

SEGUIMIENTO Y PROCESO DE EVALUACIÓN DETALLADO

PROYECTO: EL GEMELO DIGITAL COMO ACELERADOR DE LA I4.0 EXTREMEÑA

CONVOCATORIA: Curso Académico 2025/2026 (Circular N° 12/2025)

CENTROS: IES Santiago Apóstol (Almendralejo) e IES Javier García Téllez (Cáceres)

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

- **Título del proyecto:** "EL GEMELO DIGITAL COMO ACELERADOR DE LA I4.0 EXTREMEÑA"
- **Persona coordinadora:** Juan Carlos Obregón Crespo (IES Santiago Apóstol) / Suplente: Francisco Redondo López
- **Centros participantes, ciclos y alumnado:**
 - **IES Santiago Apóstol:** 32 alumnos de 2º curso del CFGS en Automatización y Robótica Industrial (módulos de *Integración de sistemas de automatización industrial* y *Sistemas de medida y regulación*).
 - **IES Javier García Téllez:** 45 alumnos del CFGS en Automatización y Robótica Industrial (25 alumnos de 1º curso en tareas de configuración física y 20 alumnos de 2º curso en programación avanzada).
- **Empresas u organismos participantes:** IRIA (Incubadora de Realidades Inmersivas de Almendralejo - FUNDECYT-PCTEX) y COMPUTAEX (Centro de Supercomputación de Extremadura).

2. SÍNTESIS DEL PROCESO DE EVALUACIÓN LLEVADO A CABO

Se ha implementado un sistema de evaluación continua, formativa y basada en retos (ABR) estructurado en tres grandes hitos concurrentes con el desarrollo del proyecto:

1. **Evaluación Diagnóstica (Enero-Febrero):** Enfocada en el análisis técnico de la estación física FESTO MPS PA y la viabilidad del diseño 3D inicial.
2. **Evaluación Formativa Intermedia (Marzo-Abril):** Centrada en la calidad del código del PLC, la parametrización de los lazos PID de fluidos y el mapeo de variables mediante protocolos IoT.
3. **Evaluación Sumativa Final (Mayo-Junio):** Destinada a validar la fidelidad en tiempo real del Gemelo Digital y el impacto del conocimiento transferido al alumnado y profesorado.

3. RÚBRICAS DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Rúbrica Técnica: Diseño, Modelado 3D e Integración de Sistemas

Híbridos

Criterio de Evaluación	Insuficiente (1 pt)	En Proceso (2 pts)	Aceptable (3 pts)	Excelente (4 pts)
Fidelidad del Modelado 3D (Siemens NX)	El modelo virtual carece de proporciones reales o faltan más del 40% de los componentes neumáticos y sensores de la estación FESTO.	Modelo geométrico completo, pero carece de propiedades cinemáticas adecuadas. Los componentes no se mueven de forma realista.	Modelado preciso de la estación modular. Incluye sensores y actuadores con restricciones físicas correctas, pero con desfases visuales menores.	Réplica exacta a escala 1:1 con todas las propiedades cinemáticas, texturas industriales y restricciones físicas perfectamente integradas.
Configuración de Redes y Protocolos IoT	Incapacidad para establecer comunicación entre el PLC físico y el software de simulación. Pérdida masiva de paquetes de datos.	Conexión intermitente. Se leen algunas variables de la estación (ej. nivel), pero la comunicación bidireccional falla constantemente.	Comunicación estable mediante protocolos industriales (OPC UA / MQTT). Mapeo correcto del 80% de las variables críticas de proceso.	Conectividad perfecta bidireccional en tiempo real con latencia inferior a 50ms. Sincronización total del 100% de las variables.
Programación del Autómata y Lógica PID	El código estructurado presenta errores de sintaxis graves. No ejecuta las rutinas de parada de emergencia ni control básico de la planta.	El PLC ejecuta el control de la planta física de forma manual o rudimentaria, pero no procesa instrucciones desde el entorno virtual del gemelo.	Lógica de control PID implementada correctamente para caudal, presión y temperatura. El automatismo responde bien al entorno híbrido.	Código optimizado, estructurado y documentado de forma impecable. Control PID autoajustable con gestión avanzada de alarmas y fallos.

Rúbrica de Competencias Transversales en Entornos de Innovación (Living Lab)

Criterio de Evaluación	Insuficiente (1 pt)	En Proceso (2 pts)	Aceptable (3 pts)	Excelente (4 pts)
Trabajo Colaborativo e Intercentro	Aislamiento total. Los alumnos de un centro no conocen el flujo de trabajo del otro. Falta absoluta de comunicación.	Coordinación esporádica solo ante requerimientos de entrega obligatorios. Conflictos recurrentes en la integración del software.	Buena comunicación a través de herramientas cloud. Sincronización efectiva entre el equipo de diseño y el equipo de programación.	Sinergia total. Funcionamiento como un único equipo de ingeniería industrial. Co-diseño fluido y soporte mutuo inmediato.
Resolución de Retos Complejos (ABR)	Ante un problema técnico imprevisto, el equipo se bloquea y abandona el reto, esperando la resolución del profesor.	Identifica el problema técnico, pero propone soluciones superficiales que no atajan la causa raíz del fallo en la estación de procesos.	Investiga y desarrolla soluciones técnicas viables aplicando el método de prueba y error. Logra optimizar el proceso de manera funcional.	Metodología científica ejemplar: plantea hipótesis, analiza datos masivos, diseña soluciones innovadoras y las valida con éxito.

4. RESULTADOS CUANTITATIVOS E INDICADORES DE CONSECUCCIÓN

Tras evaluar a los 77 alumnos implicados en el proyecto mediante los descriptores de las rúbricas anteriores, se obtuvieron las siguientes tasas de consecución por área de competencia clave:

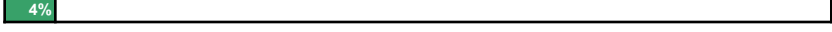
Porcentaje de Logro por Competencia Examinada

Área de Competencia Clave	Porcentaje de Consecución Promedio	Nota Media Equivalente (0-10)	Visualización Gráfica del Rendimiento
Modelado 3D Mecatrónico	92.5 %	9.25	
Programación PLC y Lazos PID	88.0 %	8.80	

Área de Competencia Clave	Porcentaje de Consecución Promedio	Nota Media Equivalente (0-10)	Visualización Gráfica del Rendimiento
			
Integración Redes IoT e HMI	85.5 %	8.55	
Mantenimiento Predictivo Virtual	81.0 %	8.10	
Trabajo Colaborativo Intercentro	95.0 %	9.50	

Evolución Temporal de Incidencias y Errores Técnicos Reincidentes

El siguiente gráfico muestra el análisis evolutivo del porcentaje medio de fallos o desajustes críticos detectados en los bloques técnicos de los proyectos a lo largo de las tres fases temporales, evidenciando el éxito del proceso corrector de la evaluación formativa:

Enero (48%)	
Febrero (42%)	
Marzo (31%)	
Abril (18%)	
Mayo (4%)	
Junio (1%)	

5. CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN

- **Eficacia del Modelo Living Lab:** El desarrollo de las competencias asociadas al mantenimiento predictivo virtual alcanzó un excelente 81%, demostrando que la simulación hiperrealista síncrona dota al alumno de destrezas críticas avanzadas sin poner en riesgo la integridad operativa de las estaciones reales.
- **Éxito del Trabajo Intercentro:** La máxima puntuación obtenida en trabajo colaborativo (95%) valida la arquitectura pedagógica y de comunicación cloud empleada entre Cáceres y Almendralejo, simulando los entornos de trabajo deslocalizados de la ingeniería industrial actual.