

<b>Capítulo 1. Introducción .....</b>	<b>5</b>
1.1 Motivación del proyecto.....	5
1.2 Idea del proyecto .....	6
1.3 Cronología.....	8
<b>Capítulo 2. Estado de la cuestión.....</b>	<b>10</b>
2.1 Contextualización del mercado de IPCs.....	10
2.1.1 Aplicaciones de uso.....	10
2.1.2 Competencia en el mercado .....	11
2.2 Soluciones existentes en centros educativos .....	11
<b>Capítulo 3. Descripción de las tecnologías .....</b>	<b>14</b>
3.1 IPC.....	14
3.2 Switch.....	16
3.3 Windows Server 2022 .....	17
3.3.1 WS 2022 Standard.....	18
3.3.2 WS 2022 Data Center.....	18
<b>Capítulo 4. Diseño .....</b>	<b>19</b>
4.1 Prototipo – Edición Data Center.....	19
4.1.1 RDS con máquinas virtuales independientes.....	19
4.1.2 RDS con VDI .....	23
4.2 Alternativa – TIA Portal Cloud .....	25
<b>Capítulo 5. Pruebas y resultados.....</b>	<b>27</b>
5.1 Prueba Prototipo edición Standard .....	27
5.1.1 Prueba rendimiento .....	27
5.2 Prueba prototipo edición Data Center .....	29
5.2.1 Preparación del servidor para la competición.....	29
5.2.2 Transcurso de la competición.....	35
<b>Capítulo 6. ODS.....</b>	<b>39</b>
<b>Capítulo 7. Análisis económico.....</b>	<b>41</b>

7.1	Catalogo disponible de IPC.....	41
7.2	Posible competidor.....	44
	<b>Capítulo 8. Conclusiones y trabajos futuros.....</b>	<b>46</b>
	<b>Capítulo 9. Bibliografía.....</b>	<b>48</b>
	<b>ANEXO I (Configuración WS Standard).....</b>	<b>52</b>
	<b>Anexo II (Script Visual Studio).....</b>	<b>55</b>
	<b>Anexo III (Fotos Data Center).....</b>	<b>59</b>
	<b>Anexo IV (RDP).....</b>	<b>60</b>

## *Índice de ilustración*

Ilustración 1: Estructura aproximada final .....	8
Ilustración 2: Doble fuente de alimentación.....	15
Ilustración 3: SIMATIC IPC1047E.....	16
Ilustración 4:Interior del SIMATIC IPC1047E.....	16
Ilustración 5: SCALANCE XC208G. ETHERNET SWITCH .....	17
Ilustración 6: Estructura 1 con edición Data Center.....	20
Ilustración 7: Arquitectura de las IP en los switches virtuales .....	22
Ilustración 8:Estructura 2 con edición Data Center.....	23
Ilustración 9: TIA Portal Cloud.....	25
Ilustración 10: Planta simulada en NX.....	30
Ilustración 11: Arquitectura centralizada Euskoskills .....	32
Ilustración 12: Interior IPC con módulos adicionales .....	33
Ilustración 13: MV de ingeniería y de RT.....	34
Ilustración 14: Máxima RAM consumida (EUSKOSKILLS).....	37
Ilustración 15: Máxima RAM MV ING (EUSKOSKILLS) .....	38
Ilustración 16: ODS .....	39
Ilustración 17: ODS alineados con el proyecto .....	40
Ilustración 18: Interfaz RUFUS.....	53
Ilustración 19: Estructura con edición Standard.....	54
Ilustración 20: Carga simultanea simulación y físico.....	59
Ilustración 21: Euskoskills .....	59
Ilustración 22: IP del PC personal en dominio .....	60
Ilustración 23: Escritorio remoto a MV ingeniería.....	61
Ilustración 24: Escritorio remoto a MV RT .....	61
Ilustración 25: MV TIA Portal y PLCSIM Advanced.....	61

## *Índice de tablas*

Tabla 1: Cronograma del proyecto .....	9
Tabla 2: Ventajas frente a soluciones actuales .....	12
Tabla 3: Pros y contras de cada edición de WS2022.....	24
Tabla 4: Media de uso de RAM en las diferentes pruebas .....	28

## *Índice de gráficas*

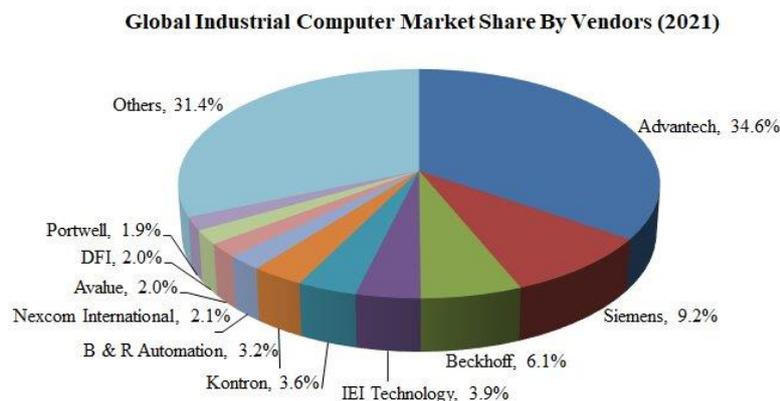
Gráfica 1: Distribución del mercado español de IPC (2021).....	5
Gráfica 2: Uso de RAM por usuario.....	28

## Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Motivación del proyecto

De la mano de Siemens AG (Madrid, España) se quiere dar un mayor auge a la venta de ordenadores industriales. Actualmente, Siemens es líder en el mercado de controladores lógicos programables (PLCs), ofreciendo una amplia gama de productos, como pueden ser sus ganas S7-1200 y S7-1500 [1].

En el mercado de los ordenadores industriales (IPC), Siemens cuenta con un amplio catálogo de productos [2], concretamente ofrece 39 productos diferentes, los cuales son configurables ofreciendo más de un millón de opciones diferentes. Sin embargo, como se puede ver en la Gráfica 1, Siemens no está entre los líderes del mercado. Dicha gráfica es orientativa, ya que se trata del año 2021, aunque no se dispone de los datos actuales, se podría especular que actualmente el porcentaje está aumentando, situándose aproximadamente en un 13% (según informes confidenciales de la empresa).



Gráfica 1: Distribución del mercado español de IPC (2021)

Sabiendo esto, la motivación del proyecto es aumentar las ventas de este producto, ya que Siemens cuenta con un producto que destaca por su alto rendimiento, robustez, fiabilidad, y

amplia variedad de formatos y configuraciones, pero no es tan conocido ni demandado como gustaría a la empresa.

## ***1.2 Idea del proyecto***

Con el fin de conseguir un aumento en las ventas de ordenadores de la marca Siemens, se pretende crear un servidor que incluya diferentes productos de la empresa de forma que se promueva su conocimiento, entregando a las escuelas una solución ya preparada con hardware y software configurado. Para ello, como primer paso, se pretende crear un servidor de escritorio remoto (RDS) en un ordenador industrial de la compañía. En él se instalarán diversos softwares empleados en la ingeniería. Una vez instalados se comprobará si el servidor es capaz de hacer un buen aprovechamiento de los recursos, compartiendo entre usuarios.

Una vez realizado el prototipo y configurado el sistema operativo, se investigará entre las diferentes versiones de Windows Server 2022 para ver cual se adapta mejor a las expectativas de las universidades y escuelas (siendo ejemplo de dichas expectativas: facilidad de uso, precio y compatibilidad).

Antes de lanzar el prototipo al mercado, se hará una prueba real con alumnos para recibir feedback y comprobar que funciona todo correctamente en el ámbito que será utilizado. El 14 de mayo de 2025 tienen lugar los *Euskoskills* [3], donde se realiza competiciones de diferentes especialidades de ciclos formativos, entre ellos hay una categoría de control industrial (categoría nº 19) patrocinada y gestionada por el departamento de sector educativo de Siemens, con el cual este proyecto trabaja mano a mano. En dicho día, 10 alumnos se reunirán para realizar un proyecto de automatización industrial donde el control y proceso serán simulados. Para ello utilizarán TIA Portal [4], PLCSIM Advanced [5] y NX [6], para diseñar el proceso, simular y visualizar los movimientos de la simulación, ya que no dispondrán de un PLC físico. El uso de PLCSIM Advanced se explicará con detalle más adelante, es importante dado que no se pueden crear varias instancias y esto complica el RDS y hay que buscar una solución para ello.

Con el fin de organizar la competición de la mejor manera posible, se pretende llevar un prototipo totalmente funcional siguiendo una estructura similar a la mostrada en la Ilustración 1. En ella se ven dos configuraciones de máquinas virtuales (MV), una única destinada a programas como TIA Portal y otra (de la cual habrá una por usuario) para programas runtime. Esto se explicará a lo largo de la memoria.

En la Ilustración 1 se ve también la arquitectura física que va a seguir el proyecto. Se observa como al IPC se conecta un switch o conmutador, el cual nos permite tener más puertos en los cuales se puedan conectar varios ordenadores al servidor. Además, existe la posibilidad de añadir un punto de acceso para conectarse remotamente. De esta manera, para montar el prototipo se necesitarán los tres dispositivos mencionados, con sus correspondientes fuentes de alimentación y los diferentes ordenadores que se quieran conectar. Todos estos dispositivos se detallan en el Capítulo 3.

Terminadas las pruebas de rendimiento, tanto internas como externas, se hará un estudio de lo que hay en el mercado actualmente y se intentará conseguir precios competitivos para que el producto sea realmente interesante para los centros educativos.

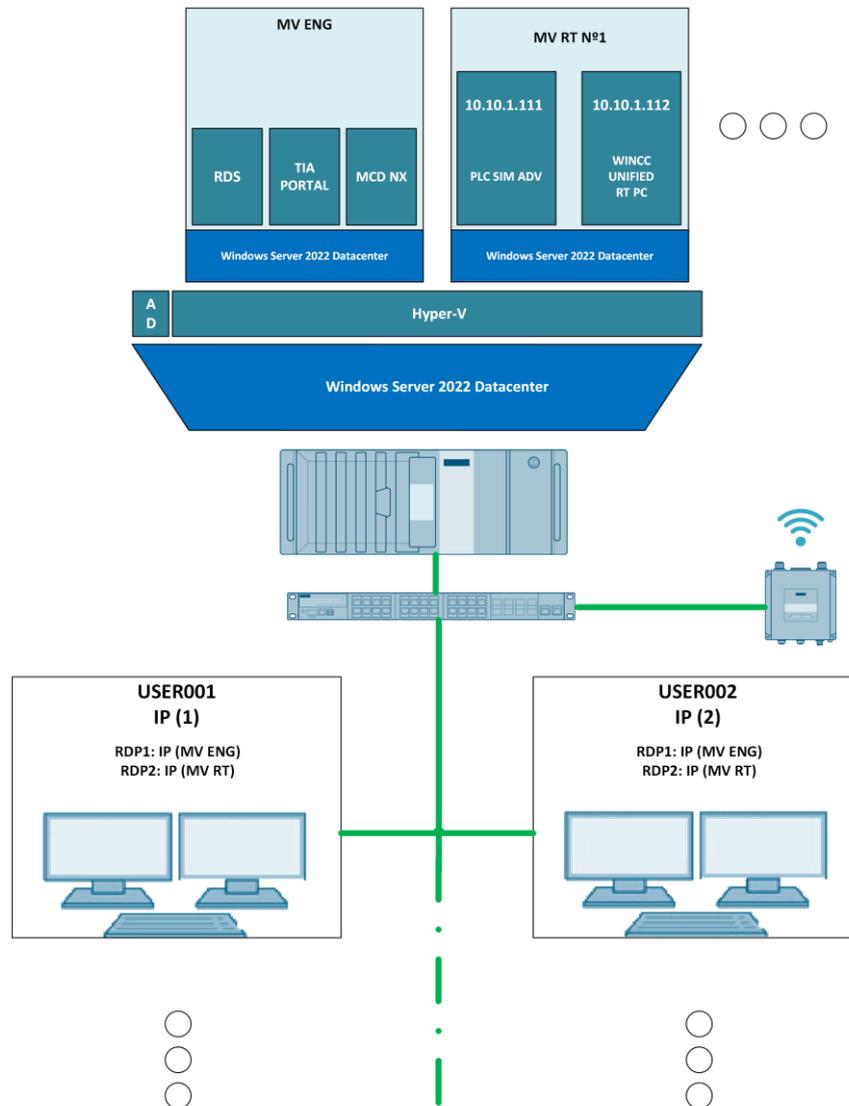


Ilustración 1: Estructura aproximada final

### 1.3 Cronología

El proyecto se ha realizado a lo largo de 9 meses, como se ha comentado, de la mano de Siemens y trabajando en sus oficinas. A continuación, se muestra en la Tabla 1 el tiempo aproximado dedicado a cada parte del proyecto.

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Planteamiento									
Estudio herramientas									
Instalación SO ( <i>Standard</i> )									
Configuración									
Estudio de modelos de venta									
Pruebas de rendimiento									
Análisis de resultados ( <i>Standard</i> )									
Instalación SO (Data Center)									
Configuración									
EuskoSkills (Prueba Cliente)									
Estudio precios y ofertas									
Conclusiones									

Tabla 1: Cronograma del proyecto

Durante el transcurso del proyecto se han desarrollado dos prototipos basados en Windows Server 2022, uno con la versión *Standard* y otro con la *Data Center*. Primero se estudió lo que se suponía que iba a ser más sencillo y barato, la edición *Standard*, con la cual se trabajó desde noviembre hasta febrero. Sin embargo, algunos datos obtenidos de esta parte del proyecto sirven también para la otra. De marzo a mayo se trabajó con la versión más avanzada y menos documentada en internet.

Finalmente, durante los meses de mayo y junio se ha puesto todo en conjunto para sacar conclusiones y ajustar precios para que el producto sea atractivo para los clientes.

## Capítulo 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

### 2.1 Contextualización del mercado de IPCs

El mercado español de ordenadores industriales (IPCs) ha experimentado un crecimiento sostenido en la última década, impulsado por la digitalización de procesos productivos y la adopción de tecnologías. La principal diferencia con un ordenador ofimático o doméstico es que los industriales están preparados para entornos adversos y garantizar la fiabilidad en operaciones críticas, lo que los convierte en elementos claves para la automatización industrial.

#### 2.1.1 Aplicaciones de uso

Aunque son muchas sus aplicaciones, algunas de las principales en la industria española son las siguientes:

- **Automatización de procesos manufactureros:** En plantas de producción albergan sistemas SCADA, para poder monitorizar las líneas de ensamblaje, controlar los diferentes puestos de robots y ajustar los parámetros en tiempo real. Además, facilitan la comunicación industrial con sensores IoT con protocolos como Profinet u OPC UA.
- **Gestión logística:** Muchos centros logísticos españoles emplean IPCs para:
  - Seguimiento de inventario
  - Optimización de rutas
- **Control de sistemas automatizados de transporte (AGVs)**
- **Infraestructuras críticas:** Se emplean en sistemas de transporte (trenes, aeropuertos, etc.), gestión de plantas de tratamientos de agua o redes de distribución eléctrica donde la continuidad operativa es vital. Este es un punto favorable en todos los sectores, pero especialmente importantes en aquellos que no se pueden permitir

una parada en su proceso. La robustez, posibilidad de redundancia son muy favorables y demandadas.

### **2.1.2 Competencia en el mercado**

Como se ha mencionado previamente, Siemens es una marca reconocida mundialmente y que lidera algunos sectores del mercado industrial. Sin embargo, queda bastante atrás en cuando a ordenadores industriales. Algunos de los principales competidores con mayor cuota de mercado en este sector son:

- Advantech [7]
- Beckhoff [8]
- Allen-Bradley (Rockwell Automation) [9]

## **2.2 Soluciones existentes en centros educativos**

Dentro del estudio realizado, se han considerado los siguientes casos actuales:

- Portátiles personales de los alumnos
- Ordenadores del centro
- Servidor del centro (incluye todo el centro, no solo las asignaturas centradas en automatización)

Como se ha mencionado en la lista, muchos centros formativos (especialmente algunas universidades) disponen de ordenadores con recursos suficientes para correr programas de ingeniería con facilidad, incluso los propios alumnos asisten a clase con ordenadores portátiles también válidos para estas tareas. Para estos dos casos, el servidor seguiría ofreciendo una gran utilidad:

- Evitar la instalación reiterada de programas en distintos ordenadores.
- Permite el uso de licencias flotantes.
- Mayor supervisión por parte del profesorado.
- Uso de carpetas compartidas.

Algunas universidades y centros de formación profesional ya disponen de algunos servidores similares al proyecto. Sin embargo, la idea desarrollada por Siemens ataca a un departamento concreto de dichos centros, es decir, especialmente a los departamentos de automatización industrial o similar. Para estos, la idea de tener un servidor “privado” donde poder tener todas sus licencias y programa al que puedan acceder un número limitado de alumnos les supone gran ventaja tener un servidor separado al de la propia universidad. Esto se debe a que los servidores de todo el centro educativo son controlados normalmente por los departamentos de IT, y son varios los casos en los que hacen reseteo del servidor o eliminan todos los datos.

Por otro lado, aunque no es en la mayoría de los casos, hay centros que no disponen de presupuesto suficiente para actualizar su flota informática, por lo que esta oferta les puede ser atractiva para seguir amortizando los dispositivos que ya tienen.

Al ser un proyecto prototipo, Siemens no pretende sacar inicialmente mucho beneficio con la venta de este producto al sector educativo, por lo que se podrán conseguir ofertas que realmente sean atractivas a pesar de las soluciones ya existentes.

A continuación, en la Tabla 2, se resumen las ventajas que puede tener la idea presentada en este proyecto, frente a las soluciones que hay actualmente en los distintos centros de España.

	Portátiles personales	Ordenadores del centro	Servidor del centro	Servidor especializado Siemens
Recursos suficientes	✓	✓	✓	✓
Recursos compartidos	✗	✗	✓	✓
Licencias flotantes	✗	✗	✓	✓
Administración sencilla de software	✗	✗	✓	✓
Facil supervisión del trabajo	✗	✗	✗	✓
Independencia de IT	✓	✓ / ✗	✗	✓
Oferta con licencias de Siemens	✗	✗	✗	✓

Tabla 2: Ventajas frente a soluciones actuales

Los beneficios que obtiene la empresa con esta idea no son meramente económicos, al menos en la primera fase que es la que estudia este proyecto. Realmente esos beneficios

vendrán más adelante cuando se lance el proyecto a la industria. En esta primera etapa, con el prototipo en las escuelas, hay dos objetivos principales:

- Pruebas y mejora del prototipo para estudiar su lanzamiento a industria.
- Conocimiento del equipo (IPCs) de Siemens a futuros trabajadores del sector.

## **Capítulo 3. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS**

### **3.1 IPC**

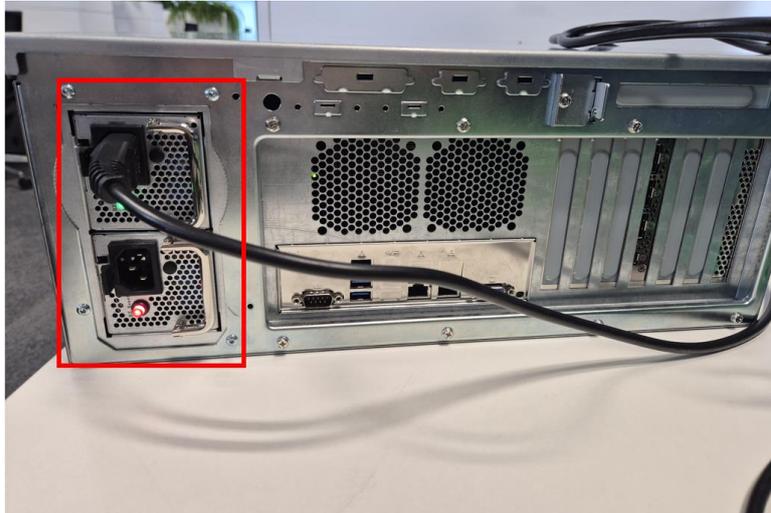
Los IPCs u ordenadores industriales son ordenadores diseñados específicamente para su uso en entornos industriales, en los cuales las condiciones de trabajo, tanto climáticas como exigencias operativas son más rigurosas que en un ambiente de oficina o doméstico. Es decir, están diseñados para soportar temperaturas extremas, polvo, vibraciones o impactos, humedad, interferencias electromagnéticas y otros factores adversos habituales en fábricas, logística y otros sectores industriales. Asegurando así un ciclo de vida prolongado.

Otra ventaja de estos dispositivos es la gran cantidad de opciones de entradas y salidas, permitiendo así conectarlos con diferentes dispositivos que se encuentran en estos entornos y que un ordenador ofimático no podría. Además, estos ordenadores suelen ser configurables y con opción de ampliar sus recursos a largo plazo. Es decir, disponen con tarjetas de ampliación que permiten de forma sencilla aumentar todas sus capacidades (RAM, almacenamiento, puertos de entrada y salida, etc.)

Estas mismas características hacen que los IPCs sean también una opción muy adecuada para laboratorios y entornos educativos. Aunque las condiciones no sean tan extremas, la robustez, fiabilidad y durabilidad de estos ordenadores ofrecen ventajas significativas para escuelas, como una mayor resistencia al uso intensivo, menor tasa de fallos y una vida útil superior en comparación con otros ordenadores convencionales, aumentando así el intervalo de tiempo necesario para renovar los equipos.

Uno de los aspectos clave de los ordenadores industriales es su capacidad de redundancia. Trabajando en ámbitos tan hostiles, es fácil que se estropee algún componente, dejando inutilizado durante largo periodo el sistema. Con estos dispositivos se puede duplicar estos componentes para siempre tener un respaldo, tanto para que actúe cuando falle o para

trabajar en paralelo. Esto es vital para aquellas operaciones que requieran no tener interrupciones, lo cual es muy habitual en la industria y otros sectores hoy en día.



*Ilustración 2: Doble fuente de alimentación*

La redundancia puede ser teniendo un equipo exactamente igual o parecido que actúe en caso de fallo, o con componentes replicados. En el prototipo construido en este proyecto se puede ver a simple vista la redundancia en la fuente de alimentación, tal y como se muestra en la Ilustración 2, en la cual se está usando solo uno de los dos alimentadores eléctricos.

Concretamente se montará el prototipo usando el modelo SIMATIC IPC1047E [10], un ordenador industrial de Siemens.

Inicialmente dispone de:

- 128GB de RAM (ampliable con módulos)
- Procesadores 2× Intel Xeon Gold 6230 (20C/40T 2.1 (3.9GHz))
- No tiene tarjeta gráfica (aunque va a incluir una para los Euskoskills).



*Ilustración 3: SIMATIC IPC1047E*



*Ilustración 4: Interior del SIMATIC IPC1047E*

En la Ilustración 3 se puede ver el IPC, mientras que en Ilustración 4 se pueden ver sus componentes, donde se encuentran varios espacios vacíos, pensados para incluir componentes adicionales (tarjetas de memoria, tarjeta gráfica, etc.).

### **3.2 Switch**

*“Un switch o conmutador de red es un dispositivo informático que permite interconectar dispositivos a través de una red de área local o red LAN. Para ello, el switch dispone de un número de puertos determinados en los que podemos conectar cableado de red tipo Ethernet. Además, se caracteriza porque admite comunicación Full Dúplex (enviar y recibir datos al mismo tiempo).” [11]*

Para este proyecto será necesario utilizar un switch para conectar los diferentes equipos de cada usuario. Aunque los IPCs por norma general tienen más de un puerto Ethernet, suelen ser menos de 5 por lo que no se podrían conectar ni 5 usuarios. Será necesario elegir un switch con tantos puertos como sean necesarios para cada caso.

En la primera prueba que se realizará, se utilizará un SCALANCE XC208G [12] (Ilustración 5). Dicho conmutador cuenta con 8 puertos que soporta velocidades de comunicación de hasta 1Gbps (lo cual es necesario para que TIA Portal se comunique bien con todos los dispositivos).



*Ilustración 5: SCALANCE XC208G. ETHERNET SWITCH*

En fases más avanzadas del proyecto, concretamente la prueba real con alumnos, serán necesarios más puertos ya que habrá un total de 10 alumnos. Por lo que Siemens ha facilitado un SCALANCE XC416-8[13], otro switch industrial que cuenta con 16 puertos RJ45 y 8 puertos SFP. Solo será necesario usar los puertos RJ45 que alcanzan una velocidad de hasta 1Gbps.

### **3.3 Windows Server 2022**

Para crear el servidor del prototipo se usará el sistema operativo de Microsoft Windows Server 2022, el cual está basado en Windows 10 [14].

Este sistema operativo no es el último que ha sacado la compañía para servidores, la última versión es la 2025. Sin embargo, al ser relativamente nueva, no existe mucha documentación en la web y además es más propenso a tener cambios por parte de Microsoft. Por ello se ha visto más útil y sencillo utilizar la versión anterior.

Lanzada en agosto de 2021 [14], aseguran un servicio a largo plazo. Cuenta con 3 ediciones de pago: Standard, Data Center y Data Center Azure Version (esta última no se utilizará en el proyecto)

### **3.3.1 WS 2022 Standard**

La edición Standard, la más sencilla, está orientada a organizaciones con necesidades básicas de virtualización y servicios. Algunas de sus funcionalidades son [15]:

- Centro de Administración de Windows para gestión centralizada y remota.
- Análisis predictivo para mantenimiento proactivo.
- Soporte para hasta 2 máquinas virtuales por licencia.

Esta edición sería, dado que es la más económica, la ideal para el prototipo que se está construyendo. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, algunos softwares de Siemens solo permiten abrir una instancia por ordenador, al usar RDS (Remote Desktop Services) todos los usuarios se conectarían a un solo ordenador a pesar de tener diferentes escritorios para cada uno, por lo que supone una gran limitación y habría que usar máquinas virtuales (una por usuario), de las cuales solo se dispone de dos en esta edición.

En la página de Microsoft se encuentra la licencia bajo un precio de 1.566 € (licencia de único pago para tiempo ilimitado). [16]

### **3.3.2 WS 2022 Data Center**

La edición Data Center es más avanzada que la Standard y por tanto la licencia tiene un precio superior, aproximadamente seis veces más. Dispone de todas las características de la versión Standard e incluye muchas otras. Sin embargo, la más interesante para el buen funcionamiento del proyecto, es la capacidad de abrir tantas máquinas virtuales como se requiera, incluyendo Hyper-V como supervisor para el manejo de estas [15].

Para ambas versiones, el pago de licencia es único, por lo que no habría que añadir un coste de mantenimiento en cuanto al SO se refiere.

## Capítulo 4. DISEÑO

### 4.1 Prototipo – Edición Data Center

La primera versión estudiada, con edición Standard se ha usado en su mayoría para aprender a usar el sistema operativo, se puede encontrar este diseño en el **ANEXO I** (Configuración WS Standard). Dicho prototipo no se considera tan interesante dado que no permite el uso de programas runtime, los cuales suelen ser muy habituales en herramientas de simulación como las que se usan en automatización industrial.

Para la versión expuesta en este apartado se han empleado los siguientes componentes:

- SIMATIC IPC1047E
- Windows Server 2022 Edición Data Center
- Switch

Los pasos a seguir para la configuración son similares a la edición Standard. Sin embargo, se seguirá una estructura diferente, por lo que habrá que cambiar algunos pasos. Además, dentro de esta edición se barajan dos posibles estructuras. Para ambas posibilidades, será necesario realizar la instalación siguiendo el paso **1. Instalación del sistema operativo**, visible en el ANEXO I (Configuración WS Standard), eligiendo la opción Data Center basada en escritorio. El paso es exactamente igual, ya que la ISO es la misma para ambas ediciones.

#### 4.1.1 RDS con máquinas virtuales independientes

Este prototipo se crea con la intención de tener una versión similar a la Standard, pero solucionando las limitaciones de esta (problemas al ejecutar programas runtime, como puede ser PLCSIM Advanced). De esta manera se empezará a usar la edición Data Center para usar sus funciones y tener un prototipo terminado para llevar y probar en los Euskoskills [3] celebrados en mayo.

En la Ilustración 6 se muestra la estructura seguida en esta versión del prototipo. En ella se distinguen dos configuraciones de máquinas virtuales, las cuales se gestionan con Hyper-V.

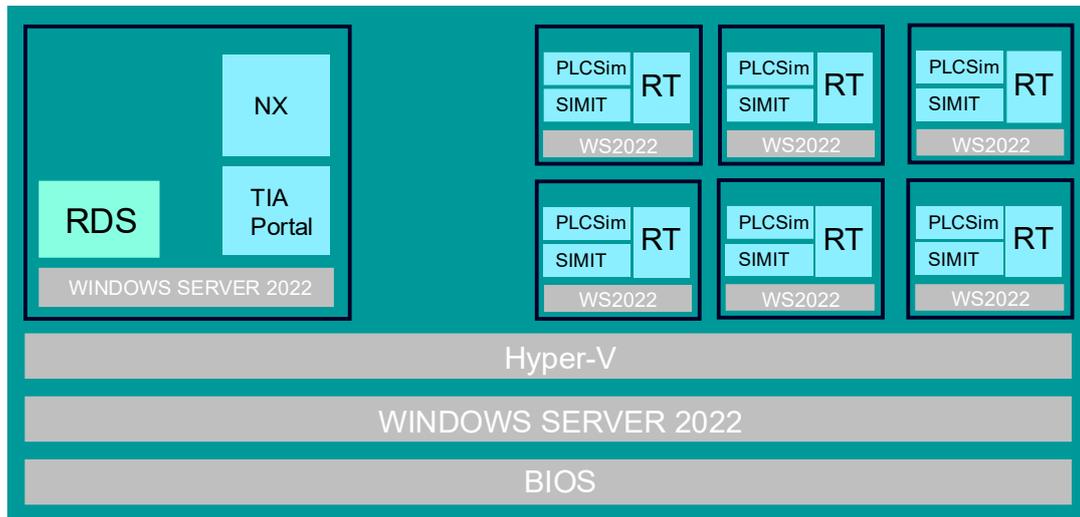


Ilustración 6: Estructura 1 con edición Data Center

- La primera MV (llamada *MV ingeniería*, recuadro negro situado a la izquierda en la imagen) recrea la misma estructura seguida en la edición Standard, y a efectos prácticos sería lo mismo, salvo que en una MV en vez de en el host. Esto se ha hecho para tener una estructura más organizada y añadir seguridad al servidor ya que de esta manera, los alumnos no tendrían acceso al host. La otra opción sería no tener esta MV y realizar este paso en el host.
- La segunda MV (llamada *MV RT*, las seis situadas en el lado derecho superior de la imagen) es donde se van a instalar los diferentes programas de runtime, sin ser necesario configurar RDS, dado que cada alumno tendrá su propia MV a la que conectarse. Para evitar crear una máquina para cada alumno manualmente, se creará una única plantilla y se clonará tantas veces como sea necesario. Es decir, no habrá una única máquina RT, habrá tantas como usuarios haya previstos.

De esta manera, los alumnos se conectarán mediante escritorio remoto a cada una de las máquinas. Escritorio remoto es una tecnología que permite a los usuarios acceder y controlar

un ordenador o, como es este caso, un servidor desde otra ubicación, pudiendo así usar el servidor desde su propio ordenador.

Cabe destacar, que se podría incluir TIA Portal, por ejemplo, en cada una de las máquinas virtuales de runtime y tendrían todo concentrado en una sola máquina por usuario. Sin embargo, de esta manera el servidor no sería capaz de compartir los recursos del PC de forma dinámica. Es decir, como se ha visto en las pruebas (explicado más adelante) usando RDS el servidor es capaz de gestionar la memoria RAM de forma eficiente, consiguiendo que cuantos más usuarios haya trabajando al mismo tiempo, menos memoria por usuario sea necesaria. Si cada usuario trabaja en una MV independiente, se perdería esta ventaja.

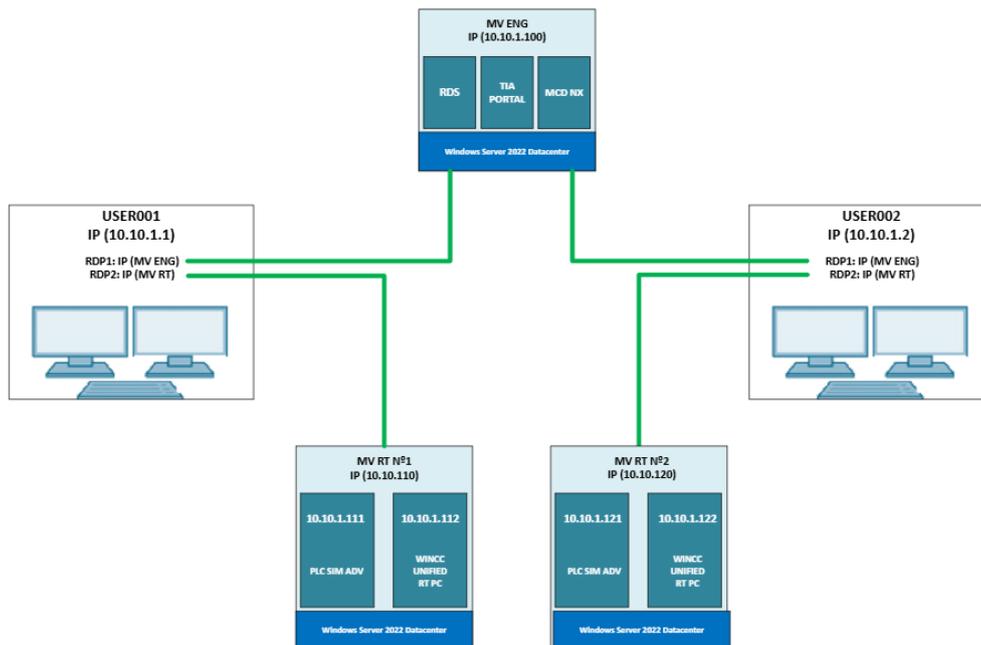
Por lo que se tendría instalado un modelo en el que se tienen las ventajas de la edición Standard de aprovechamiento dinámico de recursos y además se pueden usar aplicaciones runtime.

Para una correcta comunicación entre la máquina donde se encuentra el RDS y el resto de las máquinas será necesario configurar una serie de switches virtuales para poder comunicarse entre ellas. [17]

A continuación, se explicarán los diferentes conmutadores que serán necesario instalar en cada máquina virtual, así como en el host. También se muestra un ejemplo de las direcciones que tendrían los usuarios 001 y 002 (Ilustración 7). En la Ilustración 11 se puede ver la estructura completa con más usuarios.

- IPC 1047E (host).
  - X1 (puerto físico): IP 10.10.1.10
  - X2 (puerto físico): IP dinámica destinado para compartir internet desde otro ordenador
- MV ingeniería.
  - X1 (virtual): IP 10.10.1.100. Con esta IP se podrán conectar los alumnos desde escritorio remoto.
- MV RT (una por cada usuario).

- X1 (virtual): IP 10.10.1.1x0 (siendo x el nº del alumno) para acceder a la MV
- X2 (virtual): IP 10.10.1.1x1 (siendo x el nº del alumno) destinado a PLC simulado
- X3 (virtual): IP 10.10.1.1x2 (siendo x el nº del alumno) destinado a WINCC



*Ilustración 7: Arquitectura de las IP en los switches virtuales*

Antes de clonar las máquinas virtuales, se utiliza el comando “sysprep”. Dicho comando prepara la plantilla deseada para ser clonada tantas veces como sea necesario. Uno de los factores que tiene en cuenta es la dirección MAC, la cual elimina para que al clonar una nueva Windows configure una dirección nueva evitando así fallos graves de comunicación de red.

Estas direcciones son las que se han empleado en los Euskoskills de los que se habla en el apartado 5.2. Para otros usos podría requerir cambios, como puede ser añadir más conmutadores para conectar más de un PLC en las máquinas de runtime ya que cada uno necesita su propio puerto virtual.

#### 4.1.2 RDS con VDI

Aunque la solución anterior cubre todas las necesidades básicas del proyecto, tiene varios inconvenientes que se pretenden solucionar con esta versión más avanzada, la cual no requiere de licencias más caras ya que se incluye en la edición Data Center. Uno de los mayores problemas que tenía la versión anterior es la poca seguridad a la hora de conectarse a las MV. Aunque para acceder a un usuario se necesita contraseña, cualquier usuario puede acceder a todas las máquinas virtuales destinadas a runtime, introduciendo una IP diferente a la que se le ha asociado, podría “robar” la MV a otro usuario. Para evitar esto, se va a estudiar la estructura mostrada en la Ilustración 8.

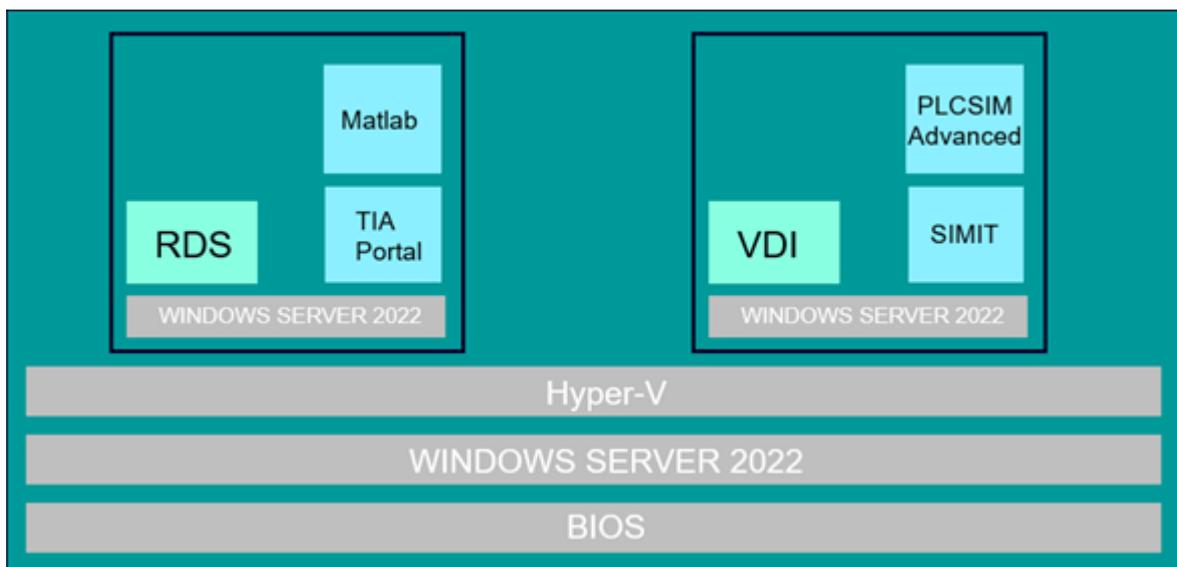


Ilustración 8: Estructura 2 con edición Data Center

VDI o Virtual Desktop Infrastructure (Infraestructura de Escritorio Virtual) funciona de manera similar a RDS con una gran diferencia, al conectar un dispositivo usando RDS se crea una versión de escritorio dentro del mismo PC, mientras que VDI crea una máquina virtual en vez de un escritorio. De esta manera, no será necesario clonar tantas máquinas virtuales como alumnos, el propio sistema irá abriendo las que sean necesarias en cada momento en base a la plantilla. Es decir, VDI es una tecnología que permite crear, gestionar y entregar escritorios virtuales completos a múltiples usuarios. De esta manera hay un único VDI centralizado y crea tantas MV como usuarios haya conectados.

De esta manera, solo se tendrá una IP para RDS y otra para VDI en vez de una para RDS y otra para cada MV diferente de runtime. Por tanto, los alumnos no podrán atacar a la IP de una máquina virtual que no le corresponda debido a que la gestión la hace Hyper-V.

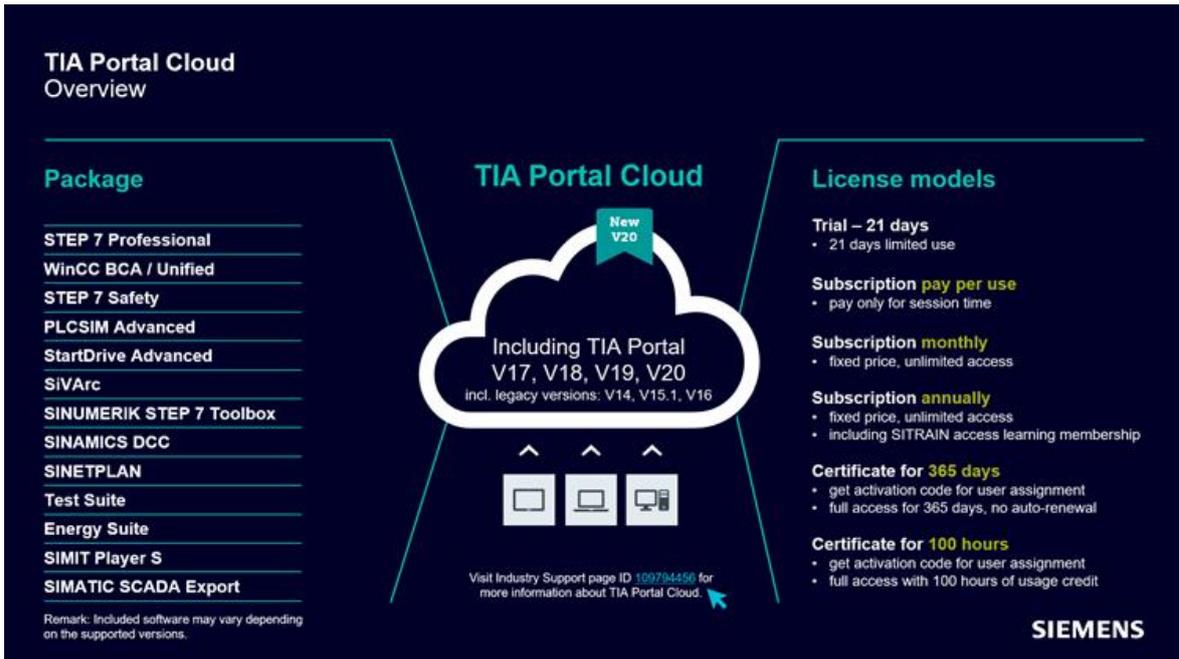
En la Tabla 3 se muestran las ventajas e inconvenientes de cada prototipo estudiado en el apartado 4.1, incluyendo también la edición Standard.

	Standard	DATA CENTER	
		RDS + Multiples MV	RDS + VDI
Manejo de escritorios compartidos mediante RDS	✓	✓	✓
Uso de programas RunTime	✗	✓	✓
Clonado automatico de MV	No dispone de MV	✗	✓
Gestión segura y automática de direcciones IP de MV		✗	✓
Escalabilidad	✗	✓	✓
Aislamiento de red entre usuarios (no se puede "robar" sesión a otro usuario)	✓	✗	✓
Mantenimiento simplificado	✓	✗	✓

Tabla 3: Pros y contras de cada edición de WS2022

## 4.2 Alternativa – TIA Portal Cloud

TIA Portal Cloud [18] es la versión en la nube que ofrece Siemens para automatización industrial. En la Ilustración 9 se puede ver lo que Siemens incluye en este servicio online.



**TIA Portal Cloud Overview**

**Package**

- STEP 7 Professional
- WinCC BCA / Unified
- STEP 7 Safety
- PLCSIM Advanced
- StartDrive Advanced
- SiVArc
- SINUMERIK STEP 7 Toolbox
- SINAMICS DCC
- SINETPLAN
- Test Suite
- Energy Suite
- SIMIT Player S
- SIMATIC SCADA Export

Remark: Included software may vary depending on the supported versions.

**TIA Portal Cloud**

**New V20**

Including TIA Portal V17, V18, V19, V20  
incl. legacy versions: V14, V15.1, V16

↑ ↑ ↑

Visit Industry Support page ID [109794456](#) for more information about TIA Portal Cloud.

**License models**

- Trial – 21 days**
  - 21 days limited use
- Subscription pay per use**
  - pay only for session time
- Subscription monthly**
  - fixed price, unlimited access
- Subscription annually**
  - fixed price, unlimited access
  - including SITRAIN access learning membership
- Certificate for 365 days**
  - get activation code for user assignment
  - full access for 365 days, no auto-renewal
- Certificate for 100 hours**
  - get activation code for user assignment
  - full access with 100 hours of usage credit

**SIEMENS**

Ilustración 9: TIA Portal Cloud

Este modelo ofrece un gran número de ventajas para el sector educativo:

- Acceso desde cualquier lugar.
- No requiere instalar ni actualizar programas.
- No necesita un ordenador con grandes características.
- Permite simulación y pruebas mediante programas como SIMIT.
- Dispone de distintos tipos de licenciamiento (anual, mensual o pago por uso).
- Gestión sencilla de proyectos al poder compartir archivos en la nube fácilmente.
- Siempre está actualizado.
- Fácil de integrar.

Con la extensa lista de ventajas que ofrece esta opción, se podría pensar que es la opción más empleada. Sin embargo, para el sector educativo este formato tiene varias desventajas que no le hace una alternativa interesante.

Dentro de las desventajas se encuentra:

- Necesidad de TIA Portal Cloud Connector para utilizar dispositivos físicos como PLCs, haciendo la configuración más complicada.
- El modelo de licenciamientos que emplea puede resultar más costoso a largo plazo.
- Dependencia de conexión a internet en todo momento. Esto puede resultar en incapacidad para conectarse en algunos momentos, problemas con cargas de proyectos pesados, etc.

Con todo esto, sería una opción totalmente válida para el uso de TIA Portal en ámbito educativo, pero resulta más óptimo el uso de hardware físico ya que es más fiable y no se tiene tanta dependencia del proveedor y de la conexión a internet.

## **Capítulo 5. PRUEBAS Y RESULTADOS**

### ***5.1 Prueba Prototipo edición Standard***

Este prototipo es el más básico que se puede hacer con Windows Server 2022. Sin embargo, puede ofrecer muchas ventajas, la principal sería el poder compartir recursos entre usuarios para optimizar los mismos, como puede ser la memoria RAM. Por lo tanto, se quiere comprobar si esto es realmente efectivo, es decir, si un usuario usando TIA Portal utiliza unos 10 GB (Siemens tiene como requisito un mínimo de 8 GB para poder usar el software y recomienda al menos 16 para que funcione de manera fluida [19]) se quiere comprobar si al trabajar 2 usuarios simultáneamente usan menos de 20 GB. Por lo que se han realizado pruebas para comprobar si es así o TIA Portal no da la opción de compartir los recursos de esa manera.

#### **5.1.1 Prueba rendimiento**

Se han creado 5 máquinas virtuales en un ordenador independiente, dichas MV simulan 5 alumnos trabajando de manera simultánea. Cada una tiene asociada una dirección IP y se conectan mediante escritorio remoto al servidor.

Para poder ejecutar el mismo proyecto en todas las MV de manera simultánea, intentando exigir el máximo uso de RAM, se ha creado un script en visual Studio y se ha copiado en cada máquina virtual de prueba. Dicho script permite abrir un proyecto ya existente concreto, para posteriormente compilar tanto la parte del PLC como la programación de la pantalla HMI. Para ello, ha sido necesario utilizar Openness [20], una interfaz abierta desarrollada por Siemens que permite automatizar tareas en TIA Portal desde programas externos, normalmente en C#. Dicho código se encuentra en Anexo II (Script Visual Studio) y consta de un programa principal y una librería que permite la interacción con TIA Portal mediante Openness. Dicho código, arranca la aplicación de TIA Portal, abre un proyecto indicado y

una vez abierto ejecuta una secuencia que controla el teclado para compilar tanto el proyecto del PLC como el de HMI simultáneamente.

Para poder ejecutar todos los scripts de manera simultánea (ya que hacerlo manualmente añadiría mucho delay) se ha hecho uso de PowerShell para compilar el siguiente “script.ps1”:

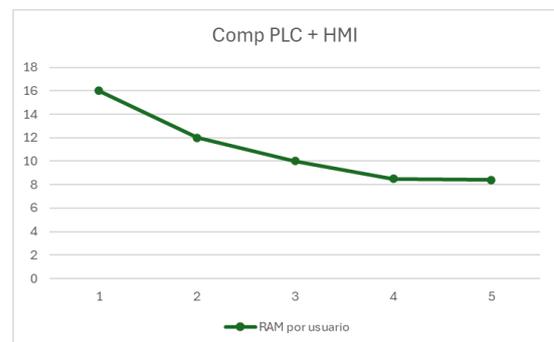
```
Start-Process "C:\Program Files\Microsoft Visual Studio\2022\Community\Common7\IDE\devenv.exe" -ArgumentList "/Run", "C:\Users\Usuario1\Desktop\Openness\TIAGenerator\TIAGenerator.sln"
```

Dicho script para PowerShell ejecuta el script mencionado anteriormente de Visual Studio. Para ejecutar Powershell de manera simultánea se realiza desde el organizador de tareas del administrador del servidor.

Una vez realizadas varias pruebas y monitorizado el uso de la memoria RAM se han sacado los resultados mostrados en la Tabla 4 en la cual se ha anotado la media resultante de las diferentes pruebas de la RAM máxima registrada durante la compilación, dicha memoria es la usada total. Se han realizado tres pruebas con un solo usuario, otras tres con dos usuarios y así hasta los cinco usuarios simultáneamente.

Prueba compilación PLC + HMI	
Nº Usuarios	RAM usada(GB)
1	16
2	24
3	30
4	34
5	42

*Tabla 4: Media de uso de RAM en las diferentes pruebas*



*Gráfica 2: Uso de RAM por usuario*

En la Gráfica 2, se ha calculado el consumo de RAM por usuario dividiendo la memoria total utilizada entre el número de usuarios en cada prueba. Se observa que, el uso de memoria

por usuario disminuye de forma significativa a medida que aumenta el número de usuarios concurrentes, evidenciado por una pendiente descendente. Esta pendiente es más pronunciada en entornos con menos usuarios. Este comportamiento sugiere que TIA Portal ejecuta procesos base (como inicialización de librerías o configuración del entorno) que se realizan una única vez, independientemente del número de instancias activas. Finalmente, el análisis proyecta que, al escalar el sistema, cada usuario adicional requeriría aproximadamente 8 GB de RAM, correspondientes a recursos dedicados a tareas específicas de cada sesión. Este valor actuaría como límite inferior, sin reducciones significativas incluso con más usuarios.

## ***5.2 Prueba prototipo edición Data Center***

Con la edición Data Center se espera un rendimiento similar en cuanto al consumo de memoria. Por ello se han realizado dos pruebas diferentes.

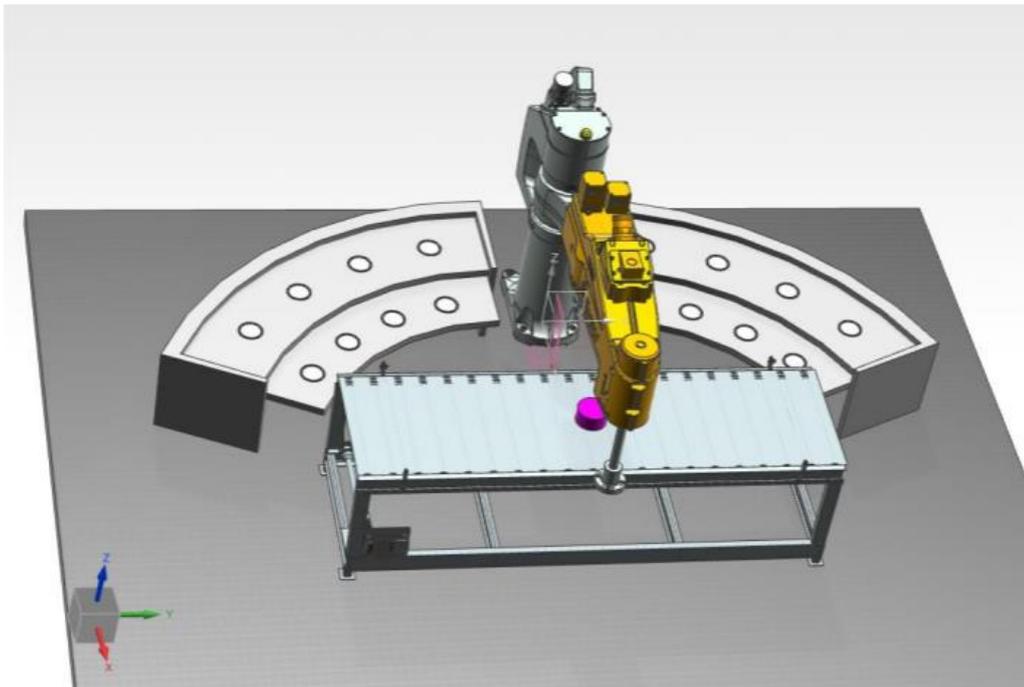
La primera, se ha comprobado que es posible cargar dos proyectos en TIA Portal de manera simultánea, uno simulado y otro en un PLC físico a través de dos usuarios. En la Ilustración 20 del Anexo III (Fotos Data Center) se observa al ordenador de la izquierda cargando en el PLC físico que se encuentra en el centro, mientras el ordenador de la derecha carga a un PLC virtual. Con esto se ha conseguido ver que no hay problemas de comunicación cuando se trata de un PLC físico y a través de los switches virtuales creados es capaz de encontrar los dispositivos.

La siguiente prueba se realizó en los Euskoskills tal y como se detalla en los apartados 5.2.1 y 5.2.2

### **5.2.1 Preparación del servidor para la competición**

Dado que ya se ha realizado un experimento para corroborar la eficacia a la hora de compartir memoria, con el prototipo más avanzado se pretende poner a prueba en los ya nombrados Euskoskills [3]. En dicha competición, los alumnos han hecho uso pleno del servidor para programar un proyecto en TIA Portal (con PLC y pantalla HMI) y a su vez comprobar su

proyecto con una planta de almacenaje simulada en NX (Ilustración 10), en la que un brazo robot desplaza una pieza desde la cinta hasta una posición determinada. Esto supone un gran reto, ya que exige un intenso tráfico de comunicaciones entre las diferentes máquinas virtuales del servidor.



*Ilustración 10: Planta simulada en NX*

Para ilustrar mejor toda la arquitectura seguida se ha realizado el esquema mostrado en la Ilustración 11. Cada ordenador de los alumnos se ha puesto en el dominio del servidor por lo que siguen la nomenclatura mostrada (10.10.1.1x9, siendo x el número asignado a cada usuario). En dicha ilustración se observa también, la conexión de un punto de acceso para poder conectarse inalámbricamente y monitorizar el rendimiento del servidor.

Para acceder al servidor, los alumnos se han conectado a dos máquinas virtuales. Una MV con IP 10.10.1.100, en la que se encuentra el RDS la cual crea una instancia del escritorio del servidor para cada uno de los usuarios. Con ello tienen acceso a TIA Portal y a NX en esta máquina (máquina de ingeniería).

Por otro lado, el segundo RDP (protocolo de escritorio remoto) es a las MV donde está PLCSIM Advanced (máquina virtual de runtime). En este caso cada alumno ha atacado a una IP asignada (10.10.1.1x0, siendo x el número asignado a cada usuario).

Además, cada alumno tendrá 2 IPs adicionales asociadas, una para el PLC simulado mediante PLCSIM Advanced y otra para la pantalla WINCC UNIFIED.

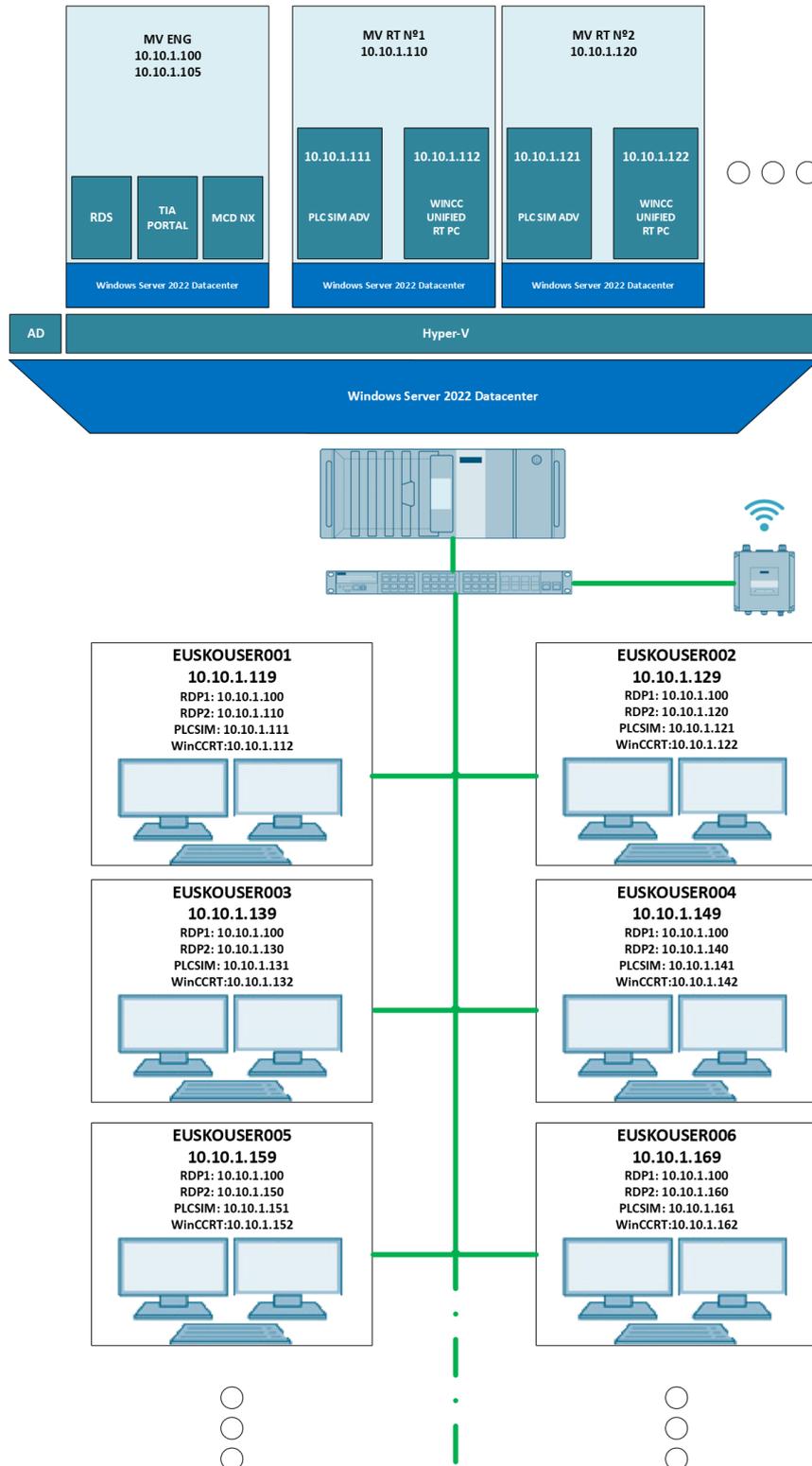
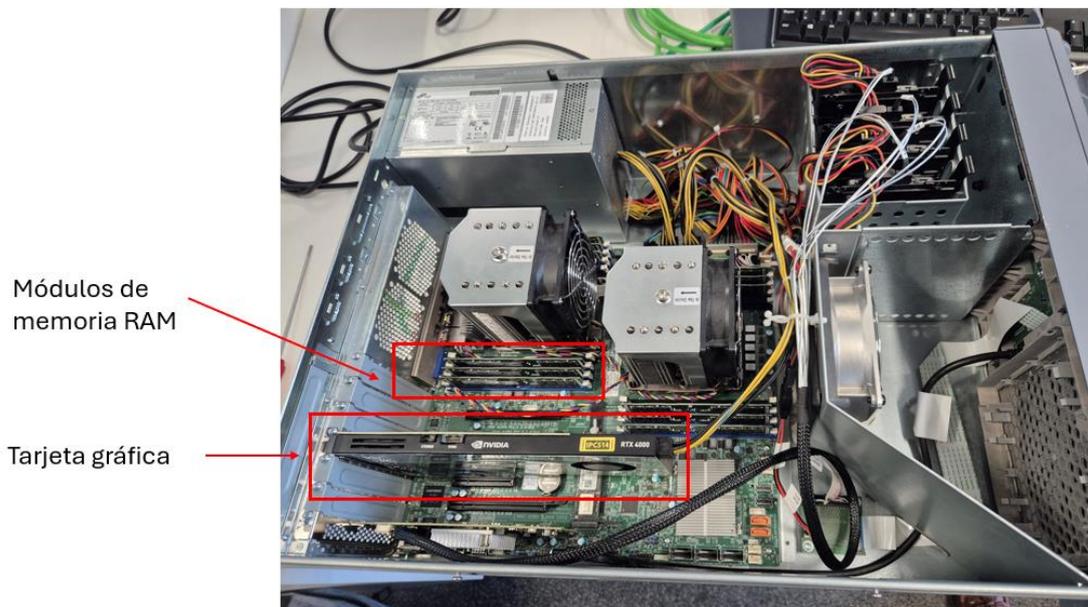


Ilustración 11: Arquitectura centralizada Euskoskills

Dado que los Euskoskills son unas competiciones de formación profesional organizadas por el gobierno local, y patrocinada por Siemens en el caso de automatización, se ha preparado el servidor con recursos suficientes para que no haya problemas durante las pruebas. Se le añaden módulos de memoria RAM hasta alcanzar 384 GB. Por otro lado, como se ve en la Ilustración 12, se ha añadido una tarjeta gráfica Nvidia RTX 4000 [21] para que se pueda utilizar NX con fluidez. De esta manera, ya que hay 10 alumnos en la competición, hay 38,4 GB de RAM para cada usuario, lo cual es mucho más de lo que han necesitado.



*Ilustración 12: Interior IPC con módulos adicionales*

Se ha mencionado que hay dos configuraciones diferentes de MV, una para los programas de ingeniería y otra para los runtime, a cada una se le ha reservado los siguientes recursos según lo previsto para la competición:

- MV ingeniería (una única máquina para los 10 alumnos):
  - RAM 128GB
  - Almacenamiento: 300 GB
  - CPU: 40VC
- MV RT (10 máquinas iguales):
  - RAM: 16 GB (sobredimensionado)

- Almacenamiento 40 GB
- CPU: 6 VC

En el caso de la primera máquina mencionada, todos los recursos se repartirán entre los usuarios conforme lo vayan necesitando, mientras que en las RT el host bloquea esos recursos para cada una de ellas, aunque no se esté usando.

Para el alumno, la única diferencia entre este sistema y tener todos los softwares en un único ordenador, es que tiene que abrir dos pestañas diferentes, tal y como aparece en Ilustración 13. A la izquierda se observa la máquina de ingeniería con programas como TIA Portal y NX, las cuales usarán durante la competición. Por otro lado, para poder simular el PLC deberán usar PLCSIM Advanced la cual trabaja en la MV runtime que se observa a la derecha de la imagen.



*Ilustración 13: MV de ingeniería y de RT*

En el Anexo IV aparecen las ilustraciones de los pasos a seguir para acceder a dichas máquinas. Primero el alumno deberá cambiar la IP de su ordenador para estar en dominio con el servidor (Ilustración 22). Posteriormente tendrá que acceder usando las IPs mencionadas a las máquinas de ingeniería y runtime, usando el mismo usuario en ambas (Ilustración 23 y Ilustración 24). Finalmente, en la Ilustración 25 se observan ambas pestañas de las MV, a la izquierda está abierto TIA Portal mientras que en la derecha esta PLCSIM Advanced con la instancia de simulación abierta.

## **5.2.2 Transcurso de la competición**

La competición tuvo lugar durante 2 días, en la Ilustración 21 del Anexo III (Fotos Data Center) se ve una foto de la competición con 2 pantallas de muestra con lo que veían los alumnos.

En estos dos días el servidor trabajó de manera excepcional con un único problema. Al acabar la primera jornada e intentar guardar los avances de la competición de cada alumno, la memoria designada a cada MV se quedó bloqueada, no permitiendo guardar los avances. Para solucionar esto en el momento, se asignó a la máquina virtual de ingeniería un disco duro virtual adicional de 200GB, aprovechando el sobredimensionamiento del que se disponía, para así asegura el buen funcionamiento durante la competición. Cabe destacar que el IPC 1047E estaba equipado con 4 discos duros de 256 GB cada uno. Dichos discos se ven en la esquina superior derecha de la Ilustración 12.

Ante este problema, provocado por un fallo en Hyper-V, se ha planteado como solución crear carpetas compartidas en la MV de ingeniería (donde se almacenarían todos los proyectos y datos necesarios) las cuales se compartan con el host, de manera que quede una copia de seguridad guardada siempre en caso de que falle la memoria de las MV, evitando así perder datos importantes. Esto se puede hacer de manera sencilla mediante las políticas de grupo de Windows Server. Además, esto permite a los alumnos compartir proyectos fácilmente con el profesor.

Otras soluciones a este problema mencionado sobre el almacenamiento en MV podrían ser:

- OneDrive: Con un almacenamiento en la nube se solucionaría este problema ya que no depende de la memoria del dispositivo. Además, se podría acceder desde cualquier dispositivo y gestionar de forma sencilla los permisos de acceso. Sin embargo, dependería de conexión a internet, lo cual podría dar problemas con proyectos pesados. En este proyecto se ha priorizado en todo momento el trabajo en local para evitar fallos de conexión dependiendo de terceros.

- GitHub en local: De la misma manera que compartir carpetas, esta opción tampoco depende de conexión a internet y añade otras ventajas como control de versiones, historial de cambios o recuperación de versiones previas.

Sin embargo, aunque son opciones válidas y con grandes ventajas, se ha optado por la opción de carpetas compartidas debido a la facilidad de implementación que ofrece Windows Server a la hora de crear carpetas compartidas. Se puede crear una carpeta fácilmente para cada usuario, de forma que solo puedan acceder dicho usuario y el administrador, teniendo acceso en todo momento y evitando que otros usuarios puedan eliminar o sobrescribir proyectos.

Una vez solucionado el problema, y siguiendo el diseño mencionado más atrás, la competición concluyó siendo un éxito en cuanto a rendimiento y operación se refiere. Los profesores implicados allí presentes, mostraron interés y destacaron la utilidad de tener el servidor en local, sin necesidad de conexión a internet o a la red de la universidad.

Durante la competición, se fueron tomando diferentes capturas en las que se muestra el rendimiento del servidor, concretamente en la Ilustración 14 se muestra el máximo valor observado de memoria RAM consumida por el host (es decir, el servidor incluyendo las máquinas de ingeniería y runtime). Anteriormente se ha mencionado que en la prueba participaron 10 alumnos y usaron tanto TIA Portal como NX simultáneamente llegando a un máximo de 199GB por lo que aproximadamente cada alumno consumió como máximo 19,9GB de RAM en el momento con más exigencia.

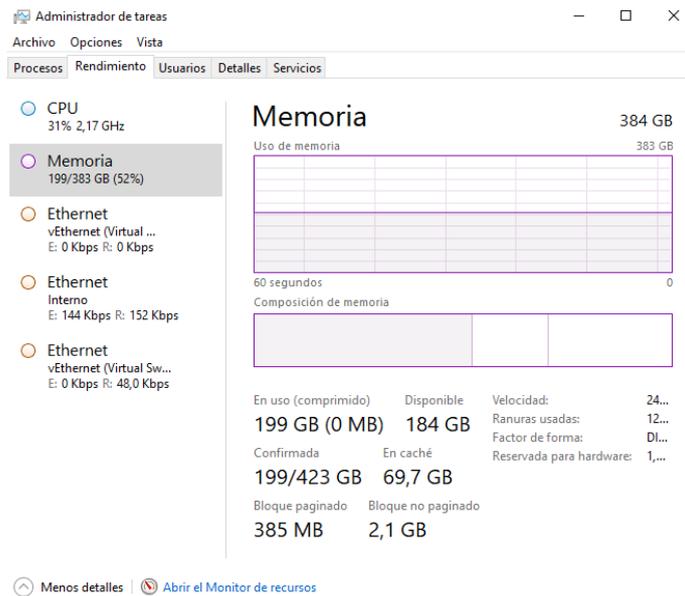
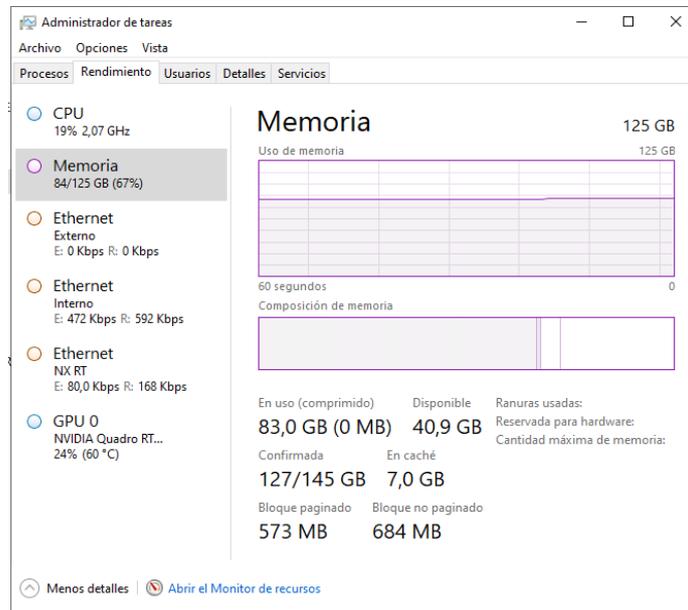


Ilustración 14: Máxima RAM consumida (EUSKOSKILLS)

Sin embargo, el consumo mostrado es el del servidor completo, el consumo de la MV de ingeniería (donde están TIA Portal y NX) se visualiza en la Ilustración 15, obteniendo un máximo de 84 GB de RAM, lo que implica solo un consumo de 8,4 GB por usuario siendo esto mucho menor de lo que consumiría en un único ordenador o MV.

El alto consumo del servidor se debe a que las máquinas virtuales de runtime tienen una memoria RAM reservada y, por eso, en la Ilustración 14 el consumo es tan elevado. Según Siemens [22] PLCSIM Advanced consume tan solo 1GB de RAM por instancia, por lo que se podría reducir la memoria reservada al mínimo necesario para lo que requiere el sistema operativo, más 4 GB para asegurar un buen funcionamiento del software y de las comunicaciones entre MV. Otra opción sería poner una memoria dinámica. Sin embargo, sabiendo que puede fallar, se ve más aconsejable fijar una memoria determinada.



*Ilustración 15: Máxima RAM MV ING (EUSKOSKILLS)*

En caso de no usar memoria dinámica y querer reservar con antelación una memoria determinada, siguiendo las indicaciones de Siemens [22] de 1GB por instancia de PLC y poniendo 3 instancias simultaneas más los requisitos del sistema operativo, podríamos reservar 8 GB por usuario para que funcione adecuadamente cuando la carga de trabajo sea intensa.

## Capítulo 6. ODS

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son un conjunto de 17 metas globales adoptadas por las Naciones Unidas como parte de la agenda 2030 con el propósito de erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar la prosperidad para todas las personas. “Los 17 ODS se basan en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) de las Naciones Unidas, que estuvieron vigentes en el período comprendido entre 2000 y 2015. La gran diferencia radica en que los ODM se centraban en los países en desarrollo, mientras que los ODS se aplican a todos los países. Los ODS equilibran las dimensiones económica, social y medioambiental de la sostenibilidad y establecen 169 metas asociadas que deben alcanzarse a más tardar para 2030 [23].” Los 17 objetivos son (Ilustración 16):



Ilustración 16: ODS

Centrando en este proyecto, hay varios objetivos que se asocian con él, concretamente los mostrados en la Ilustración 17



*Ilustración 17: ODS alineados con el proyecto*

- **Educación de calidad:** Aunque la idea final pretende llegar a la industria, este proyecto se centra en el sector educativo, creando una solución para universidad o centros de educación profesional permitiendo acceso a herramientas tecnológicas avanzadas. Así se intenta conseguir una educación de calidad, sencilla de manejar y permitiendo acceso a recursos de alto nivel para adquirir competencias digitales y técnicas clave para el futuro laboral de los alumnos.
- **Industria, innovación e infraestructura:** El proyecto está enfocado principalmente al sector industrial, tanto la parte educativa como la profesional. Una vez puesto en marcha la comercialización del servidor en escuelas se pretende seguir haciendo pruebas y mejoras para adaptarlo y crear una solución adecuada para las necesidades de la industria. Además, aunque se ha mencionado en el punto anterior, pretende mediante virtualización fomentar la innovación tecnológica en el entorno educativo, acercando la realidad industrial en las aulas.
- **Producción y consumo responsables:** Al centralizar los recursos informáticos en un IPC se consigue alargar la vida útil de dispositivos que se puedan tener en las escuelas y estén quedando obsoletos, ya que no necesitaran grandes recursos para conectarse al servidor y así poder usar software de ingeniería potentes. Además, se ha mencionado que los ordenadores industriales tienen una expectativa de vida más prolongada que los ordenadores ofimáticos por lo que no hará falta tanta renovación y en caso de necesitar otras características, estos ordenadores admiten ampliaciones mediante módulos, como puede ser ampliar la memoria RAM o disco duro.

## Capítulo 7. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para valorar la viabilidad y sostenibilidad de cualquier proyecto, es vital realizar un análisis económico, para ver si los clientes (en este caso las escuelas o universidades) estarían dispuestos a comprar el producto frente a otras opciones.

En este apartado se comentarán las diferentes opciones que podría ofrecer Siemens. Es decir, aunque la idea es la misma explicada en este documento, los materiales (ordenador y conmutadores, por ejemplo) no se reducen a los empleados en los prototipos de prueba. Concretamente el catálogo se extiende a 39 IPCs diferentes, de los cuales la oferta al sector educativa se reduciría a 5 productos que se han considerado más interesantes en base a sus características. Cada IPC se podrá configurar de una manera diferente en base a las necesidades del cliente por lo que no sería posible definir un precio exacto, por lo que se agruparan en función a su relación precio y capacidad de usuarios simultáneos según la memoria RAM necesaria vista en el Capítulo 5.

Por otro lado, los precios de los que se disponen actualmente son los ofrecidos a la industria, Siemens dispone de un descuento elevado a la hora de vender producto al sector educativo. Dado que se trata de un proyecto pionero dentro de la empresa y que el descuento viene en gran parte dado por Alemania (sede central de Siemens Digital Industries [24]), no se sabe un precio definitivo para incluirlo en este proyecto. Se comentarán los precios de venta al sector industrial y una aproximación del descuento necesario para que sea una propuesta realmente interesante tanto para Siemens como para los clientes.

### *7.1 Catálogo disponible de IPC*

Dentro de la gran variedad de ordenadores que fabrica Siemens [2], se han elegido 5 en base a sus procesadores y características que se pueden configurar de distintas maneras, con más o menos RAM, con o sin tarjeta gráfica, etc. Dichos ordenadores y sus características principales son:

1. SIMATIC IPC RW-543A

- Procesador: Intel Core i9 (10C/20T, 2.8(4.7) GHz, 20MB Cache)
- Almacenamiento: 1×512 GB SSD 2.5” SATA
- Dos opciones de RAM:
  - 64 GB DDR4 SDRAM
  - 128 GB DDR4 SDRAM

2. SIMATIC IPC RS-545<sup>a</sup>

- Core i5-12500E (6C(4P+2E)/12T, 2.9 (4.5) GHz, 18 MB Cache)
- Dos opciones de almacenamiento
  - 1×960 GB SSD 2.5” SATA
  - 1×1024 GB SSD M.2 NVMe
- Dos opciones de RAM:
  - 64 GB DDR4 SDRAM
  - 128 GB DDR4 SDRAM

3. SIMATIC IPC547J

- Procesador: Xeon W-1270E (8C/16T, 3.4(4.8) GHz, 16MB Cache)
- Almacenamiento: 1×960 GB SSD 2.5” SATA
- Dos opciones de RAM:
  - 64 GB DDR4 SDRAM
  - 128 GB DDR4 SDRAM

4. SIMATIC IPC 1047E

- Dos opciones de procesador:
  - 2x Intel Xeon SP Silver 4210 10C/ 20T - 2,2GHz/ 3,2GHz
  - 2x Intel Xeon SP Gold 6230 20C/ 40T - 2,1GHz/ 3,9GHz
- Almacenamiento: 1× SSD 1TB M.2 NVMe + 2× SSD 1.92 TB
- Cuatro opciones de RAM:
  - 128 GB DDR4 ECC
  - 192 GB DDR4 ECC
  - 256 GB DDR4 ECC
  - 384 GB DDR4 ECC

- Dos opciones de tarjeta gráfica (o sin ella):
  - 1× Nvidia Quadro RTX5000
  - 1× Nvidia Quedro RTXA4000
- 5. SIMATIC IPC RS-828<sup>a</sup>
  - Procesador: 2× AMD EPYC 9254 (24C/48T, 2.9 (4.15GHz), 128MB Cache
  - Almacenamiento incluye: RAID 1, 2×2TB 2,5” U,3 NVMe SSD
    - Adicional: 1×1TB SSD M.2 NVMe
    - Adicional: 2×1TB SSD M.2 NVMe
  - Tres opciones de RAM:
    - 256 GB DDR5-4800MHz RDIMM ECC
    - 512 GB DDR5-4800MHz RDIMM ECC
    - 1 TB DDR5-4800MHz RDIMM ECC
  - Cuatro opciones de tarjeta gráfica (o sin ella):
    - (1x/2x/3x/4x) NVIDIA L4 (24GB RAM DDR6; 7424 CUDA Cores; 58 RT Cores; 232 Tensor Cores; 30,3 TFLOPS) 1 Slot ocupado por tarjeta

El precio de los IPCs en Siemens está sujeto a descuentos y es complicado dar un precio concreto actualmente. Sin embargo, se han citado en orden de mayor a menor precio. [25]

Concretamente en el sector educativo, los descuentos son los más elevados y en los que menos beneficio tiene como objetivo sacar la empresa ya que tiene otras ventajas venderles. Por ejemplo, al tener productos de Siemens en los centros, cuando los alumnos salgan al mercado laboral tendrán conocimiento de estos productos lo cual es beneficioso para la empresa.

Actualmente no se venden IPC en este sector, por tanto, no se sabe el descuento que podría hacerse ya que depende directamente de la sede central en Alemania. Dichos descuentos tendrán que ser suficientemente atractivos para hacer frente a otras posibles soluciones como las que se mencionan más adelante.

Para tener una idea aproximada de los descuentos en el sector educativo, se va a hacer la comparativa de la venta en de un producto en industria y el precio para escuelas. Concretamente para una CPU S7-1215C, cuyo precio en un distribuidor oficial es de 656 € [26] y una licencia de Step 7 Basic con un precio de 612,64 € [27] haciendo un total de 1.268,64 €. Por otro lado, en el catálogo del sector educativo [28] se encuentra un paquete de 6 CPUs más 6 licencias de Step 7 Basic y 6 cables ethernet por 2.175,35 €.

Por tanto, se podría esperar un descuento aproximado de:

$$\frac{(1.268,64 \times 6) - 2.175,35}{(1.268,64 \times 6)} \times 100 = \mathbf{71,42\%}$$

Otra ventaja que ofrece Siemens es la venta de paquetes tal y como se ha mencionado. La venta del proyecto se podría lanzar con una oferta que incluya las licencias necesarias para que los alumnos puedan usar TIA Portal y este ya el servidor preconfigurado con el sistema operativo y las licencias.

No obstante, como se ha mencionado, es difícil hacer una estimación del precio final ya que depende de Siemens en Alemania.

## ***7.2 Posible competidor***

Para hacer una idea del precio que debería tener el proyecto respecto a posibles competidores, se va a analizar el precio de 2 grandes marcas de ordenadores (no industriales).

- HP Z8 G5 Estación de trabajo PC, 7.494,95€ [29].

Dicho PC dispone de todas las características necesarias para montar el servidor, además incluye tarjeta gráfica [21] (idéntica a la incluida en el prototipo, por lo que se sabe que funcionaría bien en caso de usar NX) y un almacenamiento de 512GB, expansible hasta 1TB. Sin embargo, de serie viene con 64GB de memoria RAM, por lo que para un buen funcionamiento no se recomendarían más de 5 usuarios simultáneos. La empresa NetWork, de donde se han sacado los precios, no dispone la posibilidad de aumentar la memoria RAM,

pero para hacer una comparación se ha visto que el precio de un módulo de memoria RAM de 32GB es de 273,95€ [30]

- Precision 7960 Tower Workstation de la marca DELL [31].

Este modelo ofrece diferentes opciones. La más interesante para el proyecto es la que dispone de 128 GB de memoria RAM ya que permitiría al menos 10 usuarios simultáneos con un rendimiento bueno. Este modelo tiene un precio de 8.838,96 € (aplicando el cambio de dólares a euros actual [32]). También ofrece la misma tarjeta gráfica ya vista y un almacenaje de 1TB

## **Capítulo 8. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

El proyecto ha demostrado con éxito la viabilidad de implementar un entorno de trabajo para la formación en ingeniería y entorno de automatización, utilizando tecnologías de Microsoft (Windows Server 2022, Hyper-V) y productos de Siemens, tanto hardware como software. Consiguiendo así que varios usuarios puedan trabajar de manera simultánea, en local y de forma sencilla.

En este documento se han expuesto diferentes arquitecturas que se pueden seguir en base a las necesidades de la escuela, con sus correspondientes ventajas y desventajas. Esto se resume en la Tabla 3 que se puede ver en el apartado 4.1.2.

Con este servidor, los alumnos podrán usar cualquier ordenador (aunque no cumplan los requisitos de recursos que requieran algunos programas) para utilizar software de programación y simulación como los que se usan en la industria, haciendo accesible este servicio, con descuentos de hasta 80% con la intención por parte de Siemens de que haya en el futuro profesionales que han utilizado material de la empresa durante su proceso de educación en la materia.

Además, el uso de un servidor centralizado como el propuesto ofrece una ventaja significativa frente a la opción de ordenadores individuales o el uso de máquinas virtuales: permite optimizar el uso de la memoria RAM a medida que aumenta el número de usuarios, ya que los procesos de servicios comunes (como carga de aplicaciones o librerías compartidas) se ejecutan una sola vez en el sistema. Por su parte, también incluye las ventajas de máquinas virtuales con la capacidad de tener memoria dinámica o compartida en función de la necesidad de cada usuario.

Por otro lado, utilizar un IPC para un servidor de este estilo ofrece grandes ventajas, como puede ser su vida útil o la escalabilidad gracias a los módulos de ampliación que dispone, pudiendo así ajustar sus características a las necesidades de cada escuela o universidad.

Teniendo en cuenta que estos productos suelen tener precio elevado por sus grandes características pero que se ve muy reducido por las ofertas mencionadas.

A lo largo del documento se ha mencionado que el objetivo último sería crear un prototipo para vender a industria, este paso sería la continuación de este trabajo, ajustando la configuración y añadiendo características, de forma que se pueda diferenciar del competidor vendiendo una solución hardware y software ya configurada.

## Capítulo 9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gujar, S. (2025, febrero). *Mercado de controladores lógicos programables*. Global Market Insights. Recuperado el 22 de abril de 2025, de <https://www.gminsights.com/es/industry-analysis/programmable-logic-controller-market>
- [2] Siemens AG. (s.f.). *Catálogo IPC*. Recuperado el 22 de abril de 2025, de <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-computing.html>
- [3] Gobierno Vasco, Departamento de Educación. (2025, febrero). *Euskoskills 2025*. Recuperado el 23 de abril de 2025, de <https://www.euskadi.eus/euskoskills-2023-es/web01-a2hlanhz/es/>
- [4] Siemens AG. (2024, noviembre 7). *SIMATIC STEP 7 incl. Safety, S7-PLCSIM and WinCC V20 TRIAL*. Recuperado el 23 de abril de 2025, de <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109963850>
- [5] Siemens AG. (2023, noviembre). *SIMATIC S7-PLCSIM Advanced V6.0*. Recuperado el 23 de abril de 2025, de <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109821388>
- [6] Siemens AG. (2024, diciembre 20). *NX™ December 2024 Release*. Recuperado el 23 de abril de 2025, de <https://blogs.sw.siemens.com/nx-design/nx-december-2024-release-download-now/>
- [7] Advantech. (s.f.). *Embedded PCs*. Recuperado el 25 de abril de 2025, de [https://www.advantech.com/en-us/products/embedded-pcs/sub\\_f7e91925-0eb5-49f9-b869-af4859231d04](https://www.advantech.com/en-us/products/embedded-pcs/sub_f7e91925-0eb5-49f9-b869-af4859231d04)
- [8] Beckhoff Automation GmbH & Co. KG. (s.f.). *Industrial PCs*. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://www.beckhoff.com/en-us/products/ipc/pcs/>
- [9] Rockwell Automation. (s.f.). *Computadoras industriales VersaView 5400*. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://www.rockwellautomation.com/es-es/products/hardware/allen-bradley/industrial-computers-monitors/industrial-computers/6200-versaview-5400-industrial-computer.html>
- [10] Siemens AG. (s.f.). *SIMATIC IPC1047E – Ordenador industrial en formato rack 19", 4U*. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/?mlfb=6BK1801-1....-...mall.industry.siemens.com+5mall.industry.siemens.com+5mall.industry.siemens.com+5>

- [11] Martín, M. (2025, enero 21). *Switch de red: qué es, características y cuáles son los mejores*. PcComponentes. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://www.pccomponentes.com/switch-de-red-que-es-caracteristicas-y-los-mejores>
- [12] Siemens AG. (s.f.). *SCALANCE XC208G – Switch gestionado Layer 2 IE*. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/6GK5208-0GA00-2AC2>
- [13] Siemens AG. (s.f.). *SCALANCE XC416-8 – Switch gestionado Layer 3 IE*. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6GK5424-8TR00-2AC2>
- [14] Wikipedia. (s.f.). *Windows Server 2022*. Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Windows\\_Server\\_2022](https://es.wikipedia.org/wiki/Windows_Server_2022)
- [15] Microsoft. (2024, febrero 11). *Comparación de ediciones de Windows Server*. Microsoft Learn. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de <https://learn.microsoft.com/es-es/windows-server/get-started/editions-comparison?pivots=windows-server-2022>
- [16] Microsoft. (s.f.). *Paquete de licencias de Windows Server 2022 Standard CAL 16 núcleos + 10 CAL*. Microsoft Store España. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de <https://www.microsoft.com/es-es/d/cal-de-windows-server-2022-standard/dg7gmgf0d6m5/0002>
- [17] NAKIVO Team. (2023, 1 de junio). *Conmutadores virtuales Hyper-V: Tipos y configuración*. NAKIVO. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de <https://www.nakivo.com/es/blog/hyper-v-networking-virtual-switches/>
- [18] Siemens AG. (2025, febrero). *TIA Portal Cloud – Application Manual* (Versión A5E54374077-AA). Recuperado el 7 de mayo de 2025, de [https://support.industry.siemens.com/dl/files/421/109826421/att\\_1161789/v11/TIAPCloudReadmeenUS\\_en-US.pdf](https://support.industry.siemens.com/dl/files/421/109826421/att_1161789/v11/TIAPCloudReadmeenUS_en-US.pdf)
- [19] Siemens AG. (2024, noviembre). *TIA Portal V20 – Guía de instalación de STEP 7 y WinCC* (Versión A5E54374077-AA). Recuperado el 7 de mayo de 2025, de [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/850/109963850/att\\_1304955/v1/Install\\_STEP7\\_WinCC\\_V20\\_enUS.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/850/109963850/att_1304955/v1/Install_STEP7_WinCC_V20_enUS.pdf)
- [20] Siemens AG. (2024, noviembre). *TIA Portal Openness*. En *Manual Collection S7-1500/ET 200MP* (Versión 20). Recuperado el 7 de mayo de 2025, de [https://docs.tia.siemens.cloud/r/simatic\\_s7\\_1500\\_et\\_200mp\\_manual\\_collection\\_enus\\_20/basic-information/simatic-drive-controller/flexible-automation-concepts/tia-portal-openness](https://docs.tia.siemens.cloud/r/simatic_s7_1500_et_200mp_manual_collection_enus_20/basic-information/simatic-drive-controller/flexible-automation-concepts/tia-portal-openness)

- [21] NVIDIA Corporation. (s.f.). *Tarjetas gráficas GeForce RTX serie 40*. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de <https://www.nvidia.com/es-es/geforce/graphics-cards/40-series/>
- [22] Siemens AG. (2018, octubre). *Readme SIMATIC S7-PLCSIM Advanced V2.0 SP1 (A5E38332429-AE)*. Recuperado el 3 de junio de 2025, de [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/848/109758848/att\\_965009/v1/s7plesim\\_advanced\\_readme\\_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/848/109758848/att_965009/v1/s7plesim_advanced_readme_en-US.pdf)
- [23] Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. (s.f.). *Objetivos de desarrollo sostenible*. EUR-Lex. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de <https://eur-lex.europa.eu/ES/legal-content/glossary/sustainable-development-goals.html>
- [24] Siemens Digital Industries Software. (s.f.). *Ubicaciones de oficinas*. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de <https://www.sw.siemens.com/es-ES/office-locations/>
- [25] Siemens AG. (s.f.). *SIEPortal – Portal de información técnica y comercial*. Recuperado el 5 de junio de 2025, de <https://sieportal.siemens.com/es-es/home>
- [26] Automation24. (s.f.). *Siemens CPU 1215C - 6ES7215-1AG40-0XB0*. Recuperado el 5 de junio de 2025, de <https://www.automation24.es/siemens-cpu-1215c-6es7215-1ag40-0xb0>
- [27] Soluciones y Servicios. (s.f.). *SIMATIC STEP 7 Basic V20 - 6ES7822-0AA24-0YA5*. Recuperado el 5 de junio de 2025, de <https://www.solucionesyservicios.biz/SIMATIC-STEP-7-Basic-V20-6ES7822-0AA24-0YA5>
- [28] Siemens AG. (2025, febrero). *Catálogo Formativo Siemens Ed. 02/25 - Revisión*. Recuperado el 5 de junio de 2025, de <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:e5299b63-6f43-4d15-84a3-b54a805d88f3/Catalogo-Formativo-Siemens-Ed.-02-25-Revision-.pdf>
- [29] Network Hardwares. (s.f.). *HP 85F26UT#ABA – Estación de trabajo Z8 G5 con procesador Intel Xeon Gold 5416S, 64 GB RAM, 512 GB SSD, NVIDIA RTX A4000*. Recuperado el 27 de mayo de 2025, de <https://www.networkhardwares.com/es-es/products/hp-85f26ut-aba-hp-85f26utaba-workstations-85f26ut-aba-trabajo-estaciones-planes-trabajo>
- [30] Network Hardwares. (s.f.). *Axiom 32GB DDR5-5600 ECC RDIMM TAA Compliant – AXG1149102516/1*. Recuperado el 27 de mayo de 2025, de <https://www.networkhardwares.com/es-es/products/axiom-axg1149102516-1-axiom-32gb-ddr5-5600-ecc-rdimm-taa-compliant-axg1149102516-1>

- [31] Dell Technologies. (s.f.). *Precision 7960 Tower Workstation*. Recuperado el 27 de mayo de 2025, de <https://www.dell.com/en-us/shop/desktop-computers/precision-7960-tower-workstation/spd/precision-t7960-workstation>
- [32] Wise. (s.f.). *Conversor de divisas: 1.000 EUR a USD*. Recuperado el 27 de mayo de 2025, de <https://wise.com/es/currency-converter/eur-to-usd-rate?amount=1000>
- [33] MSFTWebCast. (s.f.). *Windows Server 2022 Video Tutorials for Beginners* [Lista de reproducción]. YouTube. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de <https://www.youtube.com/playlist?list=PLUZTRmXEpBy1AdznospPeOSyoYBMQLh2r>
- [34] Microsoft. (s.f.). *Windows Server 2022 | Microsoft Evaluation Center*. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de <https://www.microsoft.com/en-us/evalcenter/download-windows-server-2022>
- [35] Batard, P. (s.f.). *Rufus – Cree unidades USB arrancables fácilmente*. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de <https://rufus.ie/es/>

## **ANEXO I (CONFIGURACIÓN WS STANDARD)**

Para montar el primer prototipo se han empleado los siguientes componentes que ya se han mencionado:

- SIMATIC IPC1047E
- Windows Server 2022 Edición Standard

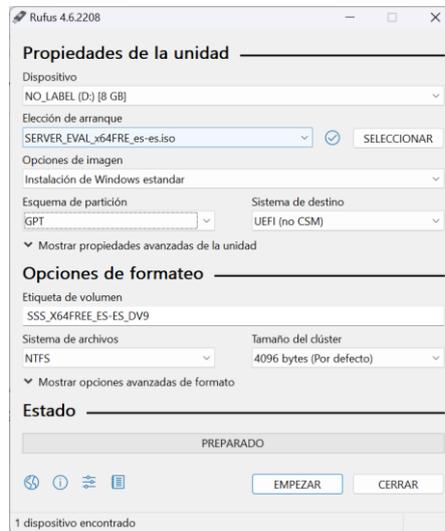
Para una correcta configuración del sistema operativo, se hizo una investigación de sus funciones para ver que ofrecía y como se podía aprovechar todas sus funciones que fuesen útiles para la idea. [33]

A continuación, se citan los pasos seguidos para la configuración:

### **1. Instalación del sistema operativo**

Descargar e instalar desde la BIOS del IPC el SO, descargable en la página oficial de Microsoft. [34]

Una vez se tiene la ISO, se introduce en un USB (mínima capacidad 8GB, idealmente 16GB) usando RUFUS, tal y como se muestra en Ilustración 18 [35].



*Ilustración 18: Interfaz RUFUS*

Una vez la imagen del SO está en el USB, se conecta en el IPC (será necesario entrar en la BIOS y configurar que arranque con la lectura del USB) y se completan los pasos de la instalación. Será necesario elegir la opción de la edición Standard basado en escritorio.

## 2. Configuración del servidor

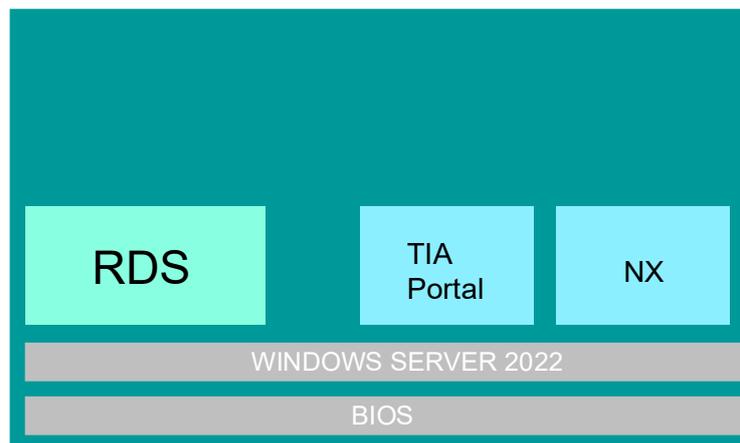
- a. Cambiar información básica del ordenador (nombre del equipo y hora).
- b. Configurar las direcciones IPv4 para que estén en rango con los ordenadores que se van a conectar (en el prototipo, el host tendrá  $IPv4 = 10.10.1.10$  y *máscara de subred* = 255.255.255.0).
- Instalar servicios de dominio de Active Directory y servidor DNS.
  - c. Promover el servidor a controlador del dominio (el dominio, para seguir la nomenclatura de Siemens, se le ha puesto el nombre *simatic.com*).

## 3. Grupos y usuarios

En el apartado de usuarios y equipos de AD (Active Directory) se creará un grupo de usuarios, concretamente para realizar pruebas con TIA Portal se ha creado el grupo TIA\_Portal, pero podría tener cualquier nombre adecuado a su función. Una vez creado el grupo, se crean los usuarios que sean necesarios, tanto normales como de administradores.

- En las políticas de grupo será necesario “dar de alta” al grupo TIA\_Portal y asociarles los permisos adecuados (en el caso de los alumnos, se les restringirá accesos a ciertos programas, como puede ser el ALM, programa de manejo de licencias para TIA Portal, para que no puedan quitar las licencias sin permiso).
  - **Habilitar RDS (Remote Desktop Service o servicio de escritorio remoto).**
- 4. Crear carpetas compartidas**
- Esto será especialmente útil para las escuelas, por ello se ha realizado una prueba para comprobar que funciona adecuadamente. En ella los profesores podrán tener acceso a los ejercicios de sus alumnos sin necesidad de subir los proyectos a la nube.
- 5. Instalar Software que se vayan a emplear (TIA Portal).**

Una vez realizados esos 6 pasos, quedaría configurado el servidor con la edición Standard. En la Ilustración 19 se ve como quedaría organizado el servidor, instalando en el algún programa de ejemplo. Los alumnos, atacando a la dirección IP 10.10.1.10, se conectan al RDS, obteniendo acceso a un escritorio con todos los programas ya instalados que indica la ilustración.



*Ilustración 19: Estructura con edición Standard*

## ANEXO II (SCRIPT VISUAL STUDIO)

### Script principal:

```
using OpennessTIA;
using System;
using System.Threading;
using System.Windows.Forms;

namespace TIAgenerator
{
    internal class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            // Crear una nueva instancia de TIA Portal
            TIA_V19 newTIA = new TIA_V19();
            newTIA.CreateTIAinstance(true); // Con interfaz gráfica

            Thread.Sleep(10000);

            // Ruta y nombre del proyecto
            string projectPath =
@"C:\Users\Admin_Dominio\Desktop\Script_comun\TFM_PruebaRendimiento\TFM_PruebaRendimiento.ap19";

            // Abrir el proyecto
            newTIA.OpenProject(projectPath);

            Thread.Sleep(10000);

            //Compilación mediante comandos de teclado
            SendKeys.SendWait("%{F7}");

            // Pequeña pausa para asegurar la ejecución secuencial
            Thread.Sleep(100);

            // Enviar F6 cuatro veces
            for (int i = 0; i < 4; i++)
            {
                SendKeys.SendWait("{F6}");
                Thread.Sleep(100);
            }

            // Enviar Enter
            SendKeys.SendWait("{ENTER}");
            Thread.Sleep(100);
        }
    }
}
```

```
// Enviar Shift
SendKeys.SendWait("{TAB}");
Thread.Sleep(100);

// Enviar Flecha hacia abajo cuatro veces
for (int i = 0; i < 4; i++)
{
    SendKeys.SendWait("{DOWN}");
    Thread.Sleep(100);
}

// Enviar Ctrl + B
SendKeys.SendWait("^b");

Console.WriteLine("Presiona Enter para salir.");
Console.ReadLine();
}
}
}
```

## Librería de interacción con TIA Portal:

```
using Siemens.Engineering;
using System;
using System.IO; // Necesario para FileInfo

namespace OpennessTIA
{
    public class TIA_V19
    {
        public TiaPortal InstTIA { get; private set; } // Instancia de TIA Portal
        public Project CurrentProject { get; private set; } // Proyecto abierto

        // Método para crear la instancia de TIA Portal
        public void CreateTIAinstance(bool guiTIA)
        {
            try
            {
                if (guiTIA)
                {
                    InstTIA = new TiaPortal(TiaPortalMode.WithUserInterface);
                    Console.WriteLine("TIA Portal iniciado con GUI.");
                }
                else
                {
                    InstTIA = new TiaPortal(TiaPortalMode.WithoutUserInterface);
                    Console.WriteLine("TIA Portal iniciado sin GUI.");
                }
            }
            catch (Exception ex)
            {
                Console.WriteLine($"Error al crear la instancia de TIA Portal:
{ex.Message}");
            }
        }

        // Método para abrir un proyecto
        public void OpenProject(string projectPath)
        {
            try
            {
                if (InstTIA == null)
                {
                    throw new InvalidOperationException("La instancia de TIA
Portal no está inicializada.");
                }

                // Convertir la ruta del proyecto en un objeto FileInfo
                FileInfo projectFile = new FileInfo(projectPath);

                // Abrir el proyecto
                CurrentProject = InstTIA.Projects.Open(projectFile);
                Console.WriteLine($"Proyecto abierto: {CurrentProject.Name}");
            }
        }
    }
}
```

```
    }  
    catch (Exception ex)  
    {  
        Console.WriteLine($"Error al abrir el proyecto: {ex.Message}");  
    }  
}  
}
```

## ANEXO III (FOTOS DATA CENTER)

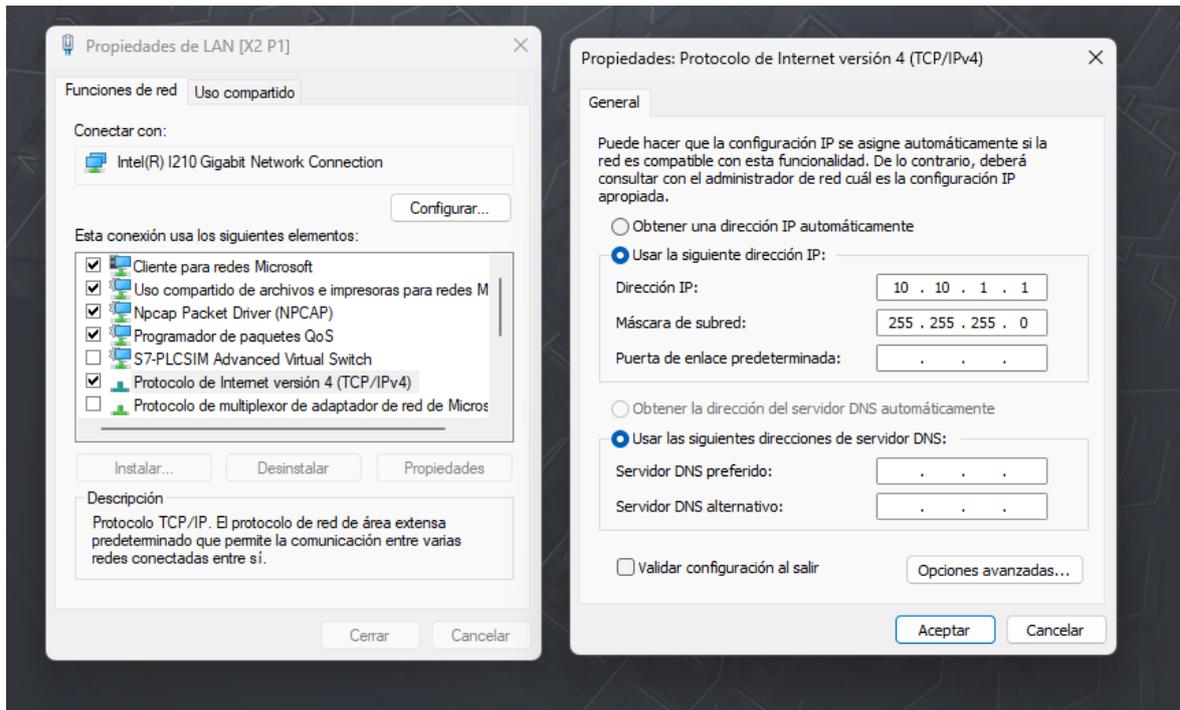


*Ilustración 20: Carga simultánea simulación y físico*

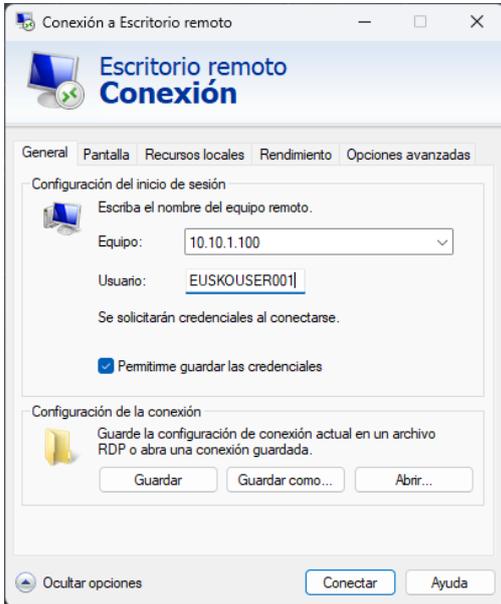


*Ilustración 21: Euskoskills*

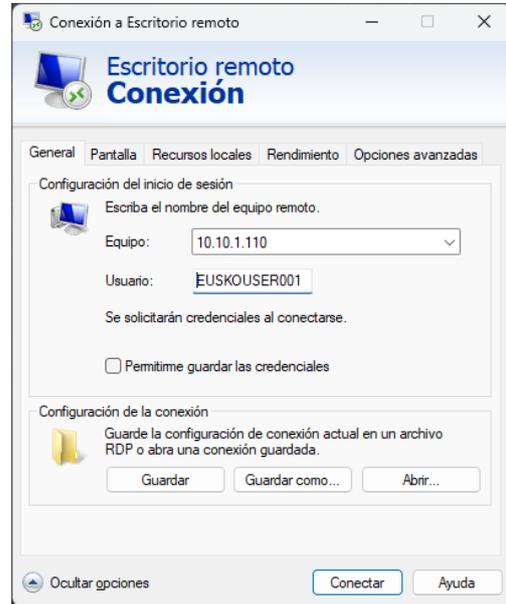
## ANEXO IV (RDP)



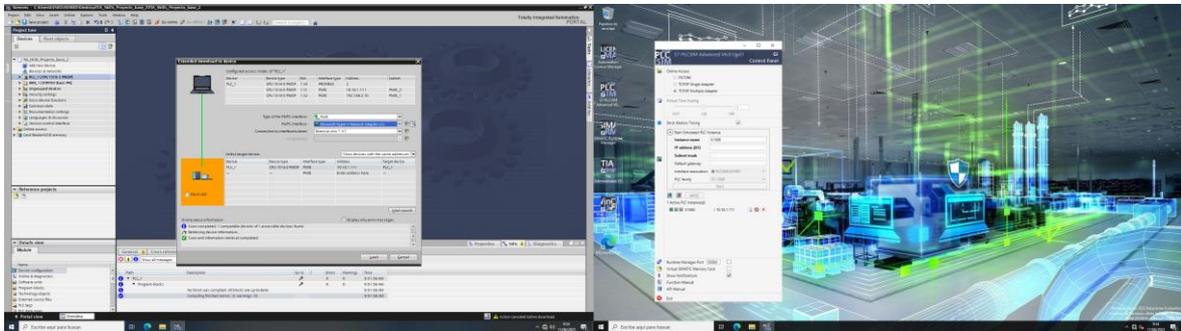
*Ilustración 22: IP del PC personal en dominio*



*Ilustración 23: Escritorio remoto a MV ingeniería*



*Ilustración 24: Escritorio remoto a MV RT*



*Ilustración 25: MV TIA Portal y PLCSIM Advanced*