

Smart Global Manufacturing

UOC

Juan Alfonso Merino Beltrán

Máster Universitario en Desarrollo
de sitios y aplicaciones web

Informática, Multimedia y Telecomunicación

Consultor:

Ignasi Lorente Puchades

Profesor:

César Pablo Córcoles Briongos

Universitat Oberta
de Catalunya

Fecha de entrega:

16/01/2023

FICHA DEL TRABAJO FINAL

Título del trabajo:	<i>Smart Global Manufacturing</i>
Nombre del autor:	<i>Juan Alfonso Merino Beltrán</i>
Nombre del consultor/a:	<i>Ignasi Lorente Puchades</i>
Nombre del PRA:	<i>César Pablo Córcoles Briongos</i>
Fecha de entrega (mm/aaaa):	<i>01/2023</i>
Titulación o programa:	Desarrollo de sitios y aplicaciones web
Área del Trabajo Final:	<i>Informática, Multimedia y Telecomunicación</i>
Idioma del trabajo:	<i>Castellano</i>
Palabras clave	<i>MES, OEE, Dashboard, MQTT</i>
Resumen del Trabajo	
<p>Smart Global Manufacturing tiene como finalidad el uso de la tecnología web, en la gestión de la eficiencia en procesos productivos, ofreciendo al usuario información basada en el cálculo del OEE (Overall Equipment Effectiveness). Se trata de un indicador muy extendido a la hora de conocer el rendimiento en tiempo real de líneas productivas y poder medir el resultado de posibles impactos de las mejoras aplicadas.</p> <p>Se establece una metodología de desarrollo de aplicaciones, basada en diversas tecnologías web, que facilita tanto el desarrollo como el mantenimiento y la escalabilidad de la plataforma.</p> <p>El uso de del protocolo de comunicación MQTT para recolectar los datos de producción, posibilita el poder integrar dispositivos propios de las tecnologías aplicadas en la industria como pueden ser PLCs u otros controladores que, en los últimos años se han adaptado a los protocolos propios de la tecnología M2M (Machine to machine) de uso extendido tras la aparición del concepto</p>	

Industria 4.0

Finalmente hemos obtenido una aplicación mínima viable que permite validar la plataforma como una herramienta funcional y escalable a diferentes realidades, pudiendo dar respuesta a corporaciones con plantas productivas alrededor del mundo y a su vez adaptarse en costes a las necesidades de empresas locales.

Abstract

Smart Global Manufacturing's purpose is the use of web technology, in the management of efficiency in production processes, offering the user information based on the OEE (Overall Equipment Effectiveness) calculation. This is a very widespread indicator when it comes to knowing the real-time performance of production lines and being able to measure the result of possible impacts of the improvements applied.

An application development methodology is established, based on various web technologies, which facilitates both the development and maintenance and scalability of the platform.

The use of the MQTT communication protocol to collect production data makes it possible to integrate devices typical of the technologies applied in the industry, such as PLCs or other controllers that, in recent years, have adapted to the protocols of the concept M2M (Machine to machine) widely used after the appearance of the Industry 4.0 concept

Finally, we have obtained a minimum viable application that allows us to validate the platform as a functional and scalable tool to different realities, being able to respond to corporations with production plants around the world and, in turn, adapt costs to the needs of local companies.

Índice

1.	Introducción.....	1
2	Contexto y justificación del Trabajo.....	2
2.1	Representación geográfica de los valores	5
2.2	Diagrama Cuadro de mandos global	6
2.3	Registro de incidencias	6
2.4	Configuración de nuevos activos	7
3	Objetivos del Trabajo	9
3.1	Impacto en sostenibilidad, ético-social y de diversidad	10
4	Planificación del Trabajo	11
5	Productos obtenidos	14
6	Estudio del público objetivo.....	15
6.1	Definición del público objetivo	15
7	Definición de las personas usuarias y sus necesidades	20
7.1	Persona 1 (Pedro – Responsable de producción).....	20
7.2	Persona 2 (Lucía – Operaria de máquina)	23
8	Contextos de acceso (trigger points).....	26
8.1	Contexto de acceso para Persona 1 (Pedro – Encargado de la producción).....	27
8.2	Contexto de acceso para Persona 2 (Lucía – Operaria de máquina) .	29
9	Materiales y métodos	30
9.1	Arquitectura general de la aplicación	30
9.2	Arquitectura de comunicaciones en planta.....	31
9.3	Plataforma de desarrollo	32
9.4	Proceso de desarrollo	32

9.5	Estructura de datos	34
9.6	Sitemap	39
9.7	Diseño de la interacción (Página a pantalla completa).....	40
9.8	Perfiles de usuario.....	46
9.9	Flujo de usuario.....	47
9.10	tiempoUsabilidad/UX	47
9.11	Seguridad.....	48
9.12	Tests	49
9.13	Versiones	50
10	Presupuesto	53
11	Resultados	55
11.1	Configuración del entorno de desarrollo	55
11.2	Implementación de la aplicación backend.....	55
11.3	Implementación de la aplicación frontend	56
11.4	Comunicación con las máquinas de proceso.....	56
11.5	Pruebas finales en entorno simulado	57
11.6	Resultados finales.....	57
12	Conclusiones y trabajos futuros	58
13	Glosario.....	60
14	Bibliografía	61
15	Anexos	62
15.1	Imágenes de la documentación de la API Rest mediante implementación de la tecnología Swagger.....	62
15.2	Pruebas API Rest con Thunder Client	63
15.3	Imágenes de la aplicación en entorno de test.....	65

Lista de tablas

Tabla 1 Listado de actividades del proyecto.....	12
Tabla 2 Listado de objetos	34
Tabla 3 Estructura de datos para objeto "MÁQUINA"	36
Tabla 4 Estructura de datos para objeto "LÍNEA DE PRODUCCIÓN"	36
Tabla 5 Estructura de datos para objeto "PLANTA PRODUCTIVA"	37
Tabla 6 Estructura de datos para objeto "CORPORACIÓN"	37
Tabla 7 Estimación horas de dedicación.....	54

Lista de ilustraciones

Ilustración 1	Árbol de eficiencia tipo	5
Ilustración 2	Representación gráfica de los valores	5
Ilustración 3	Planificación del proyecto (Gant)	13
Ilustración 4	User Persona 1	20
Ilustración 5	User Persona 2	23
Ilustración 6	Arquitectura de la aplicación	31
Ilustración 7	Arquitectura de comunicación en planta	31
Ilustración 8	Esquema UML	38
Ilustración 9	Sitemap de la aplicación	40
Ilustración 10	Dimensiones de pantalla.....	41
Ilustración 11	Prototipo pantalla login.....	42
Ilustración 12	Prototipo pantalla nivel corporación	42
Ilustración 13	Prototipo pantalla nivel corporación (menú desplegado)	43
Ilustración 14	Prototipo pantalla nivel planta	43
Ilustración 15	Prototipo pantalla nivel planta (menú desplegado)	44
Ilustración 16	Prototipo pantalla nivel línea	44
Ilustración 17	Pantalla prototipo nivel línea (menú desplegado)	45
Ilustración 18	Prototipo pantalla nivel máquina	45
Ilustración 19	Prototipo pantalla nivel máquina (menú desplegado)	46
Ilustración 20	Diagrama "User Flow"	47
Ilustración 21	Autenticación por token.....	49
Ilustración 22	Entorno test con simulador	50
Ilustración 23	Documentación Swagger	62
Ilustración 24	Pruebas API Registro usuario	63
Ilustración 25	Pruebas API login de usuario.....	63

Ilustración 26 Decodificación del token	64
Ilustración 27 Pruebas API Consulta de máquinas	64
Ilustración 28 Demo pantalla máquina	65
Ilustración 29 Demo menú de navegación	65
Ilustración 30 Demo pantalla línea	66

1. Introducción

La industria actual convive con un entorno globalizado y muy competitivo, en el que la mayoría de empresas se ven obligadas a deslocalizar su producción.

Las políticas de eficiencia, ahorro energético y disponibilidad que intentan seguir las plantas de producción, ahora se aplican a nivel global, en diferentes localizaciones y con diferentes recursos. En un mismo proceso replicado en diferentes países, podemos ver variaciones de la eficiencia de una línea de producción debido a diferentes factores como pueden ser:

- Condiciones climáticas
- Variación de la materia prima
- Formación de los operarios
- Calidad del mantenimiento de las líneas de producción
- Y un largo...etc.

Poder monitorizar la producción a nivel global, permite comparar la eficiencia en diferentes localizaciones, una información que nos va a permitir tomar decisiones informadas como por ejemplo (entre otras):

- Inversiones de mejora
- Balancear la producción entre las diferentes localizaciones en función de los productos que más se adapten a sus factores locales.
- Eliminar factores que puedan estar perjudicando la competitividad de un producto.

En definitiva, obtener datos de nuestra producción, a nivel globalizado, nos va a dar una información muy valiosa a la hora de buscar una ventaja competitiva que nos haga destacar en el mercado (ya sea en precio, plazos de entrega o calidad del producto).

El Sistema “Smart Global Manufacturing” permite, a cualquier industria, monitorizar los datos más relevantes de producción de cada una de las factorías que componen su tejido industrial, dotando a la empresa de una

inteligencia operacional que le permitirá tomar decisiones basadas en datos de la producción en tiempo real.

2 Contexto y justificación del Trabajo

Dentro del marco de la cultura de mejora continua, el indicador más extendido para medir la eficiencia de la maquinaria industrial es el “Overall Equipment Effectiveness” (en adelante OEE).

Este indicador permite a las empresas tener cuantificada la productividad y la eficiencia de los procesos productivos, obteniendo un valor medible sobre el que apoyar las políticas de gestión de la mejora. El OEE, permite indicar, mediante un porcentaje, la eficacia real de un proceso de producción y, a su vez, identificar y solventar posibles ineficiencias originadas durante las actividades de fabricación.

Los principales objetivos que se persiguen al implementar un sistema OEE son los siguientes:

- Reducir los tiempos en que las máquinas están paradas.
- Identificación de cuellos de botella y disminución de la velocidad
- Aumentar la calidad del producto
- Minimizar el producto defectuoso
- Aumentar la eficiencia de los empleados

El indicador OEE se calcula a partir de tres factores:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

Para poder calcular cada uno de estos factores, se necesita extraer valores de la producción de las diferentes máquinas y estaciones de trabajo que componen las líneas de producción. La plataforma “Smart Global Manufacturing”, permite extraer datos de las diferentes máquinas y estaciones que forman las líneas de producción de una fábrica, mediante la comunicación con protocolos utilizados habitualmente por los controladores que se utilizan en este tipo de instalaciones.

Una vez que la plataforma adquiere los datos de esa máquina, el sistema utiliza los mismos para realizar el cálculo de la eficiencia tal como se detalla en el siguiente apartado.

2.1. Cálculo de la eficiencia

Como ya hemos comentado, OEE se fundamenta en el cálculo de los siguientes parámetros:

- **Disponibilidad:** Reflejo de las paradas programadas o no programadas en la máquina
- **Rendimiento:** Pérdidas causadas porque las máquinas producen a un ritmo menor que la capacidad total de la máquina.
- **Calidad:** Pérdidas en la producción provocadas por unidades defectuosas.

Cada uno de estos parámetros, se convierten en indicadores del estado de nuestra producción y nos van a dar un valor de entre 0% y 100%. Aplicaríamos las siguientes fórmulas para obtener cada uno de los indicadores:

- Valores definidos al inicio del ciclo de producción
 - TPP = Tiempo de producción planificado (min)
 - TCI = Tiempo de ciclo ideal (pcs / min)
- Valores recogidos de la máquina en tiempo real
 - TP = Tiempo de parada no planificada (min)
 - TU = Total de unidades fabricadas (pcs)
 - TUC = Total de unidades fabricadas correctas (pcs)
- Valores calculados en tiempo real
 - TE (Tiempo de ejecución) = TPP – TP (min)
 - **DISPONIBILIDAD** = $(TE - TPP) \times 100$ (%)
 - **RENDIMIENTO** = $[TU / (TE - TCI)] \times 100$ (%)
 - **CALIDAD** = $(TUC / TU) \times 100$ (%)

Finalmente, el indicador global que define el rendimiento de la producción se calculará multiplicando los tres indicadores principales (en tanto por 1):

$$\text{OEE} = (\text{DISPONIBILIDAD} \times \text{RENDIMIENTO} \times \text{CALIDAD}) \times 100 (\%)$$

Obteniendo este cálculo en tiempo real, podremos realizar una valoración sobre la eficiencia global de la máquina. Según valores aceptados de forma general en la valoración del cálculo del OEE, podremos sacar las siguientes conclusiones:

- OEE por debajo de 65%: Valor inaceptable, supone importantes pérdidas y, en consecuencia, una baja competitividad.
- OEE del 65% al 75%: Valor regular, se producen pérdidas. Solo se acepta esta situación en caso de que se estén realizando reajustes en las líneas de producción o estemos en pleno proceso de mejora de la producción.
- OEE del 75% al 85%: Valor aceptable, supone un nivel de competitividad bajo y ligeras pérdidas económicas.
- OEE del 85% al 95%: Valor bueno, producción competitiva.
- OEE del 85% al 100%: Valor excelente, máxima competitividad

Una vez que los valores se han calculado de forma individual por cada una de las máquinas que componen una línea de producción, la plataforma también realizará el cálculo del OEE global de la línea y, posteriormente, también será posible aglutinar los valores de cada línea para sacar un indicador global por cada centro de producción.

2.2. Árbol de eficiencia

Por otro lado, en cada localización se creará un árbol de eficiencia que parte de cada centro productivo, se reparte entre cada una de sus líneas y finalmente terminará en la eficiencia de cada una de sus máquinas. Por lo tanto obtendremos indicadores de eficiencia a 3 niveles como se muestra en el siguiente ejemplo:

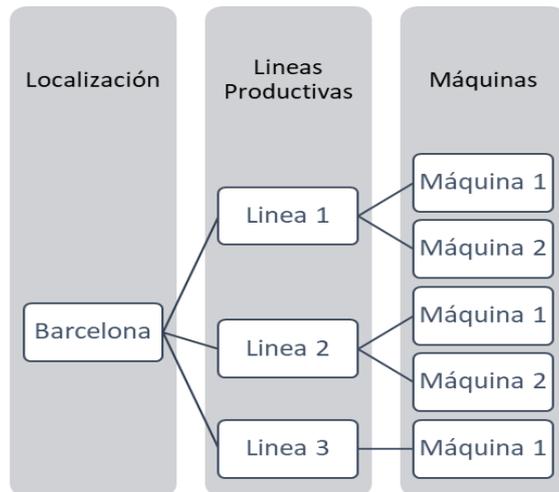


Ilustración 1 Árbol de eficiencia tipo

2.1 Representación geográfica de los valores

Con lo anterior nuestra aplicación podrá mostrar una representación geográfica con los diferentes centros productivos, mostrando sobre el plano la representación de cada localización y sus macro datos de eficiencia.

Esta vista servirá para navegar por localización y llegar a pantallas de detalle, de cada planta productiva, en las que se mostrarán los datos asociados a los activos que contenga.



Ilustración 2 Representación gráfica de los valores

2.2 íem Cuadro de mandos global

Además de los indicadores de eficiencia a 3 niveles, la aplicación también contará con un cuadro de mandos que permitirá conocer, en tiempo real, el estado global de la maquinaria, permitiendo filtrar la información y los indicadores mediante 2 parámetros:

- Localizaciones a incluir.
- Periodo temporal (para los indicadores basados en datos históricos)

De esta forma podremos tener en una sola pantalla, el estado global de toda nuestra producción mediante indicadores como pueden ser:

- OEE Global en tiempo real.
- Número de máquinas paradas por defecto en tiempo real.
- Número de piezas fabricadas por minuto.
- Nº Total de piezas producidas durante un periodo temporal.
- Nº Total de piezas defectuosas en un periodo temporal.
- Grafico de evolución del OEE en un periodo temporal.

2.3 Registro de incidencias

Otro punto relevante de la aplicación, sería el registro de incidencias, otorgando al entorno gráfico de un sumario que permita listar las alarmas que han emitido cada una de las máquinas. Este registro constará, principalmente, de los siguientes campos:

- Fecha-hora de aparición de la incidencia
- Localización
- Línea de producción
- Id de Máquina
- Código de incidencia
- Descripción de la incidencia

El registro histórico que nos proporciona esta funcionalidad, permitirá realizar un análisis forense en caso de detectar cualquier desviación de los indicadores de la producción, trazando el origen del fallo según las incidencias acontecidas en el mismo espacio temporal.

2.4 Configuración de nuevos activos

Además de lo anterior, el usuario de la aplicación (mediante los permisos de usuario adecuados) será capaz de dar de alta nuevas plantas productivas, nuevas líneas productivas y nuevas máquinas que serán consideradas en la plataforma.

Con este objetivo, la aplicación dispondrá de un dialogo que permitirá dar de alta una nueva máquina introducir datos como:

- Parámetros de comunicación del dispositivo (ip, protocolo, puerto...etc.)
- Tipo de máquina utilizado como origen de datos
- Valores característicos para el cálculo del OEE
- Meta datos para la identificación y descripción del equipo
- Línea de producción a la que está asociada la máquina

También será posible dar de alta líneas de producción con las siguientes datos:

- Id de la línea
- Valores característicos para el cálculo del OEE por línea
- Meta datos para la identificación y descripción de la línea
- Planta productiva a la que está asociada la línea

Por último, también se podrán dar de alta nuevas plantas productivas mediante la definición de los siguientes datos:

- Id de localización
- Valores característicos para el cálculo del OEE
- Meta datos para la identificación y descripción de la planta productiva
- Coordenadas para georreferenciar la planta productiva

Con todo esto, la plataforma dotará al usuario final de la posibilidad de modificar y adaptar los orígenes de datos de forma autónoma.

3 Objetivos del Trabajo

El objetivo del proyecto, se basa en la aplicación de las tecnologías web para la monitorización de la eficiencia en entornos productivos.

Se pretende obtener una aplicación que demuestre la viabilidad de este tipo de tecnologías respecto a la monitorización tradicional mediante sistemas SCADA, una tipología de plataformas que presentan costes muy altos de licenciamiento y que muchas veces, al tratarse de sistemas genéricos, exceden los requerimientos que puede exigir una monitorización como la que aquí se plantea.

Al finalizar este proyecto, obtendremos una aplicación mínima viable que permita demostrar que es posible abordar este tipo de proyectos mediante el desarrollo de una aplicación a medida y con coste 0 en licenciamiento.

A medida que se vaya implantando en diferentes clientes, la aplicación podrá ir creciendo y madurando para ajustarse a las necesidades reales que requieren las plantas de producción y mejorando sus funcionalidades según el feedback (éxitos y fracasos) que nos pueda generar su implementación.

Respecto a los objetivos académicos, se ha pensado en un proyecto que permita aplicar los conocimientos adquiridos en el máster a lo largo de todas las asignaturas cursadas. Desde el desarrollo de un backend con conexión a base de datos pasando por el diseño y la implementación de una interface con el usuario que le permita interactuar con el sistema.

Además se han escogido algunos puntos para investigar y ampliar conocimientos que no se han podido poner en práctica como es la implementación de un entorno GIS para representar datos en diferentes localizaciones.

a. Principales

Objetivos clave del TFM.

- Aplicar la tecnología web en entornos industriales
- Captación y monitorización de datos en tiempo real, de los valores de máquina

- Obtener una aplicación mínima viable

b. Secundarios

Objetivos adicionales que enriquecen el TFM y que pueden sufrir variaciones.

- Trabajar con el framework de backend Nestjs
- Representar información mediante librerías gráficas.
- Desplegar una aplicación en la nube

3.1 Impacto en sostenibilidad, ético-social y de diversidad

Los mercados exigen, dentro de un mundo cada vez más globalizado, enfocar los procesos productivos a la mejora continua y a la protección de nuestro entorno.

En cualquier proceso productivo, es habitual la necesidad de consumir grandes cantidades de energía. Si acompañamos el diseño industrial, de los productos y procesos, de indicadores de eficiencia de los mismos (como es el OEE) podremos impulsar la disminución del consumo de grandes cantidades de recursos naturales (en algunos casos escasos y/o no renovables) y una mayor contaminación del medio ambiente.

Por tanto, la digitalización de los procesos productivos y la implementación de indicadores que reflejen la eficiencia de los mismos, tiene un impacto positivo sobre la eficiencia, competitividad y compromiso con el medio ambiente de las organizaciones que se preocupan implementar esta clase de tecnologías.

4 Planificación del Trabajo

La planificación del proyecto se ha dividido en 3 grandes bloques:

- **Previo al desarrollo:** Planteamiento del proyecto y definición de funcionalidades y objetivos. Diseño de las funcionalidades respaldado mediante documentación (sitemap, mockups, UML...etc.).
- **Backend:** Actividades relacionadas con la implementación de la lógica de nuestra plataforma.
- **Frontend:** Implementación de la parte gráfica y funciones de interacción con el usuario.

Teniendo en cuenta el 16 de enero del 2023 como fecha de entrega final de todo el proyecto, la planificación de las tareas se ha previsto según la siguiente tabla:

Planificación del proyecto Smart Global Manufacturing		
	Start	End
Previo al desarrollo		
Definición de requerimientos de usuario	28-sep-2022	29-sep-2022
Documentar funcionalidades de la aplicación	02-oct-2022	15-oct-2022
Diseño de la aplicación	13-oct-2022	19-nov-2022
Backend		
Configurar IDE	12-oct-2022	12-oct-2022
Creación de repositorio GIT	13-oct-2022	13-oct-2022
Configuración de entorno de desarrollo	14-oct-2022	15-oct-2022
Creación de aplicación base Nest js	16-oct-2022	18-oct-2022
Instalación de dependencias adicionales	19-oct-2022	21-oct-2022
Definición de modelos de datos	22-oct-2022	24-oct-2022
Implementación del driver comunicación máquinas	25-oct-2022	28-oct-2022
Definición del proceso de ETL	29-oct-2022	03-nov-2022
Implementar comunicación con Base de datos	04-nov-2022	09-nov-2022
Implementar API REST	10-nov-2022	14-nov-2022
Implementar seguridades y gestión de usuarios	15-nov-2022	19-nov-2022
Pruebas de comunicación de máquina	20-nov-2022	22-nov-2022
Pruebas de API REST	23-nov-2022	24-nov-2022
Validación final del Backend	25-nov-2022	26-nov-2022
Front End		
Configurar IDE	28-nov-2022	28-nov-2022
Creación de repositorio GIT	30-nov-2022	30-nov-2022

Configuración de entorno de desarrollo	01-dic-2022	01-dic-2022
Creación de aplicación base con Angular	02-dic-2022	02-dic-2022
Instalación de dependencias adicionales	03-dic-2022	03-dic-2022
Implementar modelos de datos	05-dic-2022	05-dic-2022
Implementar comunicación con Backend	06-dic-2022	07-dic-2022
Definir arquitectura de Angular	08-dic-2022	10-dic-2022
Gestión de usuarios	11-dic-2022	12-dic-2022
Menú lateral	13-dic-2022	13-dic-2022
Cuadro de mandos	14-dic-2022	18-dic-2022
GIS con plantas productivas	19-dic-2022	20-dic-2022
Pantalla planta tipo	21-dic-2022	23-dic-2022
Pantalla línea producción tipo	24-dic-2022	27-dic-2022
Pantalla máquina tipo	28-dic-2022	29-dic-2022
Implementación de seguridades	30-dic-2022	31-dic-2022
Pruebas finales de la aplicación frontend	01-ene-2023	02-ene-2023
Dialogo para añadir nuevos activos (opcional)	03-ene-2023	06-ene-2023
Sumario de incidencias (opcional)	07-ene-2023	11-ene-2023

Tabla 1 Listado de actividades del proyecto

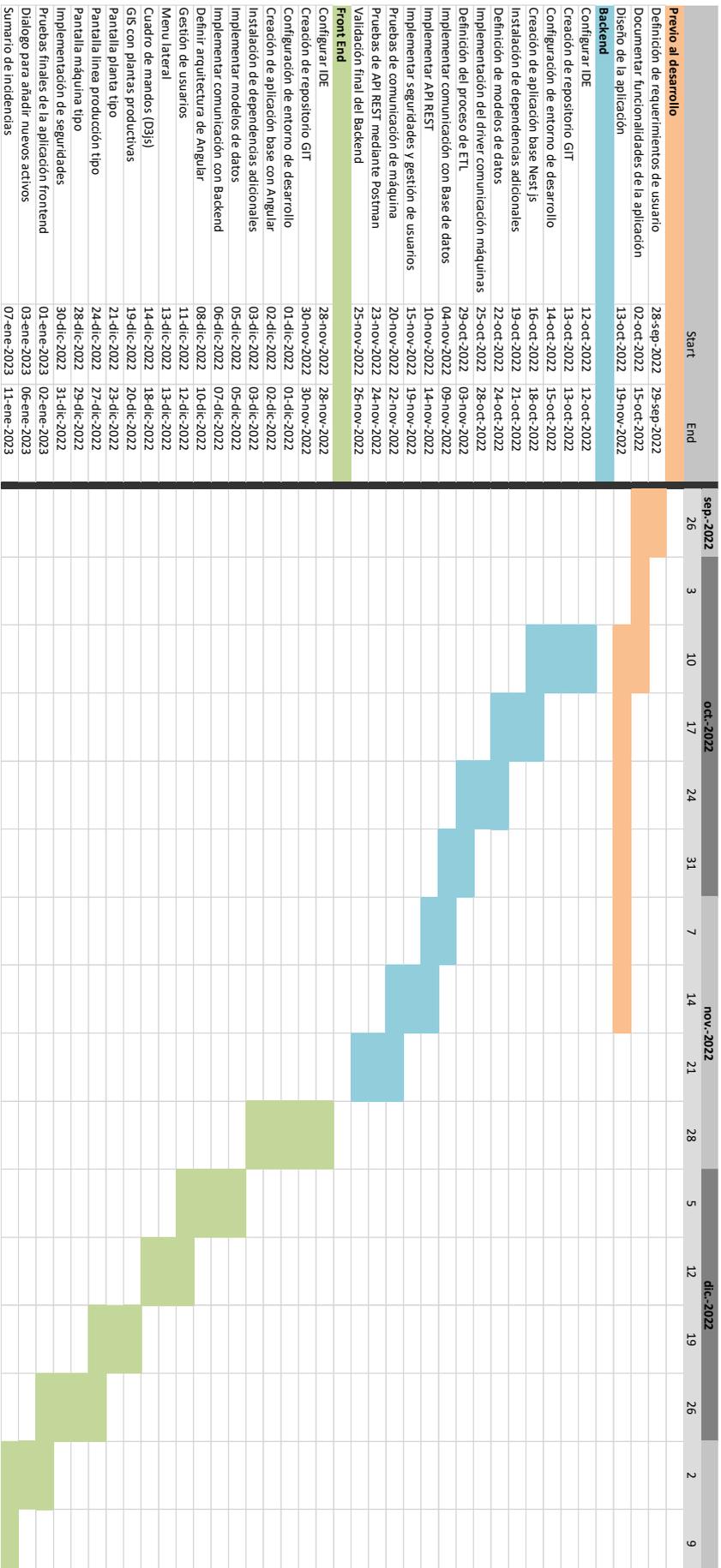


Ilustración 3 Planificación del proyecto (Gant)

5 Productos obtenidos

El usuario de la plataforma “Smart Global Manufacturing” dispondrá de diferentes funcionalidades y contenidos:

- Gestión de usuarios
- Navegación por niveles según jerarquía de la planta de producción
- Cuadro de mandos con los principales indicadores que le permitirán obtener la información necesaria para diagnosticar el estado de la producción.
- Información agregada por línea de producción, planta y corporación.
- Sumario de incidencias de producción

En el alcance del proyecto, se marcarán como objetivos secundarios la implementación de los siguientes puntos:

- Implementación de niveles Planta y Corporación
- Registro de nuevas máquinas en la aplicación
- Sumario de incidencias de producción por máquina

Estas funcionalidades se llevarán a cabo durante las fases posteriores fuera del alcance de este proyecto.

6 Estudio del público objetivo

6.1 Definición del público objetivo

El público objetivo de “SmartGlobalManufacturing” son directivos y gestores de la producción que trabajen para **empresas industriales con un modelo productivo de tipo continuo**. Además dichas empresas, deberán contar con una producción deslocalizada.

Las empresas dentro de este target, buscan reducir los costes unitarios de fabricación, reduciendo los tiempos en los que se puede realizar un producto. A su vez, este tipo de producción tiene ventajas sobre la gestión de inventarios llegando incluso a eliminar los stocks necesarios.

El objetivo principal de la aplicación será ofrecer la información necesaria para diagnosticar y mejorar el rendimiento de la producción. Por lo tanto, la aplicación SmartGlobalManufacturing irá muy **enfocada a gestores de la producción, principalmente, y a todas las personas implicadas en el proceso productivo** como pueden ser: operarios de planta, encargados de turno, gestores de mantenimiento y operarios de mantenimiento.

c. Perfil de empresa con la que colaboran

Se trata de perfiles profesionales asociados a empresas de una tipología determinada. Según un estudio realizado recientemente por diversas empresas y universidades europeas ([8]Stadnicka, y otros, 2022) existe una relación directa entre las empresas que implementan o quieren implementar un sistema MES¹ y los siguientes factores:

- Tamaño de la compañía
- Número de máquinas
- Número de centros productivos

¹ El concepto OEE se clasifica como una de las funcionalidades de un sistema MES o “Sistema de control de ejecución de la producción”.

El estudio realiza el siguiente análisis sobre los datos obtenidos a través de una encuesta realizada a diversas empresas, la mayoría Europeas:

- Implementación según tamaño empresa :
 - Solo el 11% de las micro empresas implementan un sistema MES
 - Menos del 50% de las empresas consideradas pequeñas y medianas implementa un sistema MES.
 - La mayoría de las empresas con más de 250 trabajadores implementan un sistema MES.
- Implementación por número de maquinas
 - En empresas sin maquinaria de producción o con menos de 5 máquinas, el porcentaje de implantación de un sistema MES es inferior al 35%
 - En empresas con entre 5 y 50 máquinas, el porcentaje aumenta hasta el 44%
 - En empresas con más de 50 máquinas, más de la mitad de las empresas (un 65%) implementan un sistema MES
- Implementación por número de plantas productivas
 - Tan solo el 11% de las empresas sin plantas productivas implementan un sistema MES.
 - Más de la mitad de las empresas con una planta productiva o más, implementan un sistema MES.

El estudio con ninguna relación entre el número de países en los que opera la empresa y la probabilidad de implementar un sistema MES, por lo que la geografía no es un factor a tener en cuenta a la hora de definir nuestro público objetivo.

Según lo anterior, nuestro público objetivo es un trabajador por cuenta ajena en empresas de la siguiente tipología:

Tipo de empresa	Industrial
Tipo de producción	Continua

Tamaño de la empresa	> 250
Número de máquinas de producción	> 50
Número de centros productivos	>= 1
Localización	No relevante
Cargo en la empresa	Principalmente directivos y gestores de la producción. En menor medida, operarios y encargados de la producción y el mantenimiento de la maquinaria.

d. Variables socio demográficas

Por la tipología de la información que gestiona la aplicación y la interpretación que requiere, se buscan varios tipos de perfiles:

- Director de operaciones

Perfil con estudios superiores en el ámbito de la administración de empresas, ingeniería industrial u organización industrial.

Dentro de una empresa cubren puestos bien remunerados y que requieren de ciertos años de experiencia profesional, por lo que el usuario medio de la aplicación se podría situar con una edad por encima de los 30 años y un nivel de ingresos medio-alto.

Las personas con este perfil deben saber interpretar indicadores de rendimiento y manejarse con aplicaciones de gestión de planta.

Sexo	No relevante
Nivel de ingresos	Alto
Edad	Entre 30 y 65 años
Lugar de residencia	No relevante

- Responsable de producción

Este perfil requiere un alto grado de experiencia profesional y un nivel de estudios medio-alto en campos más relacionados con la ingeniería y la organización industrial.

Se trata de personas normalmente de edad media (> 35 años) y muy ligados a las actividades que se llevan a cabo en la planta de producción. Su nivel de ingresos suele ser medio-alto.

Las personas usuarias deben estar acostumbradas al uso de la tecnología, en concreto deben estar familiarizadas con aplicaciones de supervisión industrial y de gestión de la producción.

Sexo	No relevante
Nivel de ingresos	Medio-alto
Edad	Entre 30 y 65 años
Lugar de residencia	No relevante

- Encargado de línea

Perfil que no requiere un nivel de estudios muy elevado pero que requiere una amplia experiencia. Acostumbran a ser puestos a los que se accede a través de años trabajando para la empresa (normalmente como operador de máquina).

Se trata de personas orientadas a objetivo y con un alto grado de estrés en su jornada laboral.

Sexo	No relevante
Nivel de ingresos	Medio
Edad	Entre 30 y 65 años
Lugar de residencia	No relevante

- Operario de máquina

Perfil sin necesidades educativas específicas. Pueden ser personas sin experiencia en producción ya que su trabajo es muy mecánico y debería estar muy pautado.

Normalmente desvinculados de objetivos de producción, de forma directa, y con un grado de implicación menor con los objetivos de la empresa.

Debido a lo anterior, y a que el nivel de rotación de personal de este perfil suele ser más elevado, acostumbran a ser los perfiles más jóvenes.

Sexo	No relevante
Nivel de ingresos	Medio-bajo
Edad	Entre 18 y 35 años
Lugar de residencia	No relevante

De forma transversal a cualquiera de los perfiles anteriormente mencionados, cabe destacar que, debido al medio empleado por la aplicación (PC, Tablet o Smartphone) las personas deben estar familiarizadas con el uso de este tipo de dispositivos. En este aspecto, nuestro público objetivo se sitúa por debajo de los 65 años ya que, según diversos estudios, son la franja de edad que sufre la temida “brecha digital”.

Debido a la naturaleza de la aplicación, el lugar de residencia no establece ninguna relación con el usuario tipo para esta aplicación.

El sexo no se considera un factor a tener en cuenta a la hora de realizar nuestro perfil socio demográfico.

7 Definición de las personas usuarias y sus necesidades

7.1 Persona 1 (Pedro – Responsable de producción)



Ilustración 4 User Persona 1

Pedro² trabaja para una empresa multinacional que se dedica a la fabricación de componentes para la industria del automóvil. Tiene 38 años y reside en Barcelona. Terminó la carrera de Ingeniería industrial hace 16 años y ahora tiene una

profesión consolidada en el sector industrial como director de operaciones. Actualmente vive con su mujer y su hija de 3 años en un piso del barrio de Sants.

Se trata de una persona extrovertida y empática. Siempre está dispuesta a quedar con amigos aunque se define como “hogareño”. En las conversaciones con sus amigos suelen ser recurrentes los temas relacionados con la tecnología y los contenidos multimedia. En su época de estudiante, empezó su afición por jugar al fútbol con sus compañeros de clase y actualmente sigue manteniendo esa actividad de forma asidua.

Le encanta ser propositivo y destacar por encima de sus compañeros de trabajo. Su día a día se desarrolla en un entorno muy competitivo y recibe muchas presiones por parte de la empresa para llegar a objetivos ya que ostenta un cargo de mucha responsabilidad.

Su día a día está repleto de tecnología y aplicaciones. Nunca se despega de su teléfono tipo Smartphone último modelo y su dispositivo Tablet tipo Surface

² Foto de Andrea Piacquadio: <https://www.pexels.com/es-es/foto/sonriente-hombre-formal-con-portatil-charlando-por-telefono-3760263/>

para revisar informes en PowerBi, responder correos o consultar su apretada agenda.

Características principales

- **38 años**
- **Varón**
- **Responsable de producción**
- **Vida acomodada**
- **Vive en un piso familiar en una zona privilegiada de la ciudad**
- **Está casado y tiene una niña**
- **A favor de la tecnología**
- **Dispone de múltiples dispositivos para ejecutar aplicaciones como son: Smartphone y tableta convertible a laptop.**

Metas

- **Optimizar las operaciones, de la planta de producción, para obtener el mejor rendimiento posible.**
- **Compaginar su vida laboral y profesional optimizando el tiempo dedicado a su trabajo.**

“Pain Points”

- **Su trabajo como Responsable de Producción implica muchas horas en la oficina y acostumbra a llevarse trabajo a casa o alargar las jornadas laborales.**
- **No consigue obtener datos fiables de la producción de una forma práctica.**
- **Tiene un nivel de estrés muy elevado**
- **Su vida familiar y su salud se están viendo deterioradas por su**

actividad laboral.

Deseos

- **Le gustaría promocionar en su empresa y ser el director general de la planta.**
- **Le gustaría pasar más tiempo con su familia.**

Triggers

- **Recibir información del rendimiento de la producción para reajustar las operaciones.**
- **Conocer el diagnóstico de general de las líneas de producción para tomar mejores decisiones respecto a las nuevas inversiones.**

7.2 Persona 2 (Lucía – Operaria de máquina)

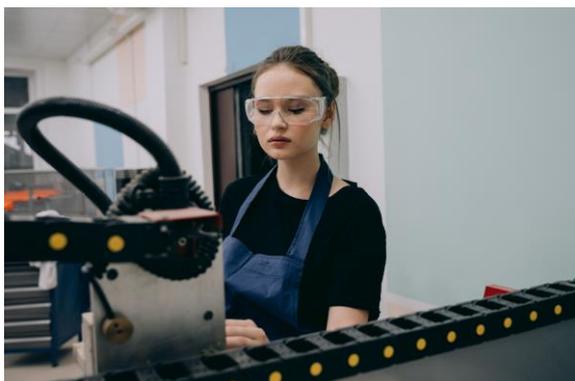


Ilustración 5 User Persona 2

Lucía³ tiene 23 años y es operaria de planta en una multinacional que trabaja para el sector del automóvil. Finalizo sus estudios de secundaria y decidió y, debido a su situación personal, decidió dejar de estudiar para poder aportar ingresos a su familia. No obstante siempre es la primera en apuntarse a los cursos de

formación de la empresa y está decidida a volver a estudiar algún curso de formación profesional. Actualmente vive en un piso de Sant Boi del Llobregat (Barcelona) junto a sus padres y su abuela.

A Lucía le define el esfuerzo de haber luchado por sacar a su familia adelante desde que tenía tan solo 16 años. Se trata de una persona muy fuerte y segura de sí misma. Le preocupa su aspecto físico y considera que es imprescindible dar una buena imagen.

Aunque ha tenido que luchar mucho, le encanta su trabajo y se siente segura laboralmente. En la fábrica es toda una entidad y todos la conocen. Su personalidad invita a acercarse a ella y no cuesta esfuerzo entablar una conversación.

En estos momentos sus padres son mayores y tiene que ayudarles en algunas tareas de la casa o a la hora de ir a visitar algún médico. Esto le quita mucho tiempo libre y reduce en gran medida su vida social. Hace unos meses los servicios sociales han estimado la petición de dependencia para sus padres y está muy ilusionada en poder recibir esa ayuda ya que le permitirá tener más tiempo para disfrutar fuera de la fábrica.

En la fábrica acostumbra a trabajar con pantallas táctiles y considera que el papel es un atraso. Suele ser la referente cuando se implementa alguna

³ Foto de Mikhail Nilov: <https://www.pexels.com/es-es/foto/persona-mujer-fabrica-trabajo-9241727/>

tecnología nueva en la línea de producción y acostumbra a ser consultada por los compañeros. Su facilidad por la tecnología también destaca en su vida personal, siempre es la que ayuda a sus familiares y vecinos más mayores a sintonizar los canales de la televisión cuando lo necesitan y, como cualquier persona de su edad, el teléfono móvil es una extensión de su mano. Siempre está al día respecto a redes sociales y se muestra muy activa en aplicaciones como Instagram o TikTok.

Otro hábito que la define es el reciclaje. Es responsable con la naturaleza y le gusta aportar su granito de arena para salvar el planeta, siempre se la recuerda por repetir la frase “como sigamos así nos vamos a cargar el planeta”.

Características principales

- **23 años**
- **Mujer**
- **Operaria de línea**
- **Sus ingresos le obligan a vivir al día**
- **Vive con sus padres en un modesto piso en St Boi del Llobregat**
- **Esta soltera y sin pareja**
- **Pasa muchas horas en las redes sociales**
- **El teléfono móvil es su bien máspreciado**

Metas

- **Contentar al encargado de turno para mantener su empleo**
- **Disfrutar de las vacaciones anuales**
- **Ayudar a sus padres**

“Pain Points”

- **Su conocimiento sobre cálculos de rendimiento y parámetros**

productivos no es suficiente. Necesita ayuda para interpretar los datos.

- **En ocasiones piensa que no la toman en serio por ser demasiado joven**
- **Las cargas familiares no le dejan disfrutar todo lo que le gustaría de su tiempo libre**

Deseos

- **Le gustaría seguir estudiando y llegar a sacarse una carrera algún día**
- **Tiene muchas esperanzas en que a sus padres le concedan un grado de dependencia para que les ayuden en el día a día**
- **Le gustaría tener una vida social más extensa, como la del resto de sus amigas del instituto.**

Triggers

- **Consultar las paradas no planificadas de la máquina donde trabaja para rellenar el informe en papel justificando el paro.**

8 Contextos de acceso (trigger points)

Los contextos de acceso están fuertemente ligados a los niveles de la aplicación. Cada uno de los perfiles de usuario definidos a continuación, definen contextos de acceso diferentes y su motivación para acceder a la información contenida corresponde a necesidades diversas.

Estos contextos de acceso

Nivel	Perfil	Contexto de acceso
Corporación	Director/a de operaciones	Supervisar los indicadores de forma global
Planta de producción	Encargado/a de la producción	Supervisar los indicadores de rendimiento de una planta productiva
Línea de producción	Responsable de línea	Supervisar los indicadores de rendimiento de una línea de producción
Máquina	Operario/a de máquina	Supervisar los indicadores de rendimiento de una máquina

A continuación se narran dos de los contextos de acceso más recurrentes que va a tener el desarrollo, con el objetivo de definir las necesidades y motivaciones que le llevan a utilizar la herramienta.

En términos generales, se trata de una aplicación de inteligencia operacional que ayuda a los diferentes perfiles a tomar decisiones informadas sobre las políticas de rendimiento que se establecen. Los contextos de acceso están muy ligados al espacio de trabajo que sitúan a cada uno de los agentes implicados en mantener el rendimiento de los activos industriales en valores aceptables. De esta forma nos encontramos con 4 espacios de trabajo diferentes para cada uno de los 4 contextos de acceso:

Nivel	Perfil	Espacio de trabajo
Corporación	Director/a de operaciones	Monitor fijo con la aplicación a pantalla completa en sala de juntas o despacho.
Planta de producción	Encargado/a de la producción	Monitor situado en oficina de producción. La aplicación es consultada por el encargado para vigilar el rendimiento global de todas las líneas.
Línea de producción	Responsable de línea	Un monitor situado por cada una de las líneas de producción que componen la fábrica.
Máquina	Operario/a de máquina	Monitor a pie de máquina que muestra información de rendimiento al operario que está asignado a ese puesto dentro de la línea de producción.

A continuación se narran los dos contextos de acceso más relevantes en el uso de la herramienta

8.1 Contexto de acceso para Persona 1 (Pedro – Encargado de la producción)

A Pedro no le sobra el tiempo, considera que el trabajo en la fábrica le quita mucha parte de su jornada. Muchos días no consigue ni quedar con sus amigos porque sale tarde de trabajar, en la fábrica siempre surge algún imprevisto que hace que el día se le alargue.

Pedro está preocupado por el contexto actual de incertidumbre. La guerra de Ucrania, la escasez de materias primas, la falta de microchips y el ambiente post pandémico ha provocado un control mucho más estricto del rendimiento

que se está obteniendo de los recursos disponibles en la fábrica. Sus clientes les aprietan cada día más y no consiguen repercutir todo el incremento de coste en sus ventas.

La solución pasa por revisar las operaciones de planta y optimizar el rendimiento de sus líneas de producción pero, para poder tomar decisiones acertadas, necesita tener información sobre cuál es el rendimiento de su maquinaria.

Pedro decide **instalar un monitor en su oficina para tener la aplicación “SmartGlobalManufacturing” abierta de forma permanente**, así podrá ver en tiempo real cual es el rendimiento de su maquinaria y líneas de producción y como se modifica ese rendimiento en función de las medidas correctoras que se van a tomar.

De esta forma podrá conseguir aplicar una metodología de mejora continua basada en la información de los indicadores de planta que le ofrece la aplicación. El proceso sería el siguiente:

- Pedro revisa los indicadores de OEE a nivel de planta para ver que líneas de producción requieren más atención respecto a la mejora del rendimiento de su maquinaria.
- Una vez identificadas las líneas, Pedro avisa a los responsables de cada línea de que los indicadores de rendimiento no son buenos y que tendrán que aplicar medidas correctoras para volver a valores aceptables en un plazo preestablecido.
- Una vez que el plazo propuesto ha expirado, Pedro podrá volver a revisar los valores de rendimiento de las líneas en la aplicación y sabrá si los responsables de cada línea han cumplido los objetivos de rendimiento propuestos.

Pedro consigue controlar el rendimiento de la planta gracias a tener, de forma centralizada, la información de rendimiento de todas sus líneas de producción. El proceso de mejora, una vez que la información está disponible de forma automática en la aplicación, es mucho más ágil y no requiere de informes por parte de los responsables de línea. El propio proceso reporta datos

automáticamente a la aplicación, democratizando el dato e impidiendo que se pierda o se modifique información por el camino.

Cuando a Pedro le piden un informe sobre el rendimiento de su planta, solo tiene que imprimir la pantalla de nivel “Planta” y adjuntarla a sus superiores por email. Le ahorra mucho tiempo y tiene la sensación de que la información que reporta es mucho más fiable que antes.

8.2 Contexto de acceso para Persona 2 (Lucía – Operaria de máquina)

Lucía inicia su jornada laboral como cada día desde hace 5 años. Al iniciar su turno, lo primero es fichar la hora de entrada y acudir a la reunión de inicio de producción con el encargado de la línea. En esta reunión le dirán a Lucía en que máquina de la línea va a trabajar y cuáles son los objetivos de producción para ese día.

Después de esta breve charla, se dirige a su puesto y se asegura de que todo está en disposición para que no se produzca ninguna parada de máquina inesperada. A lo largo de la jornada, el encargado pasara para revisar el rendimiento de la máquina y es responsabilidad de Lucía mantener un rendimiento óptimo, avisando cuanto antes de cualquier anomalía que pueda requerir de un mantenimiento por parte de un técnico.

Cada máquina tiene un terminal con la aplicación “SmartGlobalManufacturing” que permite a cada operario de la línea conocer en tiempo real los tiempos de parada no planificados, las piezas fabricadas y el resto de parámetros que permiten el cálculo del rendimiento global de cada estación de trabajo. Lucía, abre la aplicación y despliega el menú lateral para seleccionar la pantalla que le mostrará los datos de su máquina.

No necesita interpretar los datos numéricos, los indicadores de rendimiento cambian de color verde a rojo cuando no son aceptables según los parámetros introducidos por el encargado de línea.

A Lucía le facilita el trabajo no tener que recoger los datos de fabricación y reportarlos al encargado, es la propia aplicación la que se encarga. De esta forma tiene más tiempo para centrarse en mejorar el rendimiento de la máquina y en pensar nuevas maneras de optimizar su trabajo.

9 Materiales y métodos

9.1 Arquitectura general de la aplicación

La arquitectura propuesta se basa en diferentes tecnologías pensadas para unificar el lenguaje de programación que se va a utilizar en todas las partes de nuestra aplicación, en este caso TypeScript.

A continuación se listan las tecnologías principales que se han utilizado en este proyecto:

- MongoDB: Base de datos no relacional basada en documentos.
- Nestjs: Framework para la parte back-end de la aplicación.
- Angular: Framework para la parte front-end de la aplicación.
- Nodejs: Entorno de ejecución de java script

En este proyecto se ha querido optar por Nestjs presenta las siguientes ventajas respecto Express:

- Sintaxis similar a Angular, permitiendo adaptarse fácilmente, con experiencia previa en Angularjs, y mejora la mantenibilidad de la aplicación.
- Se trata de un framework altamente escalable, pensado para grandes aplicaciones empresariales.
- Facilita la implementación de diversidad de servicios backend como API REST
- Permite trabajar con micro servicios.
- Actualmente cuenta con una gran comunidad en crecimiento.

En la siguiente imagen podemos ver una representación general de la arquitectura propuesta:



Ilustración 6 Arquitectura de la aplicación

9.2 Arquitectura de comunicaciones en planta

La recolección de datos de máquina de cada uno de los emplazamientos (plantas productivas) se realizará mediante el protocolo de mensajería MQTT.

Se trata de un protocolo muy utilizado en la comunicación entre equipos que optimiza la transmisión de información en redes con bajos recursos. Además, establece un modelo de comunicación publicista-subscriptor.

Para distribuir la información entre los subscriptores y los publicistas, necesitaremos un servidor adicional, el bróker MQTT. Para tal cometido se ha seleccionado “mosquitto”.

La siguiente ilustración muestra la arquitectura de comunicación entre las máquinas y el servidor de la aplicación.

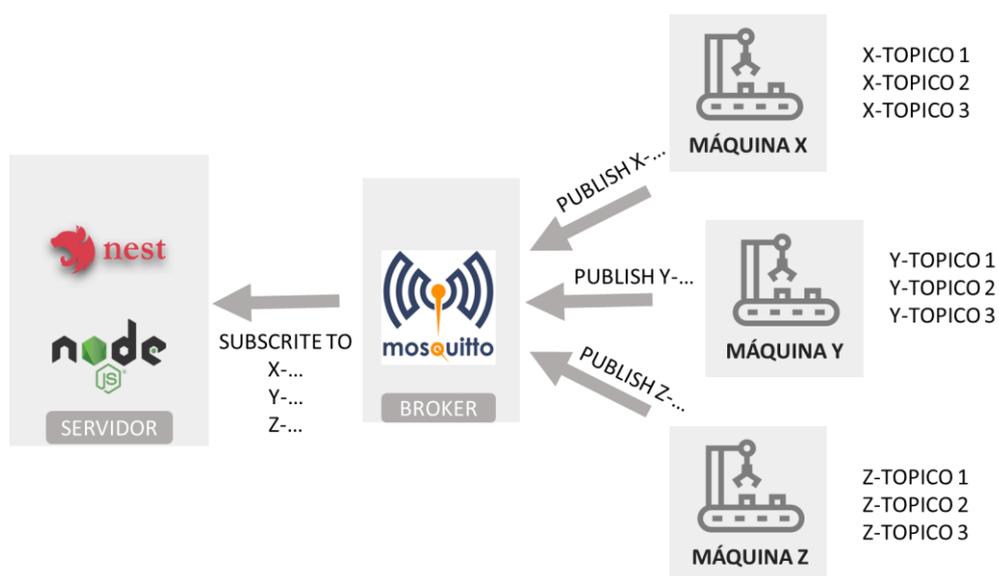


Ilustración 7 Arquitectura de comunicación en planta

Las máquinas publicarán los valores relevantes para el cálculo del OEE a una serie de tópicos que se recogerán mediante un bróker MQTT.

Por otro lado, el servidor de la aplicación será el suscriptor de todos los tópicos relevantes para la captación de los valores característicos del OEE por máquina.

9.3 Plataforma de desarrollo

- **Sistema Operativo:** Oracle Linux v8
- **Editor de código fuente:** Visual Studio Code
 - Extensiones: GitGraph
 -
- **Navegador:** Google Chrome
- **Sistema de control de versiones:** Git
 - Servidor repositorio: GitHub

9.4 Proceso de desarrollo

El proceso de desarrollo define la cronología de la implementación, buscando fomentar el rendimiento de las horas dedicadas al proyecto vs el resultado y facilitar las pruebas unitarias y de conjunto que permitirán liberar la aplicación para su uso final.

Según estas consideraciones se establece la siguiente cronología de desarrollo:

- i. Configuración las diferentes tecnologías en el entorno de desarrollo:
 - Instalación de la base de datos MongoDB
 - Instalación de Nodejs + npm
 - Instalación de paquetes npm: Nestjs + Angular
 - Instalación de IDE Visual studio code y extensiones para el desarrollo. Entre otras “GitGraph” como cliente GIT.
- ii. Desarrollo del Backend con las siguientes funcionalidades:

- Conexión con la base de datos
 - Definición del esquema UML
 - API para publicar los diferentes endpoints que consultará el front-end
 - Implementación de JWT para la seguridad por web token
 - Implantación de Swagger para documentar la API
 - Implementación de la comunicación a máquina mediante MQTT
 - Pruebas de la API con Postman
- iii. Desarrollo del Front-end con las siguientes funcionalidades:
- Instalación de paquetes npm: entre otros Angularjs, Angular Material
 - Instalación de librería gráfica para objetos que componen el dashboard. Se ha seleccionado la librería APEXCHARTS.
 - Implementación de la arquitectura de Angular.
 - Pruebas de todo el sistema generando manualmente los datos a consultar en la base de datos
- iv. Implementación de la comunicación con las máquinas del proceso:
- Instalación de bróker MQTT en entorno de desarrollo.
 - Instalación de simulador MQTT para generar los registros de producción de cada máquina (a través de Node-Red).
 - Implementar la subscripción del backend a los diferentes tópicos necesarios para el cálculo del OEE.
- v. Implementación de la aplicación en entorno simulado
- Instalación de tecnologías y dependencias (Nodejs, npm, broker mqtt...etc.)
 - Despliegue de la aplicación
 - Simulación de máquinas
 - Pruebas funcionales de todo el sistema

9.5 Estructura de datos

Los datos con los que va a trabajar nuestra aplicación, corresponden a los que caracterizan los valores que permiten el cálculo del OEE de nuestras plantas productivas.

De esta forma partiremos de una estructura de datos por niveles, siendo “máquina” el nivel más atomizado y “corporación” el nivel más amplio de nuestra estructura.

Los objetos que definen la estructura de datos de nuestra aplicación son los siguientes:

Objeto	Descripción
MÁQUINA	Representa los datos productivos cuyo origen se encuentra en una sola máquina de producción.
LINEA DE PRODUCCIÓN	Datos productivos referentes a un conjunto de máquinas.
PLANTA PRODUCTIVA	Datos productivos referentes a un conjunto de líneas de producción.
CORPORACIÓN	Datos productivos referentes a un conjunto de plantas productivas.

Tabla 2 Listado de objetos

Los datos que definen los objetos anteriores se clasificarán en 2 conjuntos:

- Metadatos: o datos que dan contexto a la información obtenida.
- Datos de producción: Se trata de los valores característicos, para el cálculo del OEE, en el caso de una máquina en concreto.

De esta forma, en la siguiente lista podemos ver un detalle de los datos que se consideran por cada uno de los objetos definidos anteriormente:

Estructura de datos para objeto “MÁQUINA”

METADATOS

Id	Identificador unívoco de máquina
Nombre	Campo descriptivo
Descripción	Campo descriptivo
idLinea	Identificador de la línea de producción de la que forma parte
Tipo de máquina	Para usos futuros 0: tipo 0 , 1: tipo 1, 2: tipo 2, 3: tipo 3
site	

DATOS

Tiempo planificado (min)	Dato característico para el cálculo de la disponibilidad
Tiempo actual (min)	Dato característico para el cálculo de la disponibilidad
Tiempo de paradas previstas (min)	Dato característico para el cálculo de la disponibilidad
Tiempo de ciclo ideal (min)	Dato característico para el cálculo del rendimiento
Tiempo de operación (min)	Dato característico para el cálculo del rendimiento
Total de unidades fabricadas (min)	Dato característico para el cálculo del rendimiento
Total de unidades conformes (unidades)	Dato característico para el cálculo de la calidad
Total de unidades fabricadas (unidades)	Dato característico para el cálculo de la calidad

Estado de la máquina (enum)	0:parada; 1:marcha, 2:parada planificada, 3:parada no planificada
OEE (%)	Valor del OEE
Disponibilidad (%)	Valor de disponibilidad
Rendimiento (%)	Valor de rendimiento
Calidad (%)	Valor de calidad

Tabla 3 Estructura de datos para objeto "MÁQUINA"

Estructura de datos para objeto "LÍNEA DE PRODUCCIÓN"

METADATOS	Id	Identificador único de línea de producción
	Descripción	Campo descriptivo
	idPlanta	Identificador de la planta de producción de la que forma parte
DATOS	OEE (%)	Valor del OEE
	Disponibilidad (%)	Valor de disponibilidad
	Rendimiento (%)	Valor de rendimiento
	Calidad (%)	Valor de calidad

Tabla 4 Estructura de datos para objeto "LÍNEA DE PRODUCCIÓN"

Estructura de datos para objeto "PLANTA PRODUCTIVA"

METADATOS	Id	Identificador único de planta productiva
	Descripción	Campo descriptivo
	idPais	Identificador del país donde se sitúa la planta productiva
DATOS	OEE (%)	Valor del OEE

Disponibilidad (%)	Valor de disponibilidad
Rendimiento (%)	Valor de rendimiento

Tabla 5 Estructura de datos para objeto "PLANTA PRODUCTIVA"

Estructura de datos para objeto "CORPORACIÓN"

METADATOS	Id	Identificador unívoco de corporación
	Descripción	Campo descriptivo
DATOS	OEE (%)	Valor del OEE
	Disponibilidad (%)	Valor de disponibilidad
	Rendimiento (%)	Valor de rendimiento

Tabla 6 Estructura de datos para objeto "CORPORACIÓN"

Por otro lado, la relación entre las entidades, se define a nivel de base de datos mediante índices referenciados. Se establece por tanto una relación lineal entre cada una de las entidades, siendo "corporación" la entidad con el nivel más elevado, convirtiéndose en la más general según nuestro modelo de datos.

De esta forma, se establecen las siguientes relaciones entre entidades:

- La entidad "corporación" tiene una relación 1 a n con la entidad "Planta productiva".
- La entidad "Planta productiva" a su vez está relacionada 1 a n con la entidad "Línea de producción".
- Por último, la entidad "Línea de producción" está relacionada 1 a n con las máquinas que la componen.

El origen de los datos que sustentan la funcionalidad principal de la plataforma, siempre parte de la entidad "máquina" y se va propagando en las diferentes capas del modelo de datos.

A continuación, podemos ver una representación UML del modelo de datos diseñado para la aplicación:

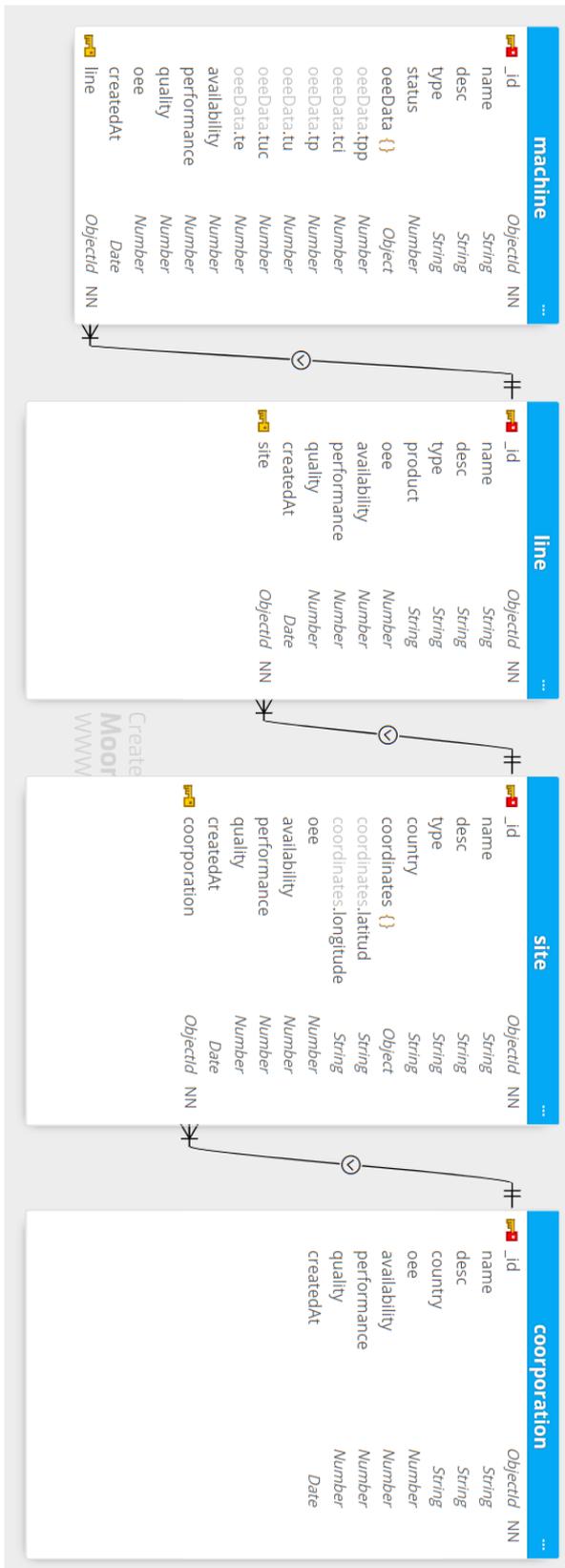


Ilustración 8 Esquema UML

9.6 Sitemap

En nuestra aplicación, la clasificación de la información contenida es un tema crítico. Es importante que la información ofrecida al usuario esté correctamente contextualizada y sea de fácil acceso, simplificando el uso del entorno gráfico.

Por este motivo, el diseño de la navegación se ha centrado en la facilidad de uso a la hora de encontrar cualquier información y su accesibilidad.

Debido a la naturaleza de la aplicación, el sitemap se configurará representando, en su mayoría, la jerarquía de producción. Estas se podrán clasificar en las siguientes subcategorías:

- **Pantalla de Login:** Será la primera pantalla que se muestre al usuario. Desde esta pantalla se podrá realizar la gestión de login con un usuario y contraseña. También será posible dar de alta nuevos usuarios.
- **Nivel Corporación:** Pantalla con la disposición de los datos del OEE agregados para toda la corporación y disposición en mapa de los datos de OEE por cada Planta productiva. Se mostrará tras un inicio de sesión satisfactorio por parte del usuario.
- **Nivel Planta productiva:** En esta pantalla se mostrarán los datos agregados de todas las líneas de producción presentes en una planta productiva.
- **Nivel Línea de producción:** En esta pantalla se mostrarán los datos agregados de todas las máquinas que forman la línea de producción.
- **Nivel máquina:** En esta pantalla se mostrarán los valores OEE para una máquina.
- **Pantalla GIS:**

Según lo anterior, el sitemap de nuestra aplicación se configurará según la siguiente ilustración:

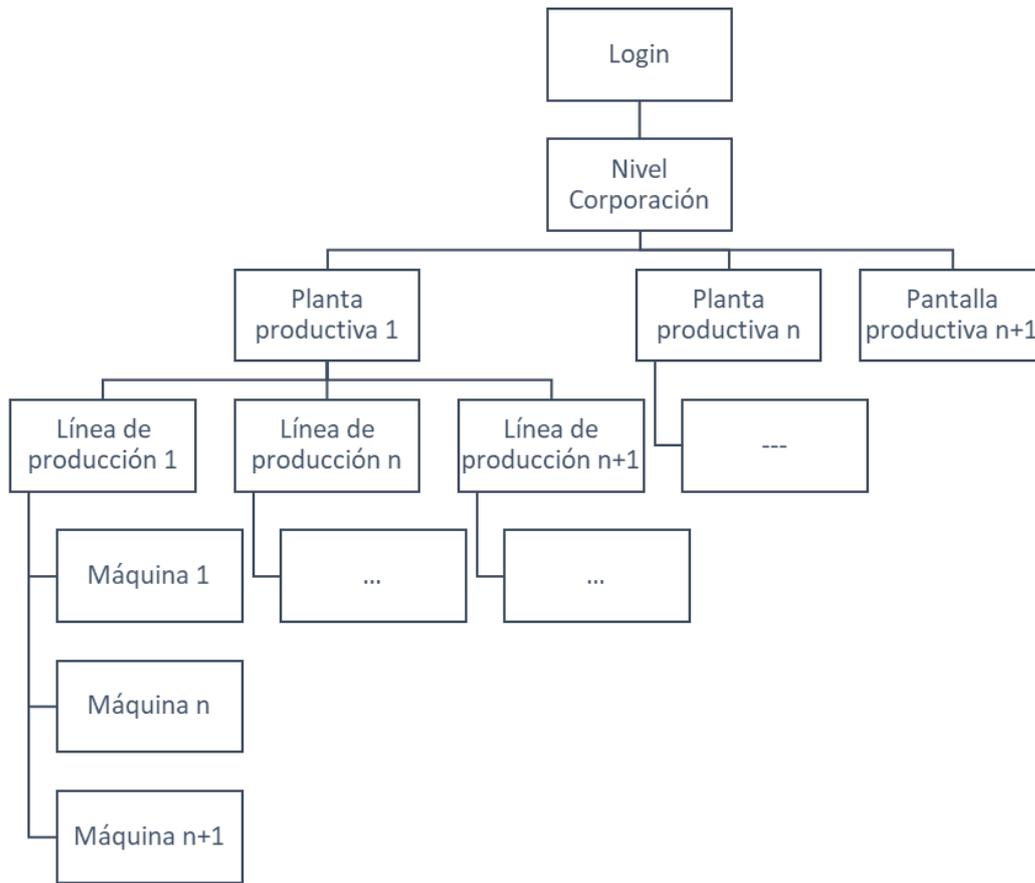


Ilustración 9 Sitemap de la aplicación

Como podemos ver en la imagen anterior, las pantallas de navegación que componen la aplicación se definen en función de los niveles de información que se pretenden representar.

9.7 Diseño de la interacción (Página a pantalla completa)

El patrón de diseño que guiará la implementación de la parte gráfica de nuestra aplicación se basa en el concepto de “Página a pantalla completa”. Este tipo de diseño cuenta con una serie de ventajas que son muy convenientes para el tipo de información y el contexto en que se va a usar la aplicación como pueden ser:

- *Información accesible:* La aplicación está pensada para mostrar una única pantalla por cada perfil de usuario y busca condensar toda la información, que necesita ese perfil, a una sola pantalla. Además, no se considera el “fold” de la página ya que todo el contenido es visible en todo momento y no se utiliza el “scrolling” de pantalla. Se busca que la

interacción de las personas sea visual y reducir lo máximo posible la necesidad de realizar acciones para acceder a los datos.

- *Mayor espacio para organizar el contenido de una página:* El diseño de “página a pantalla completa” también permite maximizar el espacio disponible para mostrar una gran densidad de información, como es el caso de los valores de rendimiento en sus diferentes representaciones. En algunos casos es importante que la distribución de los datos sea lo más legible posible ya que los usuarios van a utilizar esa información para tomar decisiones, en tiempo real, sobre las operaciones que se realizan por cada tipo de perfil. Por eso, un diseño con amplitud para mostrar la información favorece un diseño más limpio y pensado para ser interpretado con facilidad.
- *Foco en el contenido:* Según los casos de uso que se plantean, cada una de las pantallas que componen la aplicación web aglutina el contenido necesario para satisfacer las necesidades operativas de cada perfil dentro de la cadena de producción industrial. Prima el contenido, y la facilidad de acceso al mismo, al diseño.

Siguiendo el patrón de diseño definido anteriormente, se han confeccionado prototipos, de bajo nivel de detalle, para establecer la disposición de la información que va a componer cada una de las pantallas del sitemap.

Todas las pantallas están definidas para unas dimensiones que responden a 1920px de ancho 1080px de alto.

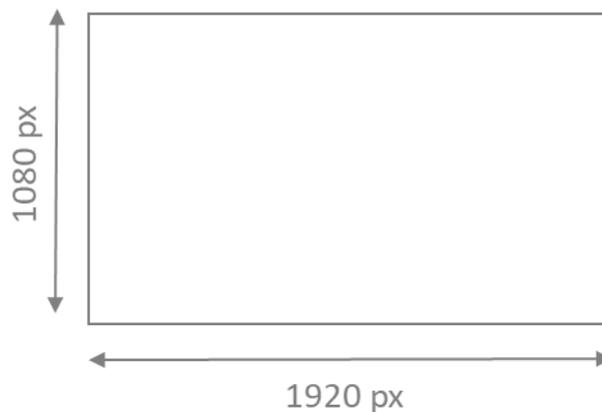


Ilustración 10 Dimensiones de pantalla

a. Pantalla de Login (Pantalla transversal para cualquier perfil)

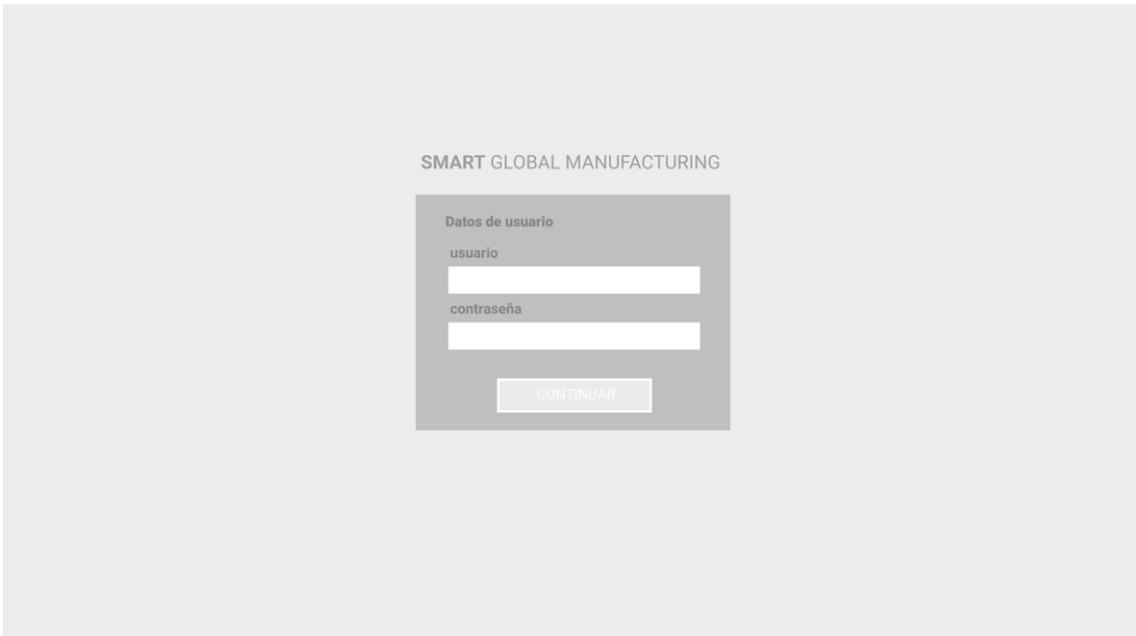


Ilustración 11 Prototipo pantalla login

b. Información de rendimiento de la corporación (Perfil director de operaciones)

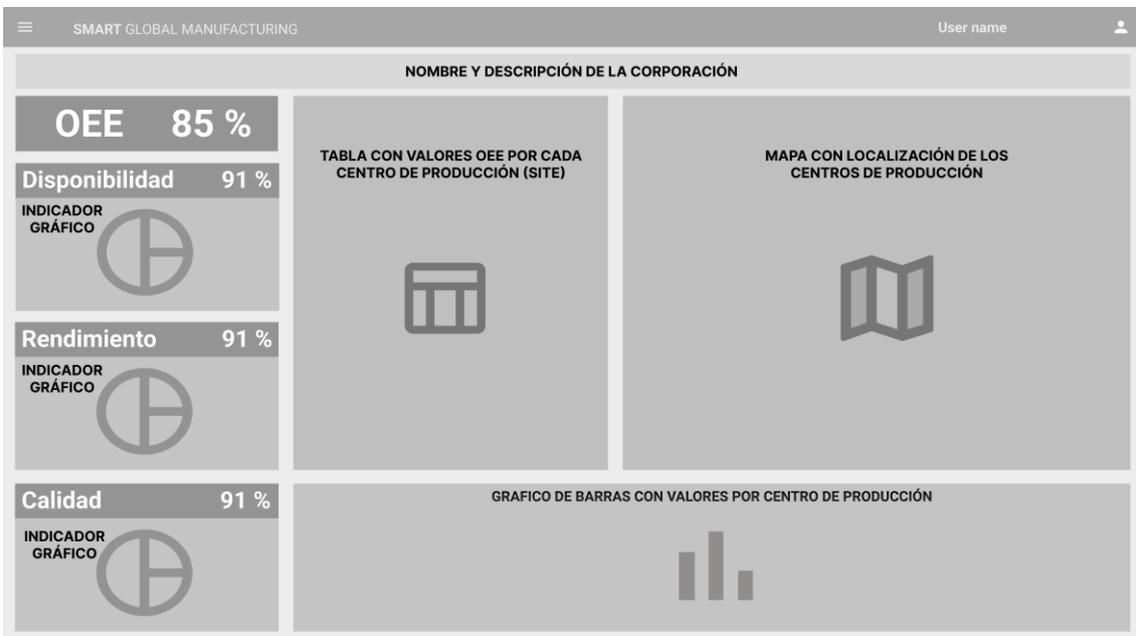


Ilustración 12 Prototipo pantalla nivel corporación

A continuación se muestra la pantalla una vez se despliega el menú lateral:

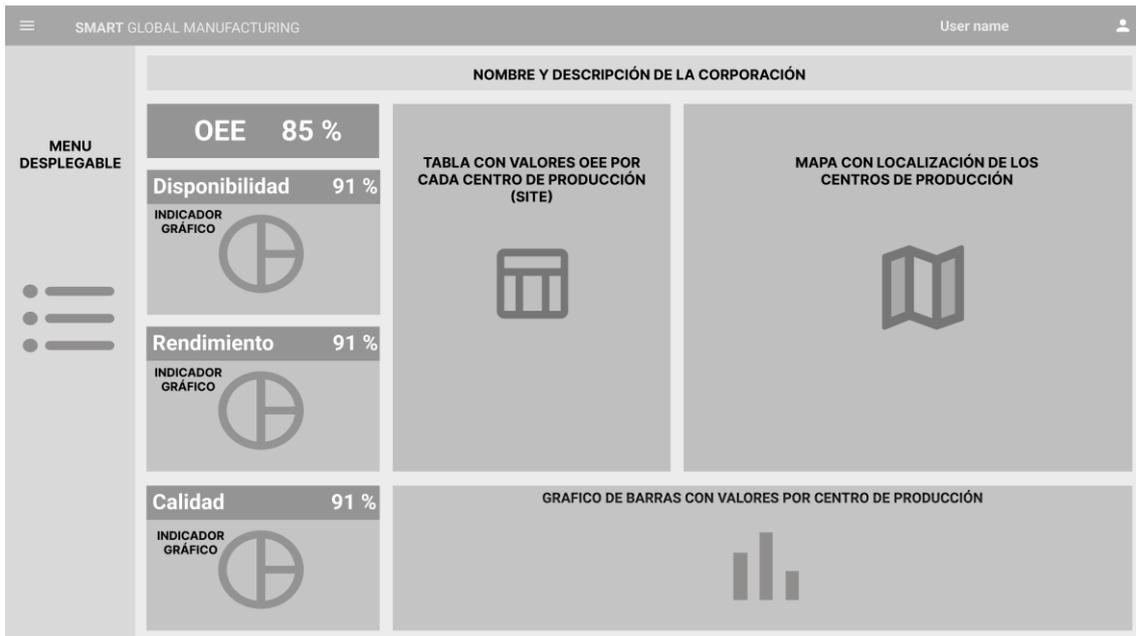


Ilustración 13 Prototipo pantalla nivel corporación (menú desplegado)

c. Información de rendimiento a nivel de planta (Perfil responsable de la producción)

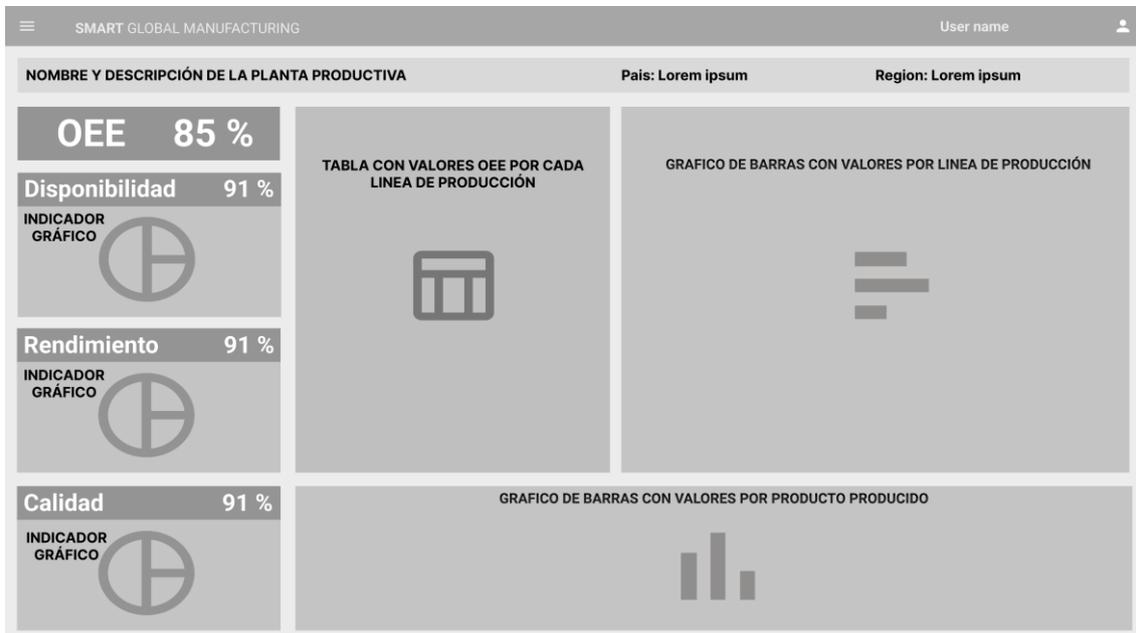


Ilustración 14 Prototipo pantalla nivel planta

A continuación se muestra la pantalla una vez se despliega el menú lateral:

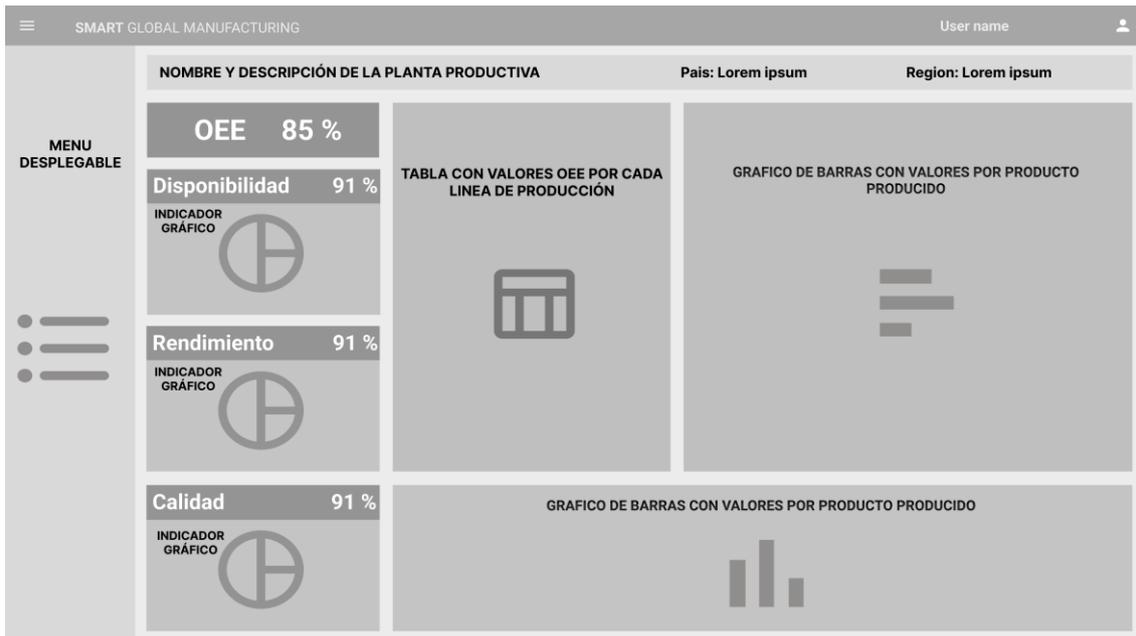


Ilustración 15 Prototipo pantalla nivel planta (menú desplegado)

d. Información de rendimiento a nivel de línea de producción (Perfil encargado/a de línea)



Ilustración 16 Prototipo pantalla nivel línea

A continuación se muestra la pantalla una vez se despliega el menú lateral:

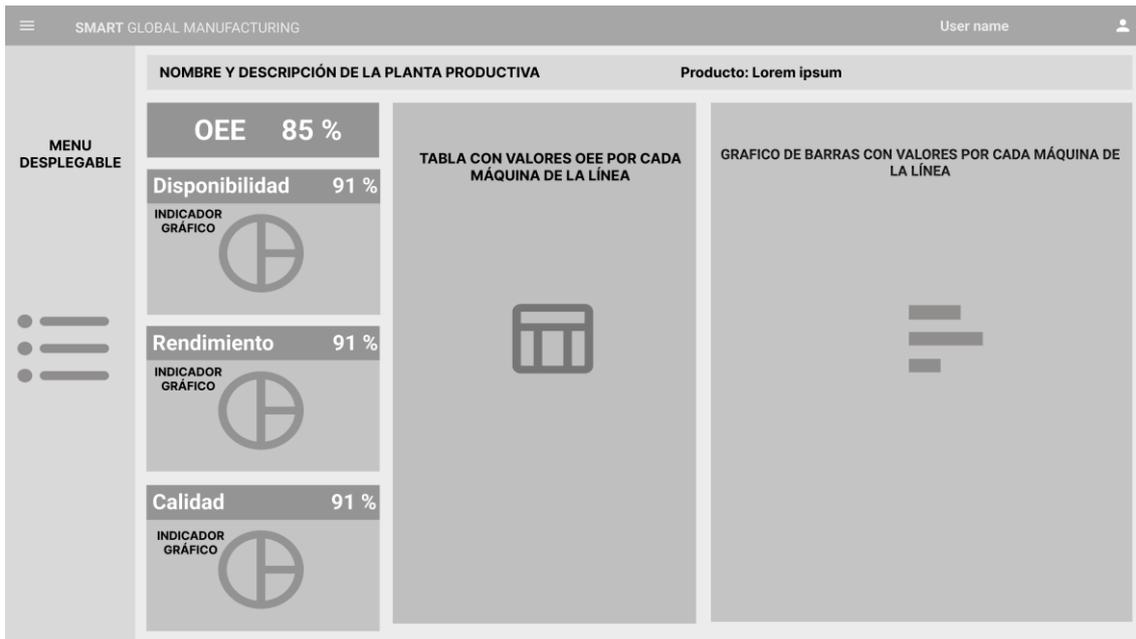


Ilustración 17 Pantalla prototipo nivel línea (menú desplegado)

e. Información de rendimiento de máquina (Perfil operativo/a de máquina)



Ilustración 18 Prototipo pantalla nivel máquina

A continuación se muestra la pantalla una vez se despliega el menú lateral:



Ilustración 19 Prototipo pantalla nivel máquina (menú desplegado)

9.8 Perfiles de usuario

El sistema de autenticación, está provisto de 2 niveles de usuario con permisos diferentes.

Usuario normal: Será capaz de visualizar el contenido de toda la aplicación e interactuar a través del sistema de navegación. El perfil de usuario normal será el que recoja a todas las personas, que accedan a la aplicación, con la motivación de consumir sus datos ya sean operarios de máquina, encargados de línea, responsables de producción u directivos.

Usuario administrador: Además de los permisos otorgados al usuario normal, el usuario administrador podrá modificar y dar de alta nuevos activos a la aplicación y gestionar los usuarios activos dentro de la aplicación. Este perfil corresponde al mantenedor de la aplicación. De forma general, este perfil será representado por el departamento de informática de la empresa o, en su defecto, una empresa externa con un contrato de prestación de servicios.

9.9 Flujo de usuario

El siguiente diagrama muestra los diferentes flujos de usuario en función del perfil de acceso.



Ilustración 20 Diagrama "User Flow"

9.10 tiempoUsabilidad/UX

El diseño de la experiencia de usuario está centrado en mostrar información de un solo vistazo, simplificando la representación de datos y facilitando a los diferentes perfiles de usuario su interpretación y análisis.

Por este motivo se ha utilizado el concepto de dashboard, un tipo de visualización que facilita el mostrar información de un solo vistazo, con un uso muy extendido cuando el usuario pretende actuar en consecuencia a la información ofertada.

Los criterios principales seguidos para este cometido son los siguientes:

- Reducir la complejidad favoreciendo el mostrar la información de forma clara.
- Ofrecer información procesable por el usuario de forma rápida y de un solo vistazo
- Delimitación clara de los diferentes indicadores que forman el dashboard.
- Personalización a las necesidades de cada perfil.

9.11 Seguridad

a. Sistema de autenticación

La autenticación se ha basado en la tecnología JSON Web Token (JWT), un mecanismo que nos permite exponer los datos de la API REST de forma controlada, verificando que las personas que acceden a la información están autorizadas.

Para poder acceder a los datos del servidor, el usuario debe proporcionar una cadena codificada o “token”, de esta forma el servidor puede garantizar que la petición recibida es confiable.

Para poder obtener ese token el usuario deberá logarse, mediante usuario y contraseña, antes de acceder a la aplicación. Para ello, cada vez que el usuario accede a la aplicación, le aparece un formulario de entrada de datos y un botón para enviar los datos. Una vez rellenos los campos de usuario y contraseña, y tras pulsar el botón de enviar, el front-end envía una petición a la API Rest del servidor back-end para que pueda verificar que el usuario está registrado en el sistema y que la contraseña corresponde a la almacenada en su registro de usuario.

Tras el proceso de verificación, el servidor envía un token hacia el cliente. Una vez recibido el front-end lo almacena en local para su posterior consulta, por parte de la aplicación front-end, durante futuras consultas a la API Rest.

A continuación, se muestra un diagrama del proceso de autenticación mediante el sistema basado en JWT:

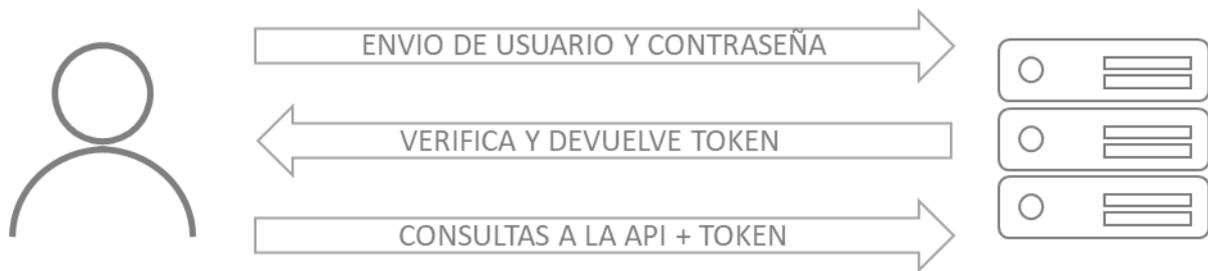


Ilustración 21 Autenticación por token

b. Políticas de contraseñas

Una política de contraseñas **establece las reglas que las contraseñas de un servicio deben cumplir, como la longitud y el tipo de caracteres permitidos y no permitidos**. Además, la política de contraseñas puede especificar que no se permita la entrada de un término que aparezca en un diccionario de términos prohibidos.

Para poder establecer las reglas que las contraseñas de acceso a la plataforma deben cumplir, se han establecido una serie de políticas con el objetivo de las credenciales utilizadas por los usuarios sean más seguras.

Principalmente nos fijamos en dos características, que se consideran definitorias de una credencial segura, como son la fortaleza y la longitud de la misma.

En este sentido, se establecen los siguientes criterios a la hora de aceptar una contraseña válida:

- Debe contener mayúsculas, minúsculas, números y símbolos especiales.
- Como mínimo deben estar compuestas por 12 caracteres.

9.12 Tests

Dada la complejidad de contar con una planta productiva a disposición de la fase de pruebas del proyecto, se ha definido un entorno de test que nos permita validar el funcionamiento de la misma.

Por este motivo, el proyecto contará con un simulador de máquinas basado en la herramienta de programación visual “Node-RED”. Este programa nos

permitirá inyectar al back-end datos en tiempo real que simulen los valores característicos que obtendríamos del controlador PLC⁴ de una máquina.

También nos permitirá comunicar mediante el protocolo MQTT, validando que es posible subir datos a nuestro sistema mediante esta tecnología de uso extendido en dispositivos empleados en la industria actual.

La ejecución del test, se realizará desde Node-RED, y el correcto desempeño de la aplicación se verificará mediante la visualización de la interficie de usuario de la aplicación. De esta forma la arquitectura prevista para el sistema en producción durante la fase de test será la siguiente:

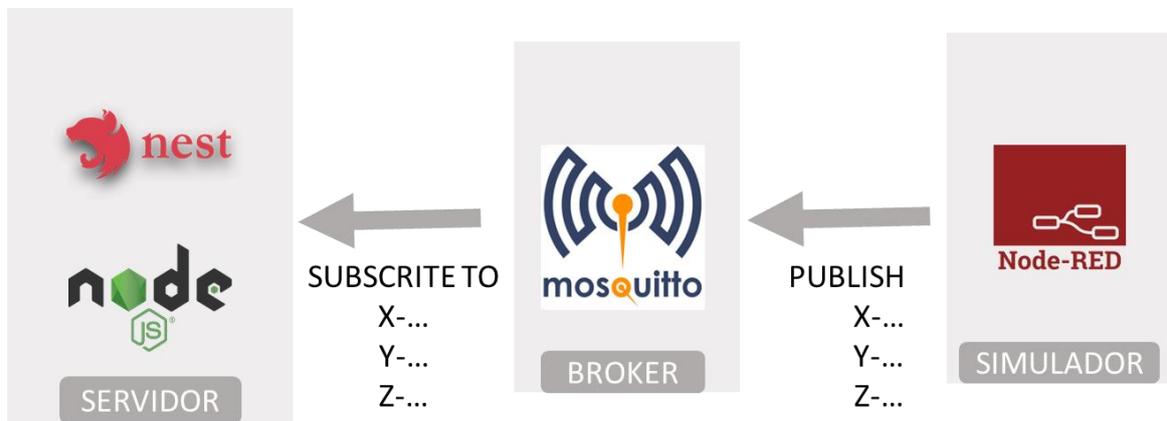


Ilustración 22 Entorno test con simulador

Como podemos ver en la ilustración anterior, a diferencia de la arquitectura de planta reflejada en la “Ilustración 7 Arquitectura de comunicación en planta”, las máquinas que publican datos al broker mqtt, han sido sustituidas por el simulador de señales basado en la tecnología Node-RED.

9.13 Versiones

El control de versiones se realizará mediante la tecnología GIT según la siguiente política de gestión de ramas:

⁴ El termino PLC o “Programmable Logic Controller” hace referencia a la tipología de controlador que se emplea, normalmente, para ejecutar las lógicas de control sobre los elementos que componen una máquina de proceso.

- Master: Será la rama en la que se realicen los diferentes “release” de la aplicación
- Develop: Consolidación de los cambios implementados en el repositorio. La rama “Develop” se fusionará con “Master” cada vez que se establezca un punto de liberación de la aplicación.
- Funciones 1..n+1: Cada una de las funciones de la aplicación, se representará en una rama nueva. Esta rama partirá de la rama “Develop” y fusionará sus cambios sobre la misma una vez se realicen los cambios asociados.

Las ramas de “Funciones” una vez fusionadas con “Develop” se mantendrán hasta el siguiente “reléase” de la aplicación.

La siguiente tabla muestra la planificación de los diferentes releases a “Master” durante las diferentes PEC que componen el proyecto:

Versión	Descripción	Avance
0.1	PEC1: Inicio del repositorio	Inicio del repositorio backend
1.0	PEC2: Prototipos de backend	Primera versión de backend con objeto “máquina”. Conexión con base de datos y API con endpoints documentados en Swagger. Pruebas de la API mediante Postman. Pruebas de seguridad jwt Prueba de comunicación por microservicios a MQTT
1.1	PEC3: Consolidación de backend + prototipo de frontend + comunicación a bróker MQTT	Versión final de backend con objetos máquina, línea y site. Aplicación de seguridad por jwt y pruebas finales del backend con postman.

		<p>Prototipo de frontend sin comunicación con el backend.</p> <p>Se ha levantado el bróker MQTT y se han realizado las primeras pruebas de comunicación con el backend.</p>
2.0	PEC4: Versión entregable de la aplicación.	Aplicación definitiva incluyendo frontend, backend y comunicación con maquina mediante protocolo MQTT.
2.1	Defensa: Posibles correcciones previas a la defensa del proyecto.	

10 Presupuesto

Este presupuesto tendrá en cuenta los costes derivados de todas las fases descritas en el apartado 5.4 Proceso de desarrollo. Además se añadirá una fase de especificación del proyecto para estimar el coste derivado de las fases previas al desarrollo como pueden ser:

- Definición de los requerimientos de los perfiles de usuario considerados
- Especificar las funcionalidades de la aplicación
- Especificar el diseño de la aplicación

El cálculo se realizará en base a las horas de desarrollo que se tendrán que dedicar al proyecto. La estimación del coste hora que se considera en los cálculos ya tiene en cuenta los costes derivados de la actividad como pueden ser alquiler de oficina para albergar la actividad, depreciación de los activos utilizados durante el proyecto (Portátiles, servidores de pruebas, mobiliario etc...), los costes en seguridad social consumo de servicios y cualquier otro gasto de estructura que pueda tener un departamento de ingeniería dedicado al desarrollo de aplicaciones, en el contexto OT⁵, para el sector industrial.

A continuación se detalla la estimación en horas de cada parte del desarrollo:

Capítulo	Descripción	Horas senior (h)
1	Fase de especificación del proyecto	60 h
2	Desarrollo del backend	80 h
3	Desarrollo del frontend	90 h
4	Comunicación con máquinas de proceso	24 h
5	Implementación de la aplicación en entorno productivo	60h
6	Pruebas finales previas a la recepción por parte del cliente	40 h

⁵ Tecnologías operacionales

	TOTAL DE HORAS ESTIMADAS	354 h
--	---------------------------------	-------

Tabla 7 Estimación horas de dedicación

Considerando un coste de personal de 39 €/h⁶ el presupuesto estimado para el desarrollo de esta plataforma se situaría en los 13.806 €

⁶ Coste situado dentro de la media estimada según diversos índices que recogen los costes medios de ingeniería en España durante el año 2022

11 Resultados

En este apartado se presentan los resultados del proceso de desarrollo (descrito en el apartado 9.4). Al final de cada etapa del mismo, se presentan los aportes al desarrollo general y, para terminar, la integración de los resultados en la aplicación web final. En el próximo capítulo se dará paso a las conclusiones.

11.1 Configuración del entorno de desarrollo

Tras la habilitación del entorno de desarrollo y la instalación de las diferentes dependencias, descritas en la fase de especificación, se ha obtenido la base sobre la que se ha comenzado el desarrollo de las posteriores etapas del proyecto.

Tras estudiar las posibles herramientas que podrían facilitar la consecución de las etapas posteriores, se ha comprobado que la selección de los frameworks de desarrollo principales (Nestjs y Angular) y las dependencias utilizadas para configurar la aplicación (HightCharts, Angular Material, Mongoose, jwt,..etc.) han servido para facilitar el desarrollo y cumplir con los objetivos que se habían marcado al inicio del proyecto.

El IDE Visual Studio Code, ha sido clave a la hora de facilitar la tarea de codificar la aplicación ya que se ha comprobado que presenta numerosas ayudas al desarrollador, convirtiéndolo en más productivo. También ha sido clave a la hora de tener un entorno ampliable donde se han podido instalar extensiones para tareas tan transversales como contar con un cliente Git para enlazar al repositorio que nos ha permitido realizar el control de versiones o testear la API Rest mediante una herramienta integrada dentro del propio IDE.

11.2 Implementación de la aplicación backend

Se obtiene un backend, basado en Nestjs, sobre el que se han realizado tareas de desarrollo en 4 sentidos principalmente:

- Conexión con la base de datos MongoDB.

- Implementación de una API Rest con seguridad basada en autenticación mediante tokens.
- Comunicación mediante subscripción a tópicos publicados en un servidor bróker MQTT como es Mosquitto.

Todos los puntos definidos durante la fase de diseño del proyecto, se han podido llevar a cabo con éxito. Obteniendo un backend mínimo viable que nos permitirá ir mejorando la aplicación en futuras versiones.

El framework escogido nos ha facilitado mucho el desarrollo ya que la filosofía y la estructura de la aplicación se asemeja mucho a la que emplea Angular. De esta forma, se facilita la mantenibilidad de la aplicación ya que los perfiles necesarios para continuar el producto se convierten fácilmente en polivalentes pudiendo asumir tanto la parte backend como la parte frontend del sistema.

11.3 Implementación del a aplicación frontend

Finalizado del proceso de desarrollo del frontend quedo al descubierto el trabajo realizado durante la fase de diseño de la interficie de usuario.

El diseño previo se ha visto reflejado en un alto grado y las pruebas realizadas, durante fases posteriores, permiten intuir (a falta de realizar pruebas en un entorno productivo real) que los patrones de diseño escogidos responden a las necesidades de los perfiles de usuario a los que va dirigida la aplicación.

El uso de librerías para el desarrollo como pueden ser “Angular Material” o la librería de gráficos “HightCharts”, ha acelerado el proceso de desarrollo además de ayudar a obtener una aplicación con un diseño uniforme y ajustado a la definición de la experiencia de usuario y una presentación mas estandarizada y mantenible de los datos.

11.4 Comunicación con las máquinas de proceso

Este ha sido un apartado clave para definir el resultado del proyecto como positivo ya que, se trataba de la pieza imprescindible para demostrar que la tecnología web se podía aplicar en entornos industriales.

En este sentido, se ha comprobado que, gracias a la capacidad del framework Nestjs de conectarse mediante el modelo publicista/subscriptor usando el

protocolo Mqtt, el sistema es capaz de obtener datos a través de este protocolo.

Se ha conseguido que los datos en tiempo real que definen los valores característicos del OEE de una máquina, puedan ser introducidos mediante suscripción a tópicos registrados en un bróker Mqtt.

11.5 Pruebas finales en entorno simulado

La consecución de las etapas anteriores, han podido ser validadas mediante el entorno simulado.

Se comprueba que la herramienta Node-Red ha sido de gran ayuda y un elemento clave para poder simular las señales que se convertirían en los valores en tiempo real que muestra la interficie de usuario.

11.6 Resultados finales

Tras finalizar las etapas anteriores, obtenemos una aplicación mínima viable capaz de cumplir como herramienta de la mejora de la eficiencia de la producción.

12 Conclusiones y trabajos futuros

Tras el análisis de los resultados obtenidos en el proyecto, consideramos que la aplicación de la tecnología web, para la monitorización de la eficiencia en entornos industriales, es plenamente viable.

Esta conclusión, se basa principalmente en el la posibilidad de utilizar un protocolo de máquina a máquina (M2M) como es MQTT. Esta característica permite a nuestra plataforma utilizar una mensajería ligera, pudiendo transmitir datos a través de redes no fiables y con un ancho de banda limitado. Mediante el uso de sistemas de control de flotas de dispositivos y la securización y cifrado de los datos mediante certificados, cualquier máquina con acceso a internet podrá servir como origen de datos para nutrir a la plataforma Smart Global Manufacturing de valores en tiempo real de nuestra producción.

Por otro lado en empresas con un solo emplazamiento, donde el uso del protocolo MQTT no supondría una ventaja tan destacable, la aplicación puede ser muy competitiva en comparación al uso de sistemas de tipo SCADA ya que el coste de licenciamiento declinaría la balanza muy a favor de nuestra plataforma en este tipo de desarrollo. Además, los sistemas SCADA suelen presentar problemas a la hora de desplegar sus arquitecturas en una nube publica, una característica que dificulta la posibilidad de prescindir de una infraestructura de servidores física que permita escalar de forma ágil en entornos muy distribuidos.

Para futuras evoluciones de la plataforma, consideramos que es primordial mejorar los procesos de desarrollo asegurando la calidad del producto final mediante el uso de metodologías ágiles y el empleo de test unitarios durante el desarrollo y mejora de las funcionalidades del producto.

Respecto al impacto positivo previsto en la sostenibilidad de los procesos productivos y sus consecuencias para el medio ambiente, Smart Global Manufacturing se convertiría en una herramienta complementaria a la aplicación de políticas de reducción del consumo de recursos. La inteligencia operacional que ofrece la plataforma se convierte en una fuente de información que permitirá a las empresas tomar mejores decisiones en esta línea.

El resultado final nos deja una aplicación mínima viable que tendrá que ser revisada en el caso que la plataforma se implante en un entorno productivo. Se considera que las pruebas con entorno simulado, a través de Node-RED, sitúan a Smart Global Manufacturing como candidata para poder servir como herramienta que mejore la eficiencia en la producción, pudiendo adaptarse diferentes procesos productivos y escalando desde pequeñas instalaciones hasta empresas con varios emplazamientos a nivel mundial.

13 Glosario

API: Application Programming Interfaces

HTTP: Hypertext Transfer Protocol

JSON: JavaScript Object Notation

JWT: JSON Web Token

M2M: Machine to machine

MES: Manufacturing Execution System

MQTT: Message Queuing Telemetry Transport

OEE: Overall Equipment Effectiveness

REST: Representation State Transfer

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition

PLC: Controlador Lógico Programable.

UML: Unified Modeling Language

14 Bibliografía

- [1] by Kamil Mysliwiec. (1 de Octubre de 2022). *Official NestJS Consulting*.
Obtenido de <https://docs.nestjs.com/>
- [2] auth0 by Okta. (22 de Octubre de 2022). *JWT*. Obtenido de <https://jwt.io/>
- by Google. (5 de Octubre de 2022). *Angular Docs*. Obtenido de
<https://angular.io/docs>
- [3] Eclipse foundation. (25 de Septiembre de 2022). *Eclipse Mosquitto*.
Obtenido de <https://mosquitto.org/>
- [4] Highcharts. (15 de Noviembre de 2022). *Highcharts Documentation*.
Obtenido de <https://www.highcharts.com/docs/index>
- [5] Microsoft. (1 de Septiembre de 2022). *Visual Studio Code*. Obtenido de
<https://code.visualstudio.com/>
- [6] Stadnicka, D., Sep, J., Amadio, R., Mazzei, D., Tyrovolas, M., Stylios, C., . . .
Navarro, J. (2022). Industrial Needs in the Fields of Artificial Intelligence,
Internet of Things and Edge Computing. *sensors*. Obtenido de
<https://doi.org/10.3390/s22124501>
- [7] The OpenJS Foundation. (1 de Septiembre de 2022). *nodejs*. Obtenido de
<https://nodejs.org/en/>
- [8] The OpenJS Foundation. (15 de Noviembre de 2022). *Node-RED*. Obtenido
de <https://nodered.org/>

15 Anexos

15.1 Imágenes de la documentación de la API Rest mediante implementación de la tecnología Swagger.

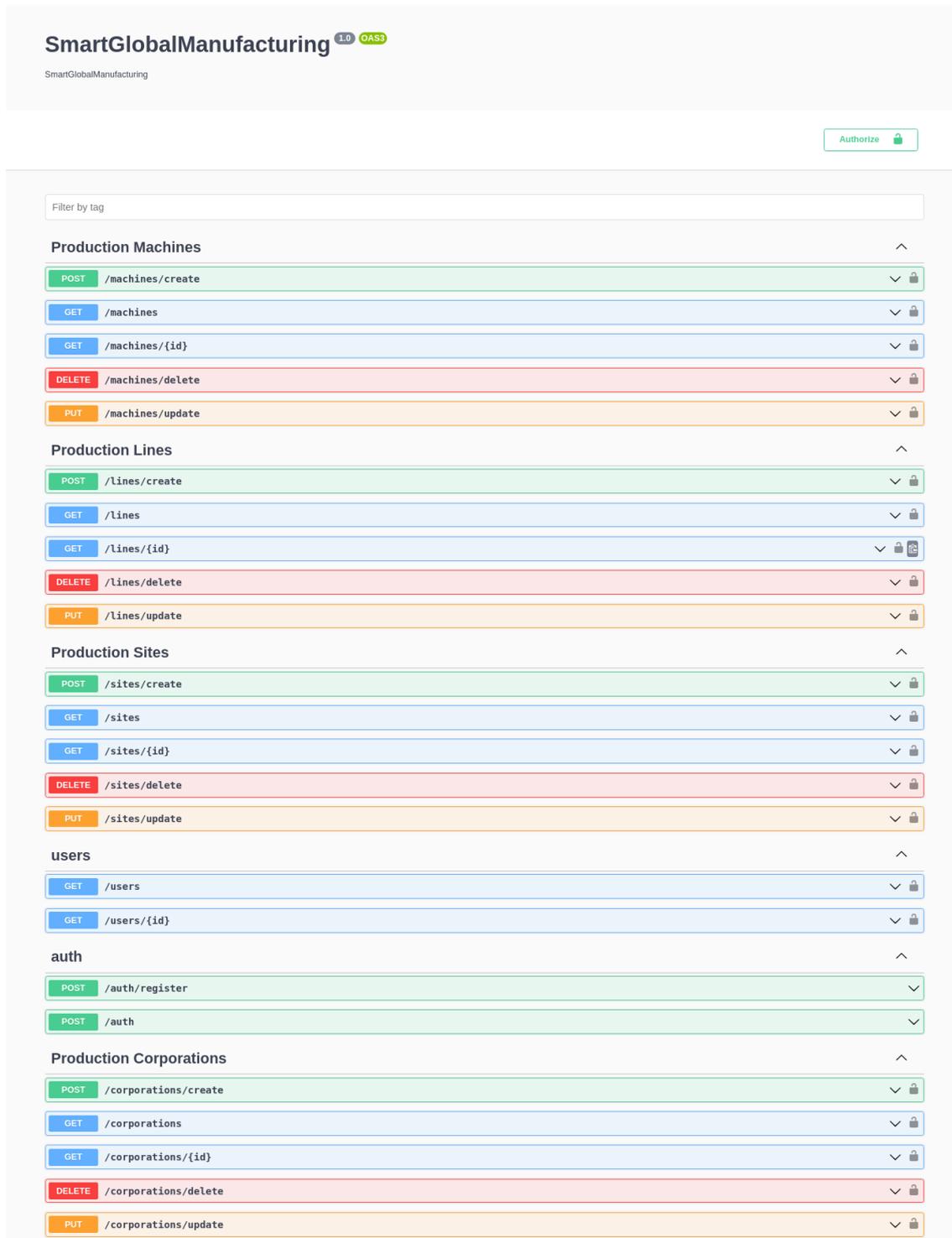


Ilustración 23 Documentación Swagger

e. Decodificación del token mediante jwt.io web

Encoded PASTE A TOKEN HERE

```
eyJhbGciOiJIUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9.eyJpZCI6IjYzYzI2YjkyZDIxYzgzZDdhYTk0ZjQ5YyIsIm5hbWUiOiJkdWVhZm9uc28gTWVyaW5vIiwiaWZ1haWwiOiJkdWVhZm9uc28gTWVyaW5vIiwiaWF0IjoiYjZlYWRtaW4iXSwiaWV0IjoxNjc2Njg1OTg1LCJleHAiOjE2NzMTQ3ODV9.aTXW4DC16yCsgOCunaAhMnXRTN8nmsjEeWIo3NHbs5w
```

Decoded EDIT THE PAYLOAD AND SECRET

```
HEADER: ALGORITHM & TOKEN TYPE
{
  "alg": "HS256",
  "typ": "JWT"
}

PAYLOAD: DATA
{
  "id": "63c26b92d21c83d7aa94f49c",
  "name": "Juan Alfonso Merino",
  "email": "juanalfonsomerino@uoc.edu",
  "roles": [
    "admin"
  ],
  "iat": 1673685985,
  "exp": 1673714785
}

VERIFY SIGNATURE
HMACSHA256(
  base64UrlEncode(header) + "." +
  base64UrlEncode(payload),
  your-256-bit-secret
)  secret base64 encoded
```

Ilustración 26 Decodificación del token

f. Consulta de máquinas

The screenshot shows a web browser interface for testing an API. The URL is `localhost:3000/machines`. The headers section shows the following:

- Accept: */*
- User-Agent: Thunder Client (https://www.thunderclient.com)
- Authorization: Bearer eyJhbGciOiJIUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9.eyJpZCI6IjYzYzI2YjkyZDIxYzgzZDdhYTk0ZjQ5YyIsIm5hbWUiOiJkdWVhZm9uc28gTWVyaW5vIiwiaWZ1haWwiOiJkdWVhZm9uc28gTWVyaW5vIiwiaWF0IjoiYjZlYWRtaW4iXSwiaWV0IjoxNjc2Njg1OTg1LCJleHAiOjE2NzMTQ3ODV9.aTXW4DC16yCsgOCunaAhMnXRTN8nmsjEeWIo3NHbs5w

The response is a JSON array of machine objects. The first object is:

```
{
  "machines": [
    {
      "oeedata": {
        "tpp": 75,
        "tci": 234,
        "tp": 49,
        "tu": 23,
        "tuc": 234,
        "te": 25
      },
      "id": "63b41c08434c4110a11390",
      "name": "MAQUINA 84",
      "desc": "Estacion 03 linea 4",
      "type": "Empaquetadora",
      "status": 1,
      "createdAt": "2023-01-03T12:14:02.019Z",
      "updatedAt": "2023-01-11T14:06:50.554Z",
      "p": 89,
      "oe": 75,
      "availability": 98,
      "performance": 89,
      "quality": 88
    },
    {
      "oeedata": {
        "tpp": 98,
        "tci": 234,
        "tp": 898,
        "tu": 23,
        "tuc": 234,
        "te": 25
      },
      "id": "63b4284c7eb13b3561609c24",
      "name": "maquina-82",
      "desc": "Empaquetadora de linea",
      "type": "Empaquetadora",
      "status": 1,
      "createdAt": "2023-01-03T12:14:02.019Z"
    }
  ]
}
```

Ilustración 27 Pruebas API Consulta de máquinas

15.3 Imágenes de la aplicación en entorno de test

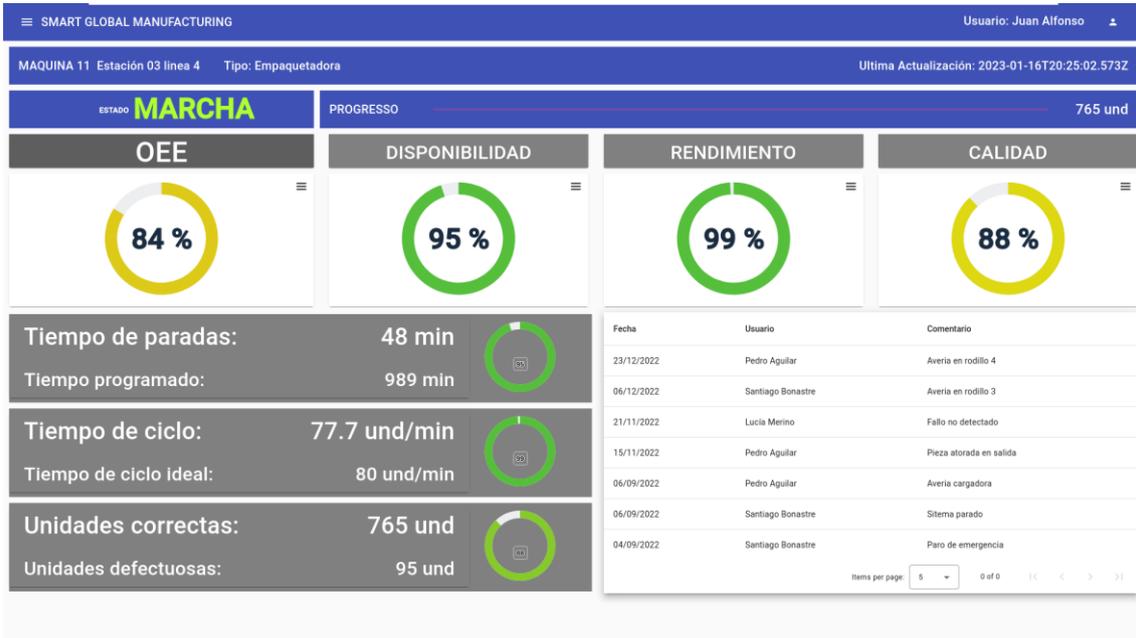


Ilustración 28 Demo pantalla máquina



Ilustración 29 Demo menú de navegación

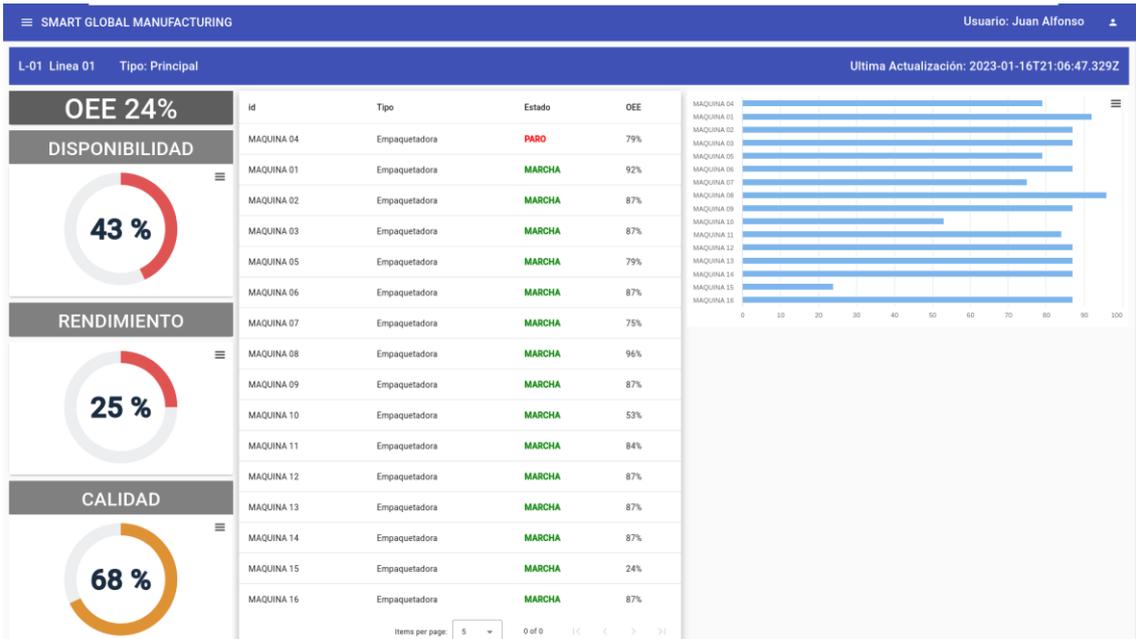


Ilustración 30 Demo pantalla línea