



# Cuadro de Mandos para una Planta de Pulido y Rectificado de Piezas Cerámicas

**Galindo Alcalde, Félix**

Grado en Ingeniería Informática

**Andrés Sanz, Humberto**

14/06/2012



Esta obra está sujeta a una licencia de [Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 España de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

## FICHA DEL TRABAJO FINAL

|  |   |
|--|---|
| <b>Título del trabajo:</b>   | <i>Cuadro de Mandos para una Planta de pulido y rectificado de Piezas Cerámicas</i> |
| <b>Nombre del autor:</b>   | <i>Galindo Alcalde, Félix</i>   |
| <b>Nombre del consultor:</b>   | <i>Andrés Sanz, Humberto</i>  |
| <b>Fecha de entrega (mm/aaaa):</b>   | <i>06/2020</i>  |
| <b>Área del Trabajo Final:</b>   | <i>Business Intelligence</i>  |
| <b>Titulación:</b>   | <i>Grado en Ingeniería Informática</i>  |
| <b>Resumen del Trabajo (máximo 250 palabras):</b>  |   |
| <p>En este trabajo, se describe el desarrollo e implantación de un cuadro de mandos para una planta de producción de una determinada industria, abarcando todas las fases del proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Comparativo entre distintas plataformas de BI y selección según necesidades del cliente.</li><li>- Mecanismos de captura de datos de distintos dispositivos: (máquinas de la planta, autómatas programables, dispositivos IOT, etc.)</li><li>- Procesos de consolidación de datos y traslado a las distintas bases de datos para su explotación.</li><li>- Selección de los indicadores apropiados</li><li>- Generación del modelo y cuadro de mandos con PowerBI.</li></ul> |   |

**Abstract (in English, 250 words or less):**

This paper describes the development and implementation of a control panel for a production plant, covering all phases of the project:

- Comparison of different BI platforms, and selection according to customer requirements..
- Data capture mechanisms from different devices: (industrial machines, programmable controllers, IOT devices, etc.)
- Data consolidation processes and transfer to different databases for exploitation.
- Selection of appropriate indicators.
- Development of the model and control panel with PowerBI.

**Palabras clave (entre 4 y 8):**

PowerBI, IOT, MQTT, Industrial, Indicadores, Producción

# Índice

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>Introducción.....</b>  | <b>1</b> |
| 1.1      | Contexto y justificación del trabajo .....                        | 1        |
| 1.2      | Objetivos.....  | 2        |
| 1.3      | Enfoque y método de trabajo.....                                  | 3        |
| 1.4      | Entregables .....   | 3        |
| 1.5      | Planificación de los trabajos / Diagrama de Gantt.....            | 4        |
| <b>2</b> | <b>Resto de capítulos.....</b>                                    | <b>7</b> |
| 2.1      | Elección de la plataforma BI .....                                | 7        |
| 2.1.1    | ThoughtSpot .....   | 8        |
| 2.1.2    | Tableau .....   | 9        |
| 2.1.3    | Qlik.....   | 10       |
| 2.1.4    | La plataforma de BI de Microsoft .....                            | 11       |
| 2.1.5    | Plataforma elegida.....   | 12       |
| 2.2      | Descripción de la arquitectura .....                              | 13       |
| 2.2.1    | Orígenes de datos de planta.....                                  | 13       |
| 2.2.2    | Agentes de captura y colas de mensajes .....                      | 17       |
| 2.2.3    | Orígenes de datos BI.....   | 18       |
| 2.3      | Instalación de la plataforma.....                                 | 20       |
| 2.4      | Información por mostrar en el informe, indicadores y ratios ..... | 22       |
| 2.4.1    | Información sobre la empresa, turnos y horarios .....             | 22       |
| 2.4.2    | Indicadores apropiados para la planta de producción .....         | 22       |
| 2.4.2.1  | Informe de producción básico .....                                | 24       |
| 2.4.2.2  | SCRAP .....   | 25       |
| 2.4.2.3  | FTT (First Time Through) .....                                    | 25       |
| 2.4.2.4  | Disponibilidad de la máquina.....                                 | 26       |
| 2.4.2.5  | % Eficiencia o rendimiento.....                                   | 27       |
| 2.4.2.6  | OEE (%).....  | 27       |
| 2.4.2.7  | BTS (Build to Schedule) .....                                     | 28       |
| 2.4.2.8  | Productividad de mano de obra.....                                | 29       |
| 2.4.2.9  | Disponibilidad por avería .....                                   | 30       |
| 2.4.2.10 | MTBF (Mid Time Between Failure) .....                             | 30       |
| 2.4.2.11 | MTTR (Mid Time To Repair) .....                                   | 30       |
| 2.4.2.12 | IMP (Índice de Mantenimiento Preventivo).....                     | 30       |
| 2.4.2.13 | IMC (Índice de Mantenimiento correctivo).....                     | 31       |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 2.4.2.14   | IME (Índice de Mantenimiento correctivo de tipo Emergencia).....     | 31        |
| <b>2.5</b> | <b>Análisis de datos y los maestros .....</b>                        | <b>32</b> |
| 2.5.1      | Desde el ERP .....   | 32        |
| 2.5.1.1    | Líneas y secciones de producción .....                               | 32        |
| 2.5.1.2    | Ordenes de Producción .....  | 32        |
| 2.5.1.3    | Planificación producción .....                                       | 33        |
| 2.5.1.4    | Turnos de Trabajo .....  | 33        |
| 2.5.2      | Desde la BD del GMAO (gestión de mantenimiento) .....                | 34        |
| 2.5.2.1    | Ordenes de trabajo de mantenimiento .....                            | 34        |
| 2.5.3      | Desde BD Control de presencia .....                                  | 34        |
| 2.5.3.1    | Horas trabajadas operarios.....                                      | 34        |
| 2.5.4      | Desde Excel.....   | 34        |
| 2.5.4.1    | Datos ciclos y conversiones por formato .....                        | 34        |
| 2.5.5      | Base de datos NoSQL: MongoDB.....                                    | 35        |
| 2.5.5.1    | IOTData .....  | 35        |
| 2.5.6      | Desde la BD de ratos resumidos .....                                 | 36        |
| 2.5.6.1    | Tiempos de paro .....  | 36        |
| 2.5.6.2    | Contadores de cada sensor totalizados por turno y numero de OP ..... | 36        |
| 2.5.6.3    | Datos informe calidad "Surface Inspection" .....                     | 37        |
| <b>2.6</b> | <b>Generación del modelo.....</b>                                    | <b>38</b> |
| 2.6.1.1    | Conexión con los datos .....   | 38        |
| 2.6.1.2    | Trabajar con los datos de Excel.....                                 | 39        |
| 2.6.1.3    | Generación de la tabla Calendario .....                              | 40        |
| 2.6.1.4    | Administrar las relaciones.....                                      | 41        |
| 2.6.1.5    | Unión de consultas.....  | 42        |
| 2.6.1.6    | Selección del modelo de datos. ....                                  | 44        |
| 2.6.1.6.1  | El Modelo de estrella.....   | 45        |
| 2.6.1.6.2  | El modelo de copo de nieve .....                                     | 46        |
| 2.6.1.6.3  | El modelo de galaxia.....  | 46        |
| 2.6.1.7    | Nuestro modelo final .....   | 47        |
| <b>2.7</b> | <b>Creación del cuadro de mandos .....</b>                           | <b>48</b> |
| 2.7.1      | Columnas calculadas.....   | 48        |
| 2.7.1.1    | Dimensión Calendario .....   | 49        |
| 2.7.1.2    | Dimensión ProductOrders.....   | 49        |
| 2.7.1.3    | Tabla de hechos: tHechosProducción .....                             | 51        |
| 2.7.2      | Creación de medidas .....  | 52        |
| 2.7.2.1    | Medidas básicas: .....   | 53        |
| 2.7.2.2    | RatiosProducción .....   | 56        |
| 2.7.2.3    | MedidasMantenimiento .....   | 61        |
| 2.7.3      | Interfaz gráfico del cuadro de mandos.....                           | 65        |
| 2.7.3.1    | Página Inicio .....  | 66        |
| 2.7.3.2    | Página Datos de producción diaria .....                              | 67        |
| 2.7.3.3    | Página Indicadores de Producción .....                               | 67        |
| 2.7.3.4    | Página BTS.....  | 68        |
| 2.7.3.5    | Página Indicadores de mantenimiento .....                            | 69        |
| 2.7.3.6    | Algunos casos de uso .....   | 70        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 2.7.3.6.1 | Revisión de la producción del día anterior.....  | 70        |
| 2.7.3.6.2 | Revisión mensual de un indicador de producción.....  | 71        |
| 2.7.3.6.3 | Análisis del scrap .....   | 73        |
| <b>3</b>  | <b>Conclusiones .....</b>  | <b>75</b> |
| 3.1       | Lecciones aprendidas.....  | 75        |
| 3.2       | Objetivos conseguidos .....  | 76        |
| 3.3       | Planificación y metodología .....  | 76        |
| 3.4       | Trabajos futuros .....   | 76        |
| <b>4</b>  | <b>Glosario .....</b>  | <b>78</b> |
| <b>5</b>  | <b>Bibliografía .....</b>  | <b>81</b> |
| <b>6</b>  | <b>Anexos.....</b>   | <b>83</b> |
| 6.1       | main.cpp (Sketch para Arduino YUN2).....   | 83        |
| 6.2       | 5069_25398_20180530_121532.brp (Informe de producción máquina Surface<br>Inspection) ..... | 84        |
| 6.3       | process_surface_files.py .....   | 85        |
| 6.4       | MQTT2BF_v2.py .....  | 86        |
| 6.5       | ProcessIOTData.py .....  | 87        |

## Lista de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Planificación con Gannt Project                        | 4  |
| Figura 2 - Diagrama de Gannt (parte1)                             | 5  |
| Figura 3 - Diagrama de Gannt (parte2)                             | 6  |
| Figura 4 - Cuadrante mágico Gatner                                | 7  |
| Figura 5 - Lista precios Tableau                                  | 9  |
| Figura 6 - Lista precios Qlik                                     | 10 |
| Figura 7 - Lista de precios de PowerBI                            | 11 |
| Figura 8 - Esquema de la solución                                 | 13 |
| Figura 9 - Ejemplo cálculo Rdto. Volumen                          | 28 |
| Figura 10 - Ejemplo cálculo Rdto. del Mix                         | 29 |
| Figura 11 - Ejemplo Rdto. Secuencia                               | 29 |
| Figura 12 - Ordenes de Producción                                 | 33 |
| Figura 13 - Planificación de la Producción                        | 33 |
| Figura 14 - Turnos de trabajo                                     | 33 |
| Figura 15 - OT Mantenimiento                                      | 34 |
| Figura 16 - Marcajes personal                                     | 34 |
| Figura 17 - Características técnicas productos                    | 35 |
| Figura 18 - Muestra tabla IoTData                                 | 35 |
| Figura 19 - Tiempos de paro                                       | 36 |
| Figura 20 - Resumen contadores por OP/Turno                       | 37 |
| Figura 21 - Muestra datos capturados máquina "Surface Inspection" | 37 |
| Figura 22 - Panel inicial PowerBI                                 | 38 |
| Figura 23 - Selección Origen de datos Sql Server                  | 38 |
| Figura 24 - Datos conexión  | 39 |
| Figura 25 - Selección tabla a importar                            | 39 |
| Figura 26 - Obtener datos de excel                                | 39 |
| Figura 27 - Seleccionar tabla de excel                            | 40 |
| Figura 28 - Generación tabla Calendario                           | 40 |
| Figura 29 - Administrar relaciones                                | 41 |
| Figura 30 - Relaciones entre dimensiones                          | 42 |
| Figura 31 - Transformar datos                                     | 42 |
| Figura 32 - Combinar consultas                                    | 43 |
| Figura 33 - Columnas usadas en la combinación de consultas        | 43 |
| Figura 34 - Selección de columnas a añadir                        | 43 |
| Figura 35 - Tabla resultante                                      | 44 |
| Figura 36 - Relaciones después de la combinación                  | 44 |
| Figura 37 - Esquema modelo estrella                               | 45 |
| Figura 38 - Esquema modelo copo de nieve                          | 46 |
| Figura 39 - Esquema modelo galaxia                                | 46 |
| Figura 40 - Esquema final del modelo                              | 47 |
| Figura 41 - Añadir columna  | 48 |
| Figura 42 - Función usada para la creación de una nueva columna   | 48 |
| Figura 43 - Tablas y medidas                                      | 52 |
| Figura 44 - Botones volver atrás y eliminar filtros               | 65 |
| Figura 45 - Obtener detalles                                      | 65 |
| Figura 46 - Página inicial cuadro de mandos                       | 66 |
| Figura 47 - Página Datos de producción diaria                     | 67 |



|  |    |
|--|----|
| <i>Figura 48 - Página Indicadores de Producción</i>  | 68 |
| <i>Figura 49 - Página cálculo del BTS</i>  | 68 |
| <i>Figura 50 - Página de Indicadores de Mantenimiento</i>  | 69 |
| <i>Figura 51 - Selección día</i>   | 70 |
| <i>Figura 52 - Obtener detalles de la producción diaria</i>  | 70 |
| <i>Figura 53 - Tiempo de paro en tabla de Producción Diaria</i>                                      | 70 |
| <i>Figura 54 - Obtener detalles para ir a la página de los Indicadores de Producción</i>             | 71 |
| <i>Figura 55 - Detalle avería</i>  | 71 |
| <i>Figura 56 - BTS de la OP analizada</i>  | 71 |
| <i>Figura 57 - Selección del mes a analizar</i>  | 72 |
| <i>Figura 58 - Grafico tendència OEE%</i>  | 72 |
| <i>Figura 59 - Detalle tabla Indicadores de Producción</i>   | 72 |
| <i>Figura 60 - Detalle tabla Producción Diaria</i>   | 72 |
| <i>Figura 61 - Detalle datos mantenimiento</i>   | 73 |
| <i>Figura 62 - Gráfico tendencia del scrap</i>   | 73 |
| <i>Figura 63 - Indicadores de producción ordenados por scrap (de peor a mejor)</i>                   | 73 |
| <i>Figura 64- Indicadores de producción ordenados por scrap (de mejor a peor)</i>                    | 74 |
| <i>Figura 65 - Indicadores de producción ordenados por fecha, para poder ver el scrap de cada OP</i> | 74 |

# 1 Introducción

## 1.1 Contexto y justificación del trabajo

En la provincia donde resido (Castellón) están situadas alrededor del 94%<sup>1</sup> de las empresas españolas dedicadas a la producción de baldosas cerámicas en sus distintas versiones (revestimientos, pavimentos, granitos, laminas, cenefas) ... Se trata de un tipo de industria familiar, con procesos de fabricación tradicionales que han ido evolucionado a través de los años, pero que todavía tienen mucho camino que recorrer en cuanto a automatización, sensorización y análisis de los datos de producción, de hecho, el mecanismo habitual para que un director de producción pueda revisar cómo ha ido una jornada de trabajo (o el fin de semana) es repasar partes de producción de escasa fiabilidad realizados en papel o pequeñas aplicaciones informáticas con formularios básicos donde los operarios de planta apuntan manualmente las cantidades producidas.

Posteriormente, el director de producción suele sumar las cantidades introducidas por los operarios, los tiempos de paro e incidencias en un Excel en el que gestiona una especie de histórico con los metros cuadrados producidos por día y el resto de los datos interesantes que se hubieran podido producir.

Es cierto que, hasta hace poco, un proyecto de sensorización y captura de datos en planta requería de una gran inversión ya que sólo se podía hacer a través de caros autómatas y extensas tiradas de cable, pero esto ha cambiado en la actualidad.

Por un lado, desde hace unos años, se disponen de pequeños dispositivos muy asequibles (Rapsberry, Arduino y otros microcontroladores como el ESP32 y similares) que permiten la obtención de datos a través de sus GPIOs (entradas digitales y analógicas), y por otro, el avance de las redes WIFI y 4G permiten un despliegue rápido y eficaz de este tipo de dispositivos... La consecuencia es que cada vez se recogen más datos y se requieren soluciones capaces de gestionar toda esta información de forma fiable y a ser posible, en tiempo real.

## 1.2 Objetivos

Teniendo en cuenta lo expuesto en punto anterior, el objetivo de este TFG es la creación de un “Cuadro de Mandos para una Planta de pulido y rectificado de Piezas Cerámicas” en el cual se consolidarán y resumirán datos de distintos orígenes para poder desarrollar los indicadores habituales que dan respuesta a varias preguntas sobre una planta de producción.

Concretamente, a través de distintos indicadores, nuestro cuadro de mandos deberá reflejar el funcionamiento de la planta y responder preguntas como, por ejemplo:

¿Qué material se ha producido, durante cuánto tiempo y cuanta energía ha necesitado?

¿Ha habido alguna incidencia durante el turno?

¿Cuánto tiempo de paro se ha acumulado y por qué?

¿Qué nivel de merma (material producido que se desecha) tenemos por cada sección?

¿Se está consumiendo la energía que teníamos previsto consumir?

¿Se está produciendo con la calidad esperada?

¿Se puede optimizar el proceso?

¿Cuál es el OEE de cada máquina y cómo podemos mejorarlo, identificando los factores que producen la desviación?

Evidentemente, para poder responder a estas y otras preguntas, lo primero que necesitamos son datos (difícilmente podremos realizar indicadores de energía, si no tenemos un analizador de red informando del consumo), pero en este proyecto, partiremos desde la premisa que la planta está totalmente sensorizada.

### 1.3 Enfoque y método de trabajo

Este proyecto servirá como plantilla para un proyecto real que será implantado en una planta de producción y que en la actualidad está realizando una prueba piloto con dispositivos IOT en una de sus líneas de producción, por lo que, algunos de los maestros con los que trabajemos corresponderán a datos reales y otros, serán datos ficticios que en algún momento será necesario obtener para poder calcular convenientemente los indicadores del informe.

En cualquier caso, el proyecto se realizará en 4 fases bien diferenciadas:

- Estudio de los posibles indicadores y su aplicación a cada una de las secciones de la planta de producción.
- Recopilación y transformación de los datos de los distintos maestros.
- Análisis la información obtenida y generación del conjunto de datos “ficticio” que todavía no se hayan podido capturar en el entorno real.
- Creación del cuadro de mandos.

### 1.4 Entregables

Al final del proyecto, los entregables principales consistirán en:

- El conjunto de datos que se usará para el desarrollo del informe
- Informe en PowerBI (archivo físico) y acceso desde la web.
- Las tres entregas parciales que constituyen las Pruebas de Evaluación Continuada (PEC) numeradas 1, 2 y 3
- La memoria final del Trabajo de Fin de Grado
- Video presentación

## 1.5 Planificación de los trabajos / Diagrama de Gantt

Se han planificado las tareas requeridas para la elaboración de este Trabajo de Fin de Grado, respetando las fechas clave de entrega de las diferentes actividades de evaluación continuada y de la memoria final.

Seguidamente se copia la temporalización y diagrama de Gantt realizados con la ayuda del aplicativo opensource *Gantt Project* 2:

| Nombre  | Dur... | Fecha de inicio | Fecha de fin |
|---|--------|-----------------|--------------|
| ☐ • TFG/Cuadro mandos para una planta de producción                       | 113    | 24/02/20        | 15/06/20     |
| ☐ • PAC1  | 16     | 24/02/20        | 10/03/20     |
| • Definición temática y el alcance  | 3      | 24/02/20        | 26/02/20     |
| • Definición objetivos  | 3      | 27/02/20        | 29/02/20     |
| • Definición productos a desarrollar                                      | 3      | 1/03/20         | 3/03/20      |
| • Planificación tareas  | 3      | 4/03/20         | 6/03/20      |
| • Elaboración documento y entrega plan de trabajo - PAC1                  | 5      | 6/03/20         | 10/03/20     |
| ☐ • PAC2  | 40     | 11/03/20        | 19/04/20     |
| • Elección plataforma BI  | 3      | 11/03/20        | 13/03/20     |
| ☐ • Descripción arquitectura  | 7      | 13/03/20        | 19/03/20     |
| • Base de datos del ERP   | 1      | 13/03/20        | 13/03/20     |
| • Dispositivos de captura de datos IOT                                    | 1      | 16/03/20        | 16/03/20     |
| • Colas de mensajes   | 1      | 17/03/20        | 17/03/20     |
| • Almacenamiento de los datos   | 1      | 18/03/20        | 18/03/20     |
| • Historificación y ETL   | 1      | 19/03/20        | 19/03/20     |
| • Instalación de la plataforma  | 3      | 20/03/20        | 22/03/20     |
| • Identificación de los indicadores apropiados para una planta de pro...  | 10     | 23/03/20        | 1/04/20      |
| • Análisis de los datos y los maestros                                    | 7      | 2/04/20         | 8/04/20      |
| • Generación datos ficticios  | 7      | 9/04/20         | 15/04/20     |
| • Integración feedback PAC 1 y modificaciones necesarias                  | 1      | 15/04/20        | 15/04/20     |
| • Redacción PAC 2: elección de la plataforma, descripción de la arquit... | 4      | 16/04/20        | 19/04/20     |
| • Entrega PAC 2   | 1      | 19/04/20        | 19/04/20     |
| ☐ • PAC3  | 24     | 22/04/20        | 15/05/20     |
| • Generación del modelo   | 4      | 22/04/20        | 25/04/20     |
| • Creación del cuadro de mandos   | 10     | 26/04/20        | 5/05/20      |
| • Interpretación resultado  | 5      | 6/05/20         | 10/05/20     |
| • Integración feedback PAC 2 y modificaciones necesarias                  | 1      | 11/05/20        | 11/05/20     |
| • Redacción PAC 3   | 4      | 12/05/20        | 15/05/20     |
| • Entrega PAC 3   | 1      | 15/05/20        | 15/05/20     |
| ☐ • Entrega proyecto final  | 21     | 26/05/20        | 15/06/20     |
| • Agregación PAC1/PAC 2/PAC 3, síntesis y redacción                       | 5      | 26/05/20        | 30/05/20     |
| • Integración feedback PAC 2 y modificaciones necesarias                  | 1      | 31/05/20        | 31/05/20     |
| • Lectura y revisión  | 5      | 1/06/20         | 5/06/20      |
| • Preparación y grabación del video presentación                          | 5      | 6/06/20         | 10/06/20     |
| • Elaboración Abstract  | 2      | 11/06/20        | 12/06/20     |
| • Entrega del video presentación  | 1      | 13/06/20        | 13/06/20     |
| • Entrega de la memoria TFG   | 1      | 14/06/20        | 14/06/20     |
| • Lecciones aprendidas y cierre del proyecto TFG                          | 1      | 15/06/20        | 15/06/20     |

Figura 1 - Planificación con Gantt Project

## Planificación PAC 1 y PAC 2 con Gantt

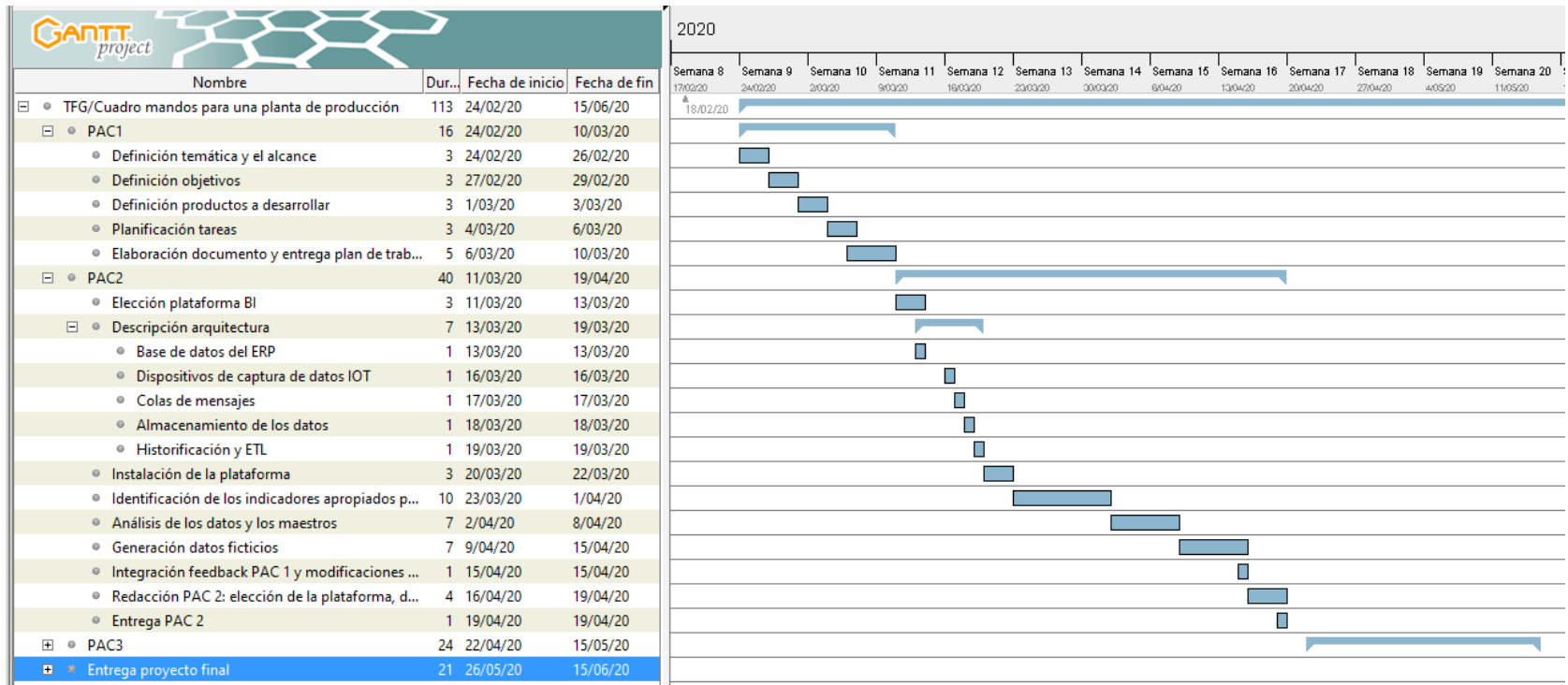


Figura 2 - Diagrama de Gantt (parte1)

## Planificación PAC 3 y resto de entregables con Gantt

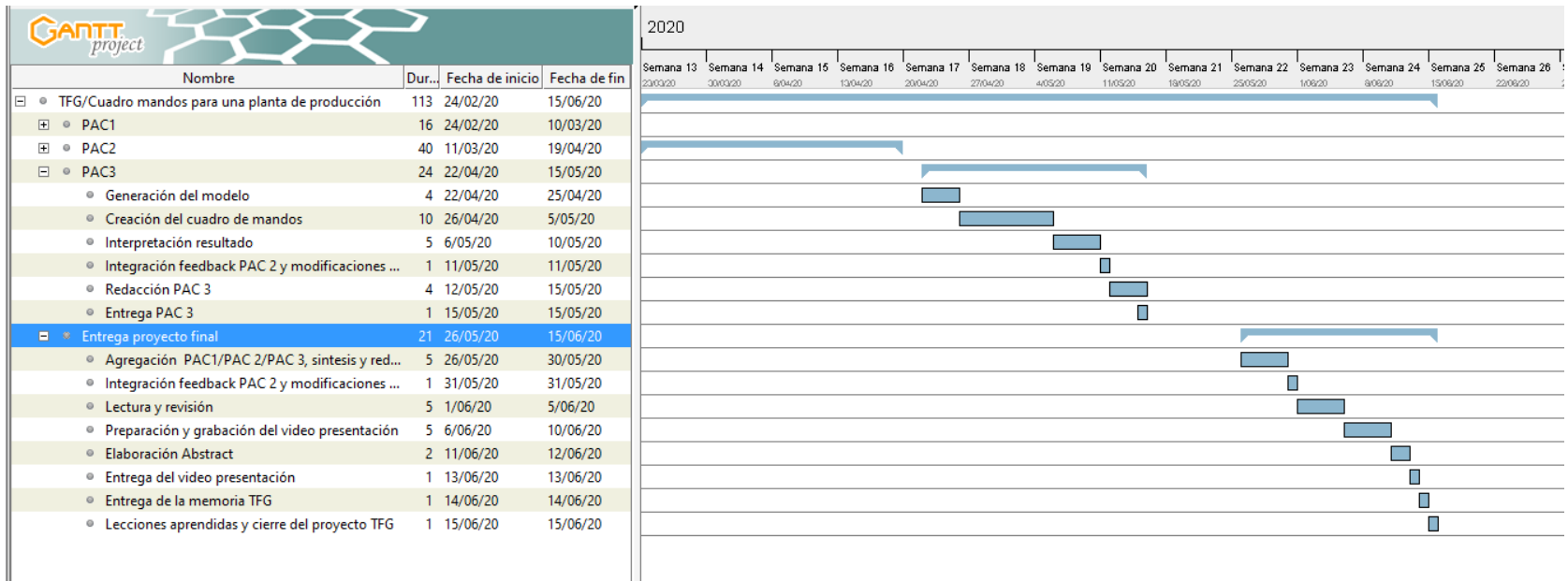


Figura 3 - Diagrama de Gantt (parte2)

## 2 Resto de capítulos

### 2.1 Elección de la plataforma BI

Antes de definir la arquitectura necesaria para la captura, consolidación e historificación de los datos, pasamos a revisar algunas de las plataformas de BI líderes del mercado según el cuadrante mágico de Gartner en cuanto a Plataformas de Análisis e Inteligencia de negocio, teniendo en cuenta que, la plataforma elegida debería cumplir un par de requisitos que nos ha transmitido la empresa donde se implantará el cuadro de mandos, con respecto al análisis de datos:

Por un lado, que los informes tengan una parte de los datos que presente la actividad productiva de la empresa en tiempo real.

Por otro lado, que el cuadro de mandos resultante sea multiplataforma e incluso, soporte el análisis de datos desde las plataformas móviles.

No quieren realizar una gran inversión, por lo que, en medida de lo posible exigen una solución que permita un licenciamiento flexible o incluso de pago por uso.

Al revisar el cuadro de Gartner de Enero del 2020, vemos que las 4 soluciones líderes son:

- La plataforma de BI de Microsoft
- Tableau
- Qlik
- ThoughtSpot



Figura 4 - Cuadrante mágico Gartner

Por lo que, a continuación, realizaremos una pequeña revisión de cada una de las soluciones para determinar cuál se ajusta en mayor medida a los requisitos transmitidos por el cliente.



### 2.1.1 ThoughtSpot

ThoughtSpot es una plataforma de BI relativamente joven (empresa creada en el 2012) en la cual, en vez de explorar inmensos cubos multidimensionales, los usuarios indican en una barra de búsqueda lo que necesitan ver, por ejemplo: “ventas por departamento del último mes”.

Gracias a su inteligencia artificial, la plataforma es capaz de reconocer lo que le solicita el usuario con un lenguaje natural y representa los datos para su análisis con un interface rápido, sencillo y moderno.

Por otro lado, en su última versión incluye el reconocimiento de voz, por lo que, los usuarios pueden incluso dictar a la plataforma los datos que necesitan consultar, de una forma que nos recuerda a como los antiguos responsables, pedían ciertos informes a los miembros de sus departamentos cuando se preparaban una reunión con gerencia, por ejemplo.

En cuanto a las especificaciones que se nos requieren:

- Veo que se trata de una solución multiplataforma y que soporta dispositivos móviles
- No encuentro que soporte consultas sobre datos online, sino que se deben desarrollar unos scripts que se pueden programar y que son los responsables de regenerar los modelos sobre los cuales funciona el motor de búsqueda de la plataforma.
- En cuanto al licenciamiento, es necesario contactar con ellos para obtener un presupuesto

## 2.1.2 Tableau

Tableau es una solución con muchos más años en el mercado (la empresa se fundó en el año 2002) y durante su larga trayectoria, han sido varias veces las que han ocupado posiciones privilegiadas en el cuadrante de Gartner.

El punto fuerte de Tableau es su herramienta para diseñar informes, ya que funciona arrastrando y soltando los diferentes indicadores de una forma amigable e intuitiva.

En cuanto al cumplimiento de las especificaciones:

- Se trata de una solución que permite explorar los informes en cualquier plataforma
- No he encontrado que pueda trabajar con datos Online (consultando desde los informes los datos actuales de la base de datos), por lo que parece no cumplir esta parte
- Los precios de la solución son muy flexibles ya que se distinguen distintos perfiles de licenciamiento en función del tipo de usuario (creadores, exploradores o visores de informes). El coste de la solución dependerá del número de perfiles de cada tipo.



Figura 5 - Lista precios Tableau

### 2.1.3 Qlik

Qlik también es una solución histórica que ha ido evolucionado desde las primeras versiones de QlikView hasta las actuales basadas en cloud, cómo Qlik Sense.

En sus orígenes, tuvo un momento de gloria gracias a su precio inicial, más asequible que los de la competencia, lo que decantó que muchas empresas dieran sus primeros pasos dentro del mundo BI con esta herramienta. En la actualidad, su política de licenciamiento ha cambiado y ya no es un argumento diferenciador.

Cómo todas las soluciones anteriores, Qlik también admite prácticamente con cualquier origen de datos y genera unos “informes” que se pueden consultar tanto desde QlikView Desktop, como desde el navegador.

El punto fuerte de Qlik es la facilidad para la creación de informes una vez terminado el script de obtención de datos, aunque, por otro lado, para crear este script es recordable tener ciertos conocimientos avanzados de SQL.

En cuanto a las especificaciones requeridas:

- Algunas versiones de Qlik no soportan consulta de datos online, sino que se deben programar ejecuciones periódicas del script de carga de datos.
- Los informes de QlikView son sólo para PC, aunque con la versión servidor se pueden explorar desde un navegador. Por otro lado, Qlik Sense dispone de clientes específicos para las distintas plataformas.
- Al igual que otras plataformas, el precio de licenciamiento es flexible y dependerá del número de las licencias que se requieran de cada tipo de usuario:

| Qlik Sense® Business   | Qlik Sense® Enterprise  |
|--|---|
| SaaS solution to operationalize analytics across groups and teams              | Multi-cloud solution to scale and extend analytics across departments and organizations   |
| <b>\$30*</b>   | <b>\$70*</b>   <b>\$40*</b>   |
| <small>*USD/user/month. Billed annually.<br/>Tiered pricing available.</small> | <small>*USD/user/month. Billed annually.<br/>Capacity &amp; tiered pricing available. <a href="#">Compare user types.</a></small> |

Figura 6 - Lista precios Qlik

## 2.1.4 La plataforma de BI de Microsoft

Microsoft es otra de las grandes empresas que llevan años en el mercado de soluciones de BI, de hecho, acumula 13 años consecutivos apareciendo como líder de soluciones en cuadrante de mágico Gartner, ocupando en el último informe el mejor puesto del mismo.

Desde hace muchos años, Microsoft apostó por esta área de negocio con productos como los “Servicios de Análisis” con capacidad para la realización cubos multidimensionales que posteriormente se explotaban con su popular herramienta Excel. Posteriormente, llegó PowerPivot (un complemento de Excel) con el cual ya no era necesario invertir en costosos servicios de servidor.

En la actualidad, su producto principal para el análisis de datos es PowerBI: una herramienta con la que están haciendo un gran trabajo. Se trata de una plataforma en constante evolución, ya que sacan una reléase nueva cada 2 meses aproximadamente y con la que cubren prácticamente todas las necesidades de análisis de las empresas.

En cuanto a los requisitos que buscábamos:

- PowerBI permite la consulta de datos Online con orígenes de datos liveupdate, mediante los cuales, al refrescar un informe, la herramienta consulta en ese momento los datos del servidor, por lo que, los indicadores pueden llegar a ser en tiempo real.
- Se trata de una herramienta multiplataforma ya que los informes generados con PowerBI, se pueden consultar tanto desde un navegador como desde las aplicaciones disponibles para PC y dispositivos móviles.
- Es acceso a la plataforma no supone un gran desembolso ya que la licencia viene incluida a partir de los Planes E3 de Office365, o en el caso de no disponer de licencias de Office365, el coste es de 9,99 USD/mes



Figura 7 - Lista de precios de PowerBI

### 2.1.5 Plataforma elegida

Después de examinar las posibles opciones de cada una de las plataformas nos inclinamos por usar en nuestro proyecto PowerBI, por varios motivos.

- Por un lado, por que cumple que los requisitos que se habían establecido para la selección.
- Por otro lado, porque se trata la solución líder según Gartner, lo cual, siempre es una garantía de éxito en cuanto a la selección de herramientas y plataformas.

## 2.2 Descripción de la arquitectura

La arquitectura de nuestro proyecto de puede separar fácilmente en 3 grandes bloques con distintas funciones:

- Capa de Orígenes de datos de Planta. Básicamente, cada una de las máquinas, autómatas o dispositivo del que se capture algún dato en planta.
- Capa de Orígenes de datos de BI que engloba lo procesos que resumirán en un primer punto la información y las bases de datos que serán consultadas desde el motor de PowerBI.
- Y una tercera capa formada por la plataforma cloud de PowerBI que finalmente, será donde se publicaran los informes y donde se conectaran los clientes para poder consumirlos

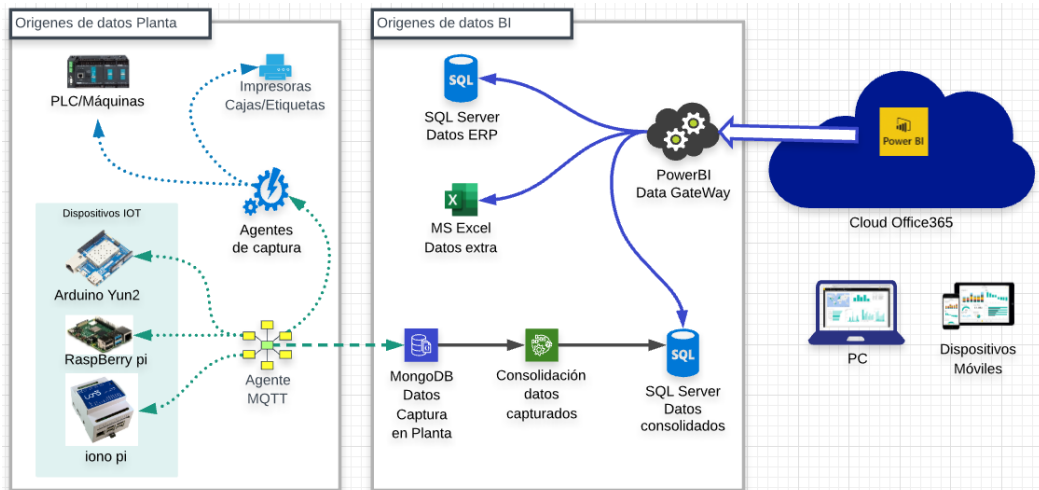


Figura 8 - Esquema de la solución

### 2.2.1 Orígenes de datos de planta

En esta capa se situaría cualquier dispositivo del cual se pueda recoger, capturar o consumir un determinado dato o sensor y normalmente serán dispositivos y agentes instalados dentro de la red industrial. Dentro de este grupo nos encontramos con varios tipos de proveedores de datos:

- **Máquinas** que proporcionan cierta información que podemos llegar a consumir. Por ejemplo, algunas de las máquinas que nos solemos encontrar en la industria cerámica son:

- Impresoras de cajas: suelen guardar contadores de impresión que, junto con la información de empaquetado del modelo, nos informan de las piezas encajadas, su calidad, modelo, de forma que podemos calcular incluso la velocidad de producción.
- Máquinas “Surface Inspection”: son máquinas que incorporan software de visión artificial, que, mediante un proceso de aprendizaje, es capaz de tonificar (acción de asignar un tono a la pieza para agrupar todas las del mismo tono) la producción y asignar la calidad de cada una de las piezas.

Se pueden configurar para que emitan un informe cada minuto, o bien, cuando se cambia de modelo, del cual se puede extraer información muy valiosa sobre la calidad de las piezas.

- Máquinas de impresión digital. Son una especie de impresora gigante que se encarga de imprimir el diseño del producto, en la superficie del azulejo y con un pequeño agente de captura, se puede acceder a información sobre el número de piezas pintadas y cuál ha sido el diseño utilizado.
- Ordenadores controladores del parque de boxes. En la industria cerámica, el proceso de producción se divide en distintas secciones que van a distintas velocidades, siendo normalmente el cuello de botella, el horno.

Esto implica que se necesitan unos almacenes intermedios donde se ubica el material semielaborado, llamados parques de boxes.

De este controlador podemos extraer la cantidad de boxes que se cargan en una determinada sección y se descargan en otra, por lo que, capturando esta información, podemos obtener una imagen bastante clara de las cantidades de producto semielaborado que salen y entran en las secciones.

- **Autómatas de máquinas.** Las líneas de producción normalmente están gobernadas por uno o varios de estos dispositivos a los

cuales llegan señales de varias fotocélulas y contadores dispuestos por la línea de producción. La idea es acceder las posiciones de memoria de estos contadores, extraerlas e historificarlas.

Esto se puede hacer siempre que el PLC esté preparado para conectividad externa y la lectura de estas posiciones de memoria no interfieran en el correcto funcionamiento del automatismo. El coste de estos PLC (o autómatas), es variable en función de los módulos de entrada/salida, pero por la potencia requerida, suele ser máquinas a partir de 1.500€

- **Autómatas de captura de datos.** Hasta hace poco, todos los proyectos de captura de datos se hacían con autómatas más modestos que los citados anteriormente, con menos capacidad de proceso, pero mejor preparados para las comunicaciones.

Aun así, son dispositivos caros que no favorecían precisamente el desarrollo de este tipo de soluciones. El precio de estos dispositivos suele estar a partir de los 300 €

- **Captura de datos con dispositivos IOT.** Desde la aparición de las primeras placas Arduino, ya se vieron lo útiles que podían ser para proyectos de captura de datos gracias a los canales GPIO, mediante los cuales, se pueden capturar señales digitales, analógicas e incluso incorporar cierta inteligencia en los dispositivos para registrar los tiempos de paro, velocidades, retrasos, etc. en los propios dispositivos, sin tener que aplicar consolidación posterior de los datos.

Las principales ventajas de usar estos dispositivos son:

- Su bajo coste, ya que, a partir de 5 € tenemos dispositivos ESP32 capaces de capturar datos y enviarlos por wifi.
- Su capacidad de historificación, ya que, con la utilización de tarjetas SD, la cantidad de datos a guardar en el propio dispositivo puede ser muy grande.
- La capacidad de comunicación, ya que pueden ser tanto Ethernet, como wifi, 4G, etc.

Algunos ejemplos de dispositivos óptimos para la captura de datos pueden ser:



- **Arduino YUN rev2.** Se trata de una placa que incorpora 2 procesadores. Por un lado, un controlador Arduino en cual ejecutaría un sketch de captura de datos, y por otro, un controlador Linux.

En nuestro planteamiento, aprovecharíamos la parte Linux para instalar una cola de mensajes MQTT (Apache Mosquitto) que serían donde se publicarían los datos capturados por la parte Arduino. De esta forma, nunca perderíamos ningún dato capturado ya que, al almacenarse en el propio dispositivo, la tolerancia a fallos de comunicación (tan comunes en ciertos entornos industriales) se maximiza ya que los datos se almacenan en el mismo dispositivo hasta que son leídos por terceros programas. Su precio está sobre los 60€

- **Dispositivos Raspberry.** A diferencia de los Arduino, las Raspberry sólo llevan un controlador Linux, por lo que, tardan un poco más en arrancar, pero, por otro lado, están mejor preparados para las comunicaciones lo que facilita su despliegue en prácticamente cualquier ubicación. Tenemos modelos a partir de 35€.
- **Dispositivos IONO Pi.** Tanto los Arduino como las Raspberry son dispositivos duraderos y que puede funcionar mucho tiempo en un entorno industrial, pero su principal problema es que la electrónica está muy expuesta a ese entorno (temperaturas extremas en verano/invierno, caídas de tensión, averías en los sensores, etc.), por ello, en los dispositivos IONO PI nos encontramos una Raspberry conectada a una placa con varios optoacopladores, relés y un regulador de tensión que actúan de “firewall” y protegen la placa base.

El problema es que, en este caso, el precio se asciende a partir de 200 €

- **Dispositivos ESP32.** Se trata de una placa muy económica, pero con menos potencia que los dispositivos anteriores y que normalmente se usan para proporcionar conectividad a dispositivos que no la tienen (se conectan a placas Arduino a través del puerto de comunicaciones).

En cualquier caso, como llevan su propio módulo GPIO (entradas y salidas), resultan un punto de entrada muy económico para acometer un proyecto de este tipo. Su precio, a partir de 5 €

### 2.2.2 Agentes de captura y colas de mensajes

Hasta aquí, se ha descrito en que dispositivos se originan los datos, pero ahora necesitamos leerlos y trasladarlos a una base de datos. Para realizar, esta acción vamos a desarrollar 2 tipos de agentes de captura que se apoyaran en una serie de colas de mensaje MQTT (normalmente, haciendo uso del software mosquitto). Los 2 tipos de agentes serian:

- Un tipo de agente personalizado para cada máquina distinta que pueda llegar a proveer de un dato. Estos agentes, deben extraen el dato y lo publican en una cola de mensajes local MQTT.
- Por otro lado, otro agente instalado en el servidor, que se suscribe a cada una de las colas de mensajes MQTT (tanto de dispositivos iot, como agentes que extraen datos de máquinas) y que, por cada dato que le llega, lo persiste en una base de datos preparada tanto para la inserción masiva de información, como volúmenes de datos importantes, en nuestro caso MongoDB.

¿Por qué preferimos que los dispositivos no persistan directamente los datos en la base de datos?

MongoDB es una gran base de datos, pero al igual que todos los gestores de bases de datos, cuando reciben muchas conexiones concurrentes, puede aplicar microbloqueos y tiempos de espera que, finalmente, pueden originar timeouts y caídas de conexiones.

Un dispositivo que está capturando datos en tiempo real no puede esperar a tener confirmación de ninguna base de datos para seguir capturando datos, por lo que es mejor, publicar el dato en una cola de mensaje próxima (en nuestro caso, el propio dispositivo) y delegar el trabajo de persistirlo a la base de datos, a otros procesos que de forma asíncrona recibirán el dato a través de la suscripción de la cola MQTT.

### 2.2.3 Orígenes de datos BI

En esta capa se ubican los procesos y bases de datos con los cuales se comunicará el motor de PowerBI para poder extraer los datos y generar finalmente los informes.

Normalmente, estas bases de datos estarán situadas en la subred de servidores y alojadas en el CPD empresarial. Siguiendo el flujo de los datos desde la fábrica nos encontraremos con:

- **MongoDB.** Se trata de un gestor de base de datos de alto rendimiento optimizado para la persistencia de documentos, de forma que la información no está limitada a una estructura fija, sino que, el formato de cada documento podría llegar a ser distinto uno de otro.

En esta base de datos se traslada toda la información capturada en planta de las colas MQTT y, aunque los documentos pueden tener estructuras distintas, contienen un mínimo de campos comunes necesario para el control del origen, el momento en que se generó el dato y si se ha procesado o no.

Una propiedad que tienen las bases de datos de Mongo y que nos vienen muy bien en este tipo de proyectos es que se puede establecer una caducidad para los datos, de forma que, una vez alcanzada la fecha de caducidad, un proceso interno va eliminando los datos de forma automática en segundo plano, lo que nos exime de tener que diseñar procesos de limpieza.

- **Proceso consolidación datos capturados.** En este servicio, se procesan los datos en bruto que se han persistido en Mongo y se resumen, por turnos, órdenes de fabricación y por horas. Se calculan contadores parciales, tiempos de paro y otros datos de interés y se guardan ya preparados para poder ser consultados por PowerBI en un servidor SQL.
- **Servidor SQL Datos consolidados.** En este servidor, será donde se irán actualizado los contadores parciales y totales.
- **Servidor SQL con los datos del ERP.** En esta base de datos es donde se alojan los maestros y tablas con información del Sistema de Información de la empresa. Normalmente, la información que necesitamos de esta base de datos es:

- **Productos:** tabla con los datos, tanto del material terminado, cómo de los semielaborados.
  - **Ordenes de producción.** Cuando una empresa recibe un pedido, normalmente se agrupan (aunque no necesariamente) por características similares en ordenes de producción en las que se indica que producto y la cantidad de material que se debe fabricar.
  - **Planificación de la producción.** Normalmente, los sistemas de información incluyen una herramienta para planificar en qué orden se deben producir las Ordenes de producción. Esta información nos es muy útil porque también se informa de los tiempos planificados para los cambios de modelo, de formato y tiempos de fabricación. Así podremos estimar correctamente algunos indicadores relacionados con el tiempo de uso de máquina.
  - **Operarios.** Con estos datos, junto con los obtenidos en el control de presencia, podremos indicar en nuestros informes que operarios estaban trabajando en cada momento. De esta forma, se podrá localizar fácilmente a cualquier persona por si se debe aclarar alguna duda sobre la producción.
- **Excel y otros datos adicionales.** PowerBI puede extraer información de diversos orígenes de datos y no es difícil encontrarnos con que cierta información de algún departamento se encuentra guardada en Excel, por lo que, en nuestro proyecto contemplaremos este hecho e incorporaremos al informe de BI un Excel que contiene información sobre el número de piezas por fila en algunos contadores y otro tipo de información.
  - **PowerBI Data Gateway.** Este servicio sirve de punto de unión entre la infraestructura local de la empresa y los servidores de Microsoft en la nube.

Se debe instalar en un servidor con acceso a internet y desde el cual podamos acceder a todos nuestros datos (BD ERP, MongoDB, documentos Excel, etc.).

## 2.3 Instalación de la plataforma

La instalación de la plataforma varía considerablemente dependiendo de los servicios y otros agentes que ya pudieran estar operativos en la empresa, esto es, si únicamente necesitamos instalar las herramientas necesarias para que funcione el proyecto de PowerBI, o bien, si necesitamos montar toda la arquitectura para que la adquisición de datos sea operativa.

En cualquier caso, damos por sentado que ya contamos con los documentos Excel con información de producción y el servidor del ERP en servicio, por lo que no sería necesario instalar estos componentes.

Si consideramos que instalación de la plataforma afecta únicamente a las herramientas necesarias para poder realizar el informe en PowerBI, las acciones a realizar serían:

- **Adquirir una licencia de PowerBI Pro**, para poder publicar los informes en el cloud de Microsoft y tener acceso a cierta funcionalidad extra.
- **PowerBI Desktop**: en los equipos de los desarrolladores que diseñan los informes.
- **PowerBI Data Gateway**: agente que actúa de puerta de enlace entre los servicios situados en la nube de Microsoft y los servicios locales de la organización.

Si se requiere la instalación completa de la arquitectura, sería necesario instalar:

- **Los dispositivos IOT** que se requieran en función del tamaño de la fábrica y el proceso productivo ha monitorizar.
- Los **agentes de captura** en las máquinas ya existentes. Por ejemplo, en los “embeded pc” que llevan las impresoras de cajas, o máquinas como la “Surface Inspection”.
- Un **servidor de captura de datos**, preferentemente Linux, que contendría el resto de los componentes de la arquitectura:

- **Agentes MQTT:** que se conectaría a las colas de mensajes y persistiría los datos en la base de datos documental
- **MongoDB:** base de datos documental donde se guardan los datos capturados en raw (sin procesar)
- **Agentes de consolidación de datos:** son procesos que constantemente, están revisando la base datos Mongo y por cada nuevo dato que se recibe, lo procesa, resume y actualiza la información en la BD de datos consolidados.
- **Servidor SQL de Datos consolidados.** Servidor SQL (podría ser un MySQL, PostgreSQL, MariaDB o similar) donde se almacenarían los datos de contadores y tiempos de paro, agrupados por día, turno, hora y orden de producción para facilitar el consumo posterior desde el informe de BI.

## 2.4 Información por mostrar en el informe, indicadores y ratios

### 2.4.1 Información sobre la empresa, turnos y horarios

Aunque los indicadores de producción son comunes en todos los procesos productivos, siempre necesitaremos entrevistarlos con la empresa para conocer un poco mejor sus particularidades, cómo suelen trabajar y si programan la producción con algún sistema informático o no, o su capacidad productiva, etc.

En nuestro caso, se trata de una empresa de pulido y rectificado de material cerámico, en la cual, se transforma producto terminado de los clientes en otro producto terminado. Cuando sus clientes tienen necesidad de servir un producto terminado con un determinado tratamiento (pulido, rectificado o ambos), realiza un pedido a nuestra empresa y le manda el material para que lo transforme.

En nuestra empresa, una vez se recibe el material, se almacena hasta que se puede transformar (normalmente, se fabrica por orden de llegada del pedido) y una vez aplicados los tratamientos, los devuelve al cliente.

Por esta razón, siempre trabajan sobre pedido, pero tienen suficiente demanda como para mantener 3 turnos de trabajo los 7 días de la semana.

De momento, se dispone de una única línea de producción con una capacidad máxima de trabajo de 10.000 mts<sup>2</sup> por día, pero teniendo en cuenta que se hacen descansos de 30 minutos por turno, el tiempo de producción de máquina son 22.5 horas, lo que nos da una producción máxima teórica de 9.375 mts<sup>2</sup>

### 2.4.2 Indicadores apropiados para la planta de producción

En principio, hay cierta información básica que la empresa nos pide reflejar en el informe, pero, por otro lado, buscamos indicadores estándar de los procesos de producción que nos permitan mejorar nuestra visión del funcionamiento de nuestro proceso productivo y nos ayude a tomar las decisiones correctas con el objetivo de mejorarlo/optimizarlo.

A continuación, detallo la información que nos han pedido mostrar en el informe de BI:

- Producción realizada, merma, tiempos de paro totales por día, turno, sección y orden de producción
- Tiempos de paro y motivos por día, turno, sección y orden de producción
- Velocidad de producción por orden de producción
- Informe histórico por producto de cantidades, velocidad, % merma y tiempos de paro asociados

Por otro lado, los indicadores de producción que añadiremos al informe serán:

- **SCRAP:** cantidad de piezas que han tenido que desecharse por defectos
- **FTT (First Time Through):** Ratio de Calidad que nos informa del porcentaje correcto de piezas que se hacen bien a la primera.
- **Disponibilidad de la máquina:** hace referencia al tiempo total teórico en que la máquina podría estar trabajando.
- **Eficiencia:** nos informa si la producción se ha realizado en el tiempo esperado.
- **OEE:** capacidad de la máquina para realizar una operación con una determinada calidad y en el tiempo esperado.
- **BTS (Build to Schedule):** Ajuste a la programación.
- **Productividad de mano de obra:** número de piezas producidas por hora de mano de obra trabajada.

Otro aspecto que incide directamente sobre el rendimiento de una planta de producción es la gestión del mantenimiento de sus máquinas, ya que, la planificación y ejecución de mantenimientos preventivos y predictivos, retornan un menor tiempo de paro del proceso productivo por averías no previstas.



En ese sentido, siempre que en la empresa disponga de un registro de los trabajos de mantenimiento realizados en las máquinas, tanto preventivos cómo correctivos, resulta interesante incluir en los informes de producción ciertos indicadores relacionados con el mismo, por ejemplo:

- **Disponibilidad por avería:** porcentaje de disponibilidad de la máquina, teniendo en cuenta el tiempo intervenciones no programadas (averías).
- **MTBF (Mid Time Between Failure):** tiempo medio entre fallos.
- **MTTR (Mid Time To Repair):** tiempo medio de reparación.
- **IMP:** Índice de Mantenimiento preventivo que nos informará de las horas de mantenimiento preventivo sobre el total de horas de mantenimiento.
- **IMC:** Índice de Mantenimiento correctivo, que nos indicará la cantidad de tiempo destinado al mantenimiento no preventivo
- **IME:** Índice de Mantenimiento correctivo de tipo Emergencia, que nos informará del tiempo total destinado a la ejecución de ese tipo de órdenes de trabajo.

A continuación, vemos, se analiza más profundamente cada indicador y los datos que necesitamos desde el ERP, o bien capturar desde los distintos sensores para poder calcular cada uno de ellos.

#### 2.4.2.1 Informe de producción básico

En este caso, aunque la información sea relativamente sencilla de calcular, necesitamos tener en cuenta el mix de información de los distintos orígenes de datos ya que necesitaremos:

- **Fecha Inicio y final de una determinada Orden de Producción** (en adelante OP): un operario de planta nos debe indicar desde un panel o una botonera, cuando se inicia una determinada orden de producción.

En principio, también nos debería marcar el momento en el que se finaliza la OP, sobre todo, para calcular tiempos de cambios de modelo y formato de producción, aunque si no se informa, cómo no

pueden producirse 2 OP distintas simultáneamente, podemos dar como fecha fin OP, el momento de inicio de la siguiente.

- **Merma de una OP**, hace referencia a la diferencia de piezas entre los contadores de entrada de la sección y el contador de salida... o sea, piezas desechadas en esa sección.
- **Tiempos de paro**. Al estar monitorizando los contadores de piezas, a partir de que, un determinado contador no incremente su valor durante 30 segundos, se entiende que existe un problema y se crea un registro de tiempo de paro que durará desde el momento en que se registró la última pieza hasta que llegue una nueva. Posteriormente, un operario categorizará ese tiempo de paro en el ERP.
- **Velocidad producción**. Tan sólo se necesitará dividir el número de piezas producido, por el tiempo de producción.

Para calcular el progreso de las OP, las mermas, los tiempos de paro y la velocidad, cómo mínimo se requiere capturar 2 contadores: uno en el inicio y otro al final de cada línea de producción.

#### 2.4.2.2 SCRAP

Este indicador, hace referencia a la cantidad de piezas que han tenido que desecharse por defectos y que no es posible recuperar.

Aunque, en el caso de nuestro informe, ya se calcula la merma que se produce en cada sección, en algunos tipos de industria, se puede volver a reintroducir (el material desechado) en algunas de las fases el proceso de producción. Sin embargo, en el caso de este indicador, se deben añadir sólo los semielaborados que no se pueden recuperar de ninguna manera, en nuestro caso, la merma producida en determinadas líneas/secciones.

#### 2.4.2.3 FTT (First Time Through)

Ratio de Calidad que nos informa del porcentaje correcto de producción de primera calidad que no requiere reproceso para conseguir esa calidad, o sea, que se realiza bien a la primera. La fórmula del indicador sería:

$$FTT = \frac{\text{piezas producidas} - \text{scrap} - \text{piezas retrabajadas}}{\text{piezas producidas}}$$

En nuestro caso, para calcular este indicador, por cada OP se necesitará:

- El total de piezas producidas
- Scrap: piezas que han entrado en el proceso y se han desechado por algún motivo, por lo que sumariamos las mermas de la OP.
- Información reclamaciones de clientes que requieren un reproceso, bien por incidencias en el material, o bien por incidencias en el etiquetado/embalaje, etc...

Para calcular el indicador de una planta donde se pudieran tener varias líneas de producción, se deberá calcular los ratios de cada uno de los procesos.

#### 2.4.2.4 Disponibilidad de la máquina

Hace referencia a la cantidad de tiempo que se encuentra una máquina en marcha produciendo, respecto al tiempo total disponible que la máquina podría estar trabajando (por lo que, hay que tener en cuenta los posibles descansos reglamentarios del personal). En nuestro caso sería:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{TO \text{ (Tiempo operativo)}}{TDM \text{ (Tiempo disponible de la máquina)}}$$

Por ejemplo: los turnos en nuestra industria son de 8 horas en las cuales, los operarios pueden parar 30 minutos para almuerzo, merienda o cena (dependiendo del turno correspondiente) por lo que el TDM = 8 h – 30' = 7 h 30'

Por otro lado, en un posible turno, donde hubiéramos tenido una avería de 30' y un cambio de formato de 35', se habría obtenido un TO = 7h 30' – (30' + 35') = 6 h 25'

$$D = \frac{6h \ 25'}{7h \ 30'} = \frac{385 \text{ min}}{450 \text{ min}} = 0.86$$

#### 2.4.2.5 % Eficiencia o rendimiento

Nos informa si la producción se ha realizado en el tiempo esperado de acuerdo con su estándar de producción óptimo en un determinado tiempo, por lo que, se ve afectado por velocidades inferiores al estándar, micro paradas, enganchones etc.

Básicamente, la fórmula para calcular la eficiencia sería:

$$Eficiencia = \frac{PP \text{ (piezas producidas)}}{PT \text{ (piezas que debería producir)} \cdot t}$$

En nuestro caso, por un lado, necesitamos recuperar de los datos de producción, las PT (Piezas que se deberían producir, por fracción de tiempo) para cada tipo de producción determinado por el tipo de pasta y el formato del producto, y por otro, recoger de los contadores las piezas producidas durante la última hora.

Por ejemplo, para una producción cuyo PT son 5 piezas por minuto, si se han producido 2000 piezas, durante 460 minutos obtendríamos:

$$Eficiencia = \frac{2000}{5 \cdot 460} = \frac{2000}{2300} = 0.87$$

#### 2.4.2.6 OEE (%)

En principio, esta medida nos informa de capacidad de la máquina para realizar una operación con una determinada calidad y en el tiempo esperado, por lo que, usaríamos los indicadores previos de Disponibilidad, Eficiencia y FTT para calcular el OEE:

$$OEE = Disponibilidad \cdot Eficiencia \cdot FTT$$

En nuestro caso, en algunas líneas de secciones, no se realiza control de calidad así que para el cálculo del FTT sólo se tendrá en cuenta, la merma que se vaya obteniendo durante el proceso de producción.

### 2.4.2.7 BTS (Build to Schedule)

Este indicador informa de lo bien o lo mal que se sigue la planificación de la producción, esto es, si la producción de un determinado producto se ajusta a la planificación prevista o no. La fórmula para calcular el BTS es:

$$BTS = RV (Rto. volumen) \cdot RM (Rto. mix) \cdot RS (Rto. secuencia)$$

Siendo el rendimiento del volumen (RV):

$$RV (Rto. volumen) = \frac{PR (piezas reales)}{PP (piezas programadas)}$$

Las piezas programadas (PP) son las que debería sacar la máquina... esto es importante remarcarlo porque en el sector cerámico, en determinadas líneas o secciones, puede haber una diferencia entre las piezas que entran y las que salen de la máquina.

En cualquier caso, para el cálculo del RV, no se debe tener en cuenta ni el modelo ni el orden y como máximo debe ser 1, para no premiar la sobreproducción (si se fabrican más de las piezas programadas, el máx. será el total programado para esa OP).

| Orden Inicial | Referencia | Plan (uds)   | Orden Final | Referencia | Real (uds) | Sin sobreproducción |
|---------------|------------|--------------|-------------|------------|------------|---------------------|
| 1             | 0701-485   | 2000         | 1           | 0701-485   | 2102       | 2000                |
| 2             | 0802-422   | 1200         | 3           | 0303-T29   | 1322       | 1322                |
| 3             | 0303-T29   | 1500         | 2           | 0802-422   | 1178       | 1178                |
| 4             | 0899-J02   | 1800         | 4           | 0899-J02   | 1677       | 1677                |
| 5             | 0522-422   | 700          | 5           | 0522-422   | 699        | 699                 |
| 6             | 0701-485   | 2000         | 7           | 0802-422   | 1302       | 1200                |
| 7             | 0802-422   | 1200         | 9           | 0899-J02   | 1678       | 1678                |
| 8             | 0303-T29   | 1500         | 6           | 0701-485   | 2025       | 2000                |
| 9             | 0899-J02   | 1800         | 8           | 0303-T29   | 1456       | 1456                |
| 10            | 0522-422   | 700          | 10          | 0522-422   | 691        | 691                 |
|               | <b>PP=</b> | <b>14400</b> |             |            | <b>PR=</b> | <b>13901</b>        |
|               |            |              |             |            | <b>RV=</b> | <b>0,96534722</b>   |

Figura 9 – Ejemplo cálculo Rdo. Volumen

$$RM (Rto. mix) = \frac{PPM(piezas producidas para el mix)}{PR (piezas reales)}$$

En las piezas producidas para el mix (PPM) lo que se verifica es que cada OP se ha fabricado lo que se había pedido fabricar, para detectar si se han producido más piezas de una determinada OP o menos de otra.

| Referencia | Plan (uds) | Real (uds)  | Sin<br>sobreproducción |  |            |                   |
|------------|------------|-------------|------------------------|--|------------|-------------------|
| 0701-485   | 4000       | 4000        | 4000                   |  |            |                   |
| 0802-422   | 2400       | 2522        | 2400                   |  |            |                   |
| 0303-T29   | 3000       | 2778        | 2778                   |  |            |                   |
| 0899-J02   | 3600       | 3355        | 3355                   |  |            |                   |
| 0522-422   | 1400       | 1390        | 1390                   |  |            |                   |
|            |            | <b>PPM=</b> | <b>13923</b>           |  | <b>RM=</b> | <b>0,99841988</b> |

Figura 10 - Ejemplo cálculo Rdo. del Mix

$$RS \text{ (Rto.secuencia)} = \frac{PPS(\text{piezas producidas en secuencia})}{PPM(\text{piezas producidas para el mix})}$$

Para calcular correctamente las piezas producidas en secuencia, solamente sumaremos las piezas de las OP que se han fabricado en el orden programado.

| Orden Inicial | Referencia | Plan (uds) | Orden Final | Referencia | Real (uds) | Sin<br>sobreproducción | Orden            |
|---------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------------------|------------------|
| 1             | 0701-485   | 2000       | 1           | 0701-485   | 2102       | 2000                   | 2000             |
| 2             | 0802-422   | 1200       | 3           | 0303-T29   | 1322       | 1322                   | 1322             |
| 3             | 0303-T29   | 1500       | 2           | 0802-422   | 1178       | 1178                   |                  |
| 4             | 0899-J02   | 1800       | 4           | 0899-J02   | 1677       | 1677                   | 1677             |
| 5             | 0522-422   | 700        | 5           | 0522-422   | 699        | 699                    | 699              |
| 6             | 0701-485   | 2000       | 7           | 0802-422   | 1302       | 1200                   | 1200             |
| 7             | 0802-422   | 1200       | 9           | 0899-J02   | 1678       | 1678                   | 1678             |
| 8             | 0303-T29   | 1500       | 6           | 0701-485   | 2025       | 2000                   |                  |
| 9             | 0899-J02   | 1800       | 8           | 0303-T29   | 1456       | 1456                   |                  |
| 10            | 0522-422   | 700        | 10          | 0522-422   | 691        | 691                    | 691              |
|               |            |            |             |            |            | <b>PPS=</b>            | <b>9267</b>      |
|               |            |            |             |            |            | <b>RS=</b>             | <b>0,6655893</b> |

Figura 11 - Ejemplo Rdo. Secuencia

Finalmente, ya podemos calcular el indicador del ejemplo:

$$BTS = 0.965 \cdot 0.998 \cdot 0.665 = 0.641$$

#### 2.4.2.8 Productividad de mano de obra

Básicamente, este indicador informa de la cantidad de producción realizada por hora de mano de obra trabajada.

Este indicador se suele calcular contando el número de piezas, pero en el caso de la industria cerámica, el formato de la producción incide directamente sobre el número de piezas a producir, por lo que, en nuestro caso, mediremos la productividad contando los metros cuadrados producidos por el personal de producción (mano de obra directa - MOD).

$$\text{Productividad M.O.} = \frac{\text{m}^2 \text{ fabricados}}{\text{tiempo empleado en la fabricación} \cdot \text{n}^{\circ} \text{ operarios}}$$

#### 2.4.2.9 Disponibilidad por avería

Este indicador es una variación del calculado anteriormente (Disponibilidad), en el que sólo tendremos en cuenta el tiempo intervenciones no programadas (averías) sobre el total de tiempo disponible de la máquina.

$$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{TDM - \text{Tiempo de paro por avería}}{TDM \text{ (Tiempo disponible de la máquina)}}$$

#### 2.4.2.10 MTBF (Mid Time Between Failure)

Este indicador permite conocer la frecuencia con la que ocurren averías. Cuanto mayor sea el resultado, mejor, puesto que las averías se producen más espaciadas en el tiempo.

Un corto periodo de tiempo significa que existe un mantenimiento preventivo deficiente, o incluso, ausencia total del mismo.

$$MTBF = \frac{\text{tiempo total analizado}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

#### 2.4.2.11 MTTR (Mid Time To Repair)

Con este indicador se calcula el tiempo medio de reparación de una avería. Se debe intentar que sea el menor tiempo posible para conseguir que las averías afecten lo menos posible a la producción.

$$MTTR = \frac{\text{total tiempo paro por avería}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

#### 2.4.2.12 IMP (Índice de Mantenimiento Preventivo)

Para evitar averías, lo ideal es disponer de un buen plan de mantenimiento preventivo que mantenga nuestras máquinas en el mejor

estado posible. En ese sentido, este ratio nos informará de las horas de mantenimiento preventivo sobre el total de horas de mantenimiento.

$$IMP = \frac{\text{total tiempo dedicado a mantenimiento preventivo}}{\text{total tiempo de mantenimiento}}$$

#### 2.4.2.13 IMC (Índice de Mantenimiento correctivo)

Similar al indicador anterior, en este caso, el ratio nos informará de la cantidad de tiempo destinado al mantenimiento no preventivo.

$$IMC = \frac{\text{total tiempo dedicado a mantenimiento correctivo}}{\text{total tiempo de mantenimiento}}$$

#### 2.4.2.14 IME (Índice de Mantenimiento correctivo de tipo Emergencia)

En este caso, calcularemos la cantidad de tiempo destinado a correctivos de tipo Emergencia, o sea, ordenes de trabajo de prioridad máxima.

$$IME = \frac{\text{total tiempo O.T. de tipo Emergencia}}{\text{total tiempo de mantenimiento}}$$



## 2.5 Análisis de datos y los maestros

Una vez identificados los indicadores y la información que se mostraría en el cuadro de mandos, se deben localizar los datos que se necesitan extraer desde los distintos orígenes de datos para integrarlos finalmente dentro del modelo del cuadro de mandos

### 2.5.1 Desde el ERP

En nuestro caso “Microsoft Navision Business Central”, pero los datos maestros que se requieren no son exclusivos de esa solución, sino que son modelos bastante comunes en cualquier ERP. Por partes:

#### 2.5.1.1 Líneas y secciones de producción

Se necesita incorporar a nuestro modelo la estructura de producción de la planta para facilitar al usuario, poder filtrar los datos del cuadro de mandos por esas secciones y líneas.

En nuestro caso, se trata de una planta de producción relativamente pequeña, pero, aun así, recogeremos este maestro por si se añade alguna en el futuro otra línea o sección de producción, tener el cuadro de mandos preparado.

#### 2.5.1.2 Ordenes de Producción

Se trata de la tabla que suministra toda la información relativa a los productos de fabricación propia y sus órdenes de producción

Para nuestro informe, alguno de los campos que se necesitaran de este maestro son: código de producto, descripción, formato, pasta (hace referencia al tipo de tierra utilizado en la producción), numero de orden de producción y ruta (que nos indica la máquina por la que se debe fabricar).

| Estado   | Nº       | Descripción | Tipo pasta | Cód. formato | Nº ruta | D. Descripción 2 | Fecha creación | Fecha últ. modificación | Ti. pr |
|----------|----------|-------------|------------|--------------|---------|------------------|----------------|-------------------------|--------|
| en firme | OP015082 |             | PC         | 25x129,5     | RT00235 | 1...             | 21/02/2020     |                         | Pr     |
| Lanzada  | OP015081 |             | PC         | 25x129,5     | RT00235 | 1...             | 21/02/2020     |                         | Pr     |
| Lanzada  | OP015064 |             | PC         | 50x50        | RT00190 | 5...             | 12/02/2018     |                         | Pr     |
| Lanzada  | OP015071 |             | PC         | 48x128       | RT07000 | 1...             | 12/02/2018     |                         | Pr     |
| Lanzada  | OP015072 |             | PC         | 48x128       | RT07030 | 1...             | 12/02/2018     |                         | Pr     |

Figura 12 - Ordenes de Producción

### 2.5.1.3 Planificación producción

Desde esta tabla, se importará el orden (fecha y hora inicial) en el que se deben empezar producir las Ordenes de Producción, para poder comprobar después que efectivamente se ha producido en el tiempo y orden esperado

| Estado           | Nº orden producción | Nº líneas | Nº producto | Cód. variante | Descripción | Cantidad | Cantidad terminada | Cantidad pendiente | % Rechazo | Fecha vencim... | Fecha inicial | Hora inicial | Fecha final | Hora final | Cód. almacén | C. ul |
|------------------|---------------------|-----------|-------------|---------------|-------------|----------|--------------------|--------------------|-----------|-----------------|---------------|--------------|-------------|------------|--------------|-------|
| Lanzada          | OP015091            | 10000     | PT05169     |               |             | 150      | 0                  | 150                | 0         | 07/03/2020      | 06/03/2020    | 5:59:59      | 06/03/2020  | 5:59:59    | 01           |       |
| Lanzada          | OP015090            | 10000     | PT05169     |               |             | 200      | 24                 | 176                | 0         | 07/03/2020      | 06/03/2020    | 5:59:59      | 06/03/2020  | 5:59:59    | 01           |       |
| Planif. en firme | OP015095            | 10000     | PT00062     |               |             | 43       | 0                  | 43                 | 0         | 07/03/2020      | 06/03/2020    | 6:00:00      | 06/03/2020  | 5:59:59    | 01           |       |
| Planif. en firme | OP015094            | 10000     | PT00066     |               |             | 17.814   | 0                  | 17.814             | 0         | 07/03/2020      | 06/03/2020    | 5:59:59      | 06/03/2020  | 5:59:59    | 01           |       |
| Planif. en firme | OP015093            | 10000     | PT00066     |               |             | 1.830    | 0                  | 1.830              | 0         | 07/03/2020      | 06/03/2020    | 5:59:59      | 06/03/2020  | 5:59:59    | 01           |       |
| Planif. en firme | OP015092            | 10000     | PT02381     |               |             | 16       | 0                  | 16                 | 0         | 07/03/2020      | 06/03/2020    | 6:00:00      | 06/03/2020  | 5:59:59    | 01           |       |
| Lanzada          | OP015089            | 10000     | PT05167     |               |             | 100      | 0                  | 100                | 0         | 04/03/2020      | 03/03/2020    | 5:59:59      | 03/03/2020  | 5:59:59    | 01           |       |
| Lanzada          | OP015088            | 10000     | PT05166     | 1             | Producción  | 1        | 2                  | 0                  | 0         | 28/02/2020      | 27/02/2020    | 6:00:00      | 27/02/2020  | 5:59:59    | 01           |       |
| Planif. en firme | OP015087            | 10000     | PT05166     | 1             | Producción  | 1        | 0                  | 1                  | 0         | 28/02/2020      | 27/02/2020    | 6:00:00      | 27/02/2020  | 5:59:59    | 01           |       |
| Planif. en firme | OP015086            | 10000     | PT05166     | 1             | Producción  | 200      | 0                  | 200                | 0         | 28/02/2020      | 27/02/2020    | 6:00:00      | 27/02/2020  | 5:59:59    | 01           |       |
| Planif. en firme | OP015085            | 10000     | PT05166     | 1             | Producción  | 100      | 0                  | 100                | 0         | 28/02/2020      | 27/02/2020    | 6:00:00      | 27/02/2020  | 5:59:59    | 01           |       |
| Planif. en firme | OP015084            | 10000     | PT05166     | 1             | Producción  | 50       | 0                  | 50                 | 0         | 28/02/2020      | 27/02/2020    | 6:00:00      | 27/02/2020  | 5:59:59    | 01           |       |
| Lanzada          | OP015083            | 10000     | PT05166     | 1             | Producción  | 10       | 0                  | 10                 | 0         | 27/02/2020      | 26/02/2020    | 6:00:00      | 26/02/2020  | 5:59:59    | 01           |       |
| Lanzada          | OP015081            | 10000     | PT03276     | 1             | Producción  | 1.260    | 0                  | 1.260              | 0         | 31/12/2019      | 31/12/2019    | 23:59:51     | 31/12/2019  | 23:59:59   | T023         | GE    |
| Planif. en firme | OP015082            | 10000     | PT03276     | 1             | Producción  | 1.260    | 0                  | 1.260              | 0         | 31/12/2019      | 31/12/2019    | 23:59:51     | 31/12/2019  | 23:59:59   | T023         | GE    |

Figura 13 - Planificación de la Producción

### 2.5.1.4 Turnos de Trabajo

En cada empresa trabajan con un sistema de turnos distintos y para dotar a nuestro informe de cierta “portabilidad” extraeremos estos datos también desde un maestro.

| No. | Descripción | Hora inicio | Hora final | Pri... turno                        | Últi... turno                       | Numero Hora inicio | Numero Hora final |
|-----|-------------|-------------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------|
| 1   | Mañana      | 6:00:00     | 13:59:59   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | 0                  | 7                 |
| 2   | Tarde       | 14:00:00    | 21:59:59   | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | 8                  | 15                |
| 3   | Noche       | 22:00:00    | 5:59:59    | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | 16                 | 24                |

Figura 14 - Turnos de trabajo

## 2.5.2 Desde la BD del GMAO (gestión de mantenimiento)

### 2.5.2.1 Ordenes de trabajo de mantenimiento

Para el cálculo de los indicadores relacionados con el manteniendo preventivo y correctivos, necesitaremos extraer la información de las ordenes de trabajo del GMAO (sistema de información para la gestión del mantenimiento):

| description   | number   | sta... | subject  | workOrderType | productionIncidenceLevel | estimatedCompletionTime    |
|---|----------|--------|--|---------------|--------------------------|----------------------------|
| El compresor pita alarma de mantenimiento                     | OT19001  | 0      | El compresor pita alarma de mantenimiento                    | 2             | 0 (NULL)                 |                            |
| Comprobar, pieza: GENERAL                                     | OT19001  | 0      | Comprobar, pieza: GENERAL                                    | 1             | 0                        | 2019-12-19 11:49:20.286000 |
| Purgar, pieza: Motor  | OT19001  | 0      | Purgar, pieza: Motor   | 1             | 0                        | 2019-12-18 11:54:27.000000 |
| Salen rachas de material desventado en las piezas del lat...  | OT200004 | 0      | Salen rachas de material desventado en las piezas del lat... | 2             | 1 (NULL)                 |                            |
| No aplia... actua cómo si estuviera en by-pass. Tan sólo r... | OT200003 | 0      | El compenser no funciona                                     | 2             | 1 (NULL)                 |                            |
| Apretar, pieza: Engranaje                                     | OT19001  | 0      | Apretar, pieza: Engranaje                                    | 1             | 0                        | 2019-12-17 22:54:33.425000 |
| No durará mucho, cambiarla antes del fin de se semana         | OT19001  | 0      | banda rotocolor para cambiar esta rajada                     | 2             | 0 (NULL)                 |                            |
| Apretar, pieza: Engranaje                                     | OT19001  | 0      | Apretar, pieza: Engranaje                                    | 1             | 0                        | 2019-12-18 11:54:27.107000 |
| Comprobar / Cambiar, pieza: Correa                            | OT19001  | 0      | Comprobar / Cambiar, pieza: Correa                           | 1             | 0                        | 2019-12-18 16:31:44.402000 |
| Las correas ya están para cambiarse. Deberían cambiars...     | OT19001  | 0      | Correas tramo pistola y tramo siguiente para cambiar         | 2             | 0 (NULL)                 |                            |
| Para evitar males mayores cambiaremos la correa               | OT19001  | 0      | Cambiar correa   | 2             | 0 (NULL)                 |                            |

Figura 15 - OT Mantenimiento

## 2.5.3 Desde BD Control de presencia

### 2.5.3.1 Horas trabajadas operarios

Para los indicadores de productividad de mano de obra, necesitamos los totales de horas trabajadas en cada sección por lo que habrá que importarlas al modelo, los datos de los fichajes del personal:

| IdNumero | IdLinea | Seccion       | Horas | IdRecurso | FechaFichaje    | diaSemanaFichaje | Period |
|----------|---------|---------------|-------|-----------|-----------------|------------------|--------|
| 883797   | 2       | RECTIFICADORA | 7,9   | 120       | 26/09/2019 0:00 | 5                | 201909 |
| 883798   | 2       | RECTIFICADORA | 8     | 78        | 27/09/2019 0:00 | 6                | 201909 |
| 883799   | 2       | RECTIFICADORA | 8     | 25        | 28/09/2019 0:00 | 7                | 201909 |
| 883800   | 1       | RECTIFICADORA | 8,1   | 63        | 29/09/2019 0:00 | 1                | 201909 |
| 883801   | 1       | RECTIFICADORA | 8     | 10        | 30/09/2019 0:00 | 2                | 201909 |
| 883802   | 1       | RECTIFICADORA | 7,95  | 33        | 01/10/2019 0:00 | 3                | 201910 |
| 883803   | 2       | CLASIFICACION | 8,05  | 41        | 02/10/2019 0:00 | 4                | 201910 |
| 883804   | 2       | CLASIFICACION | 7,9   | 52        | 03/10/2019 0:00 | 5                | 201910 |
| 883805   | 2       | CLASIFICACION | 7,9   | 13        | 04/10/2019 0:00 | 6                | 201910 |
| 883806   | 1       | CLASIFICACION | 7,9   | 68        | 05/10/2019 0:00 | 7                | 201910 |
| 883807   | 1       | CLASIFICACION | 7,9   | 19        | 06/10/2019 0:00 | 1                | 201910 |
| 883808   | 1       | CLASIFICACION | 7,9   | 105       | 07/10/2019 0:00 | 2                | 201910 |

Figura 16 - Marcajes personal

## 2.5.4 Desde Excel

### 2.5.4.1 Datos ciclos y conversiones por formato

En esta tabla de Excel, el personal de producción guarda cierta información importante para el cuadro de mandos ya que incluye tiempos de ciclos de algunas máquinas y el número de piezas por fila con el que se trabaja en algunos puntos del proceso productivo.

|    | A       | B                      | C     | D      | E       | F         | G        |
|----|---------|------------------------|-------|--------|---------|-----------|----------|
| 1  | MATNR   | MAKTX                  | MVGR1 | COD FA | MTZ/PZ  | Pz/MIN L6 | Pz/MIN L |
| 2  | PT05165 | MIENIG REIGF 000000000 | 24    | 024    | 0,02664 | 300       | 240      |
| 3  | PT05166 | MIENIG REIGF 000000000 | 24    | 024    | 0,02664 | 300       | 240      |
| 4  | PT05167 | MIENIG REIGF 000000000 | 24    | 024    | 0,02664 | 300       | 240      |
| 5  | PT05168 | MIENIG REIGF 000000000 | 24    | 024    | 0,02664 | 300       | 240      |
| 6  | PT05169 | MIENIG REIGF 000000000 | 24    | 024    | 0,02664 | 300       | 240      |
| 7  | PT05170 | MIENIG REIGF 000000000 | 24    | 024    | 0,02664 | 300       | 240      |
| 8  | PT05171 | MIENIG REIGF 000000000 | 24    | 024    | 0,02664 | 300       | 240      |
| 9  | PT05172 | MIENIG REIGF 000000000 | 24    | 024    | 0,02664 | 300       | 240      |
| 10 | PT05173 | MIENIG REIGF 000000000 | 24    | 024    | 0,02664 | 300       | 240      |
| 11 | PT05174 | MIENIG REIGF 000000000 | 24    | 024    | 0,02664 | 300       | 240      |
| 12 | PT05175 | MIENIG REIGF 000000000 | 24    | 024    | 0,02664 | 300       | 240      |
| 13 | PT05176 | MIENIG REIGF 000000000 | 24    | 024    | 0,02664 | 300       | 240      |
| 14 | PT05177 | MIENIG REIGF 000000000 | 24    | 024    | 0,02664 | 300       | 240      |
| 15 | PT05178 | MIENIG REIGF 000000000 | 24    | 024    | 0,02664 | 300       | 240      |
| 16 | PT05179 | MIENIG REIGF 000000000 | 24    | 024    | 0,02664 | 300       | 240      |
| 17 | PT05180 | MIENIG REIGF 000000000 | 24    | 024    | 0,02664 | 300       | 240      |
| 18 | PT05181 | MIENIG REIGF 000000000 | 24    | 024    | 0,02664 | 300       | 240      |
| 19 | PT05182 | MIENIG REIGF 000000000 | 24    | 024    | 0,02664 | 300       | 240      |

Figura 17 - Características técnicas productos

## 2.5.5 Base de datos NoSQL: MongoDB

MongoDB es un motor de base de datos de documentos JSON, lo que permite colecciones de documentos dinámicos, que al no imponer un esquema permite una mayor flexibilidad a la hora de persistir nueva información desde otras fuentes.

### 2.5.5.1 IOTData

En esta colección (en MongoDB no se guardan registros en tablas, en su lugar, se persisten documentos JSON en colecciones) será donde se persistirán los datos que nos lleguen desde las suscripciones MQTT.

El agente que se encarga de esta acción básicamente persiste el payload MQTT en esta colección y lo marcará como pendiente de procesar. Posteriormente, otro agente revisará los documentos pendientes de procesar y los agregará a la tabla de totales por sensor y de tiempos de paro.

|   | _id String                      | productionPhase String | counter Double | _ts Int64     | IOTDEVICEIO String | _num_sensors Int32 |
|---|---------------------------------|------------------------|----------------|---------------|--------------------|--------------------|
| 1 | "RECTIFICADORA02-1586261214446" | "665"                  | 1              | 1586261214446 | "RECTIFICADORA02"  | 1                  |
| 2 | "RECTIFICADORA02-1586261355736" | "665"                  | 2              | 1586261355736 | "RECTIFICADORA02"  | No field           |
| 3 | "RECTIFICADORA02-1586261496906" | "665"                  | 3              | 1586261496906 | "RECTIFICADORA02"  | No field           |
| 4 | "RECTIFICADORA02-1586261637690" | "665"                  | 4              | 1586261637690 | "RECTIFICADORA02"  | No field           |

Figura 18 - Muestra tabla iotData

## 2.5.6 Desde la BD de ratos resumidos

### 2.5.6.1 Tiempos de paro

En esta tabla, el agente que procesa los contadores también contabiliza los periodos en los que estos no avanzan. Se genera un nuevo registro en la tabla a partir de que un contador pasa más de 30 segundos sin progresar

A partir de ese momento, se entiende que ha habido un problema y se cuenta el tiempo hasta que volvemos a tener un incremento en el contador.

Posteriormente, un operario revisa estos registros y categoriza los paros indicado si estaban programados o no, y si se han producido dentro del periodo de producción o no.

| Id  | poNumber | initialStopTimeDate | endStopTimeDate     | stopTimeType  | description       | programed                           |
|-----|----------|---------------------|---------------------|---------------|-------------------|-------------------------------------|
| 93  | OP011871 | 01/03/2016 6:02:00  | 01/03/2016 6:22:00  | NO PRODUCTIVO | CAMBIO PRODUCCION | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 298 | OP011871 | 01/03/2016 6:32:00  | 01/03/2016 7:02:00  | PRODUCTIVO    | AVERIA MAQUINA    | <input type="checkbox"/>            |
| 1   |          | 01/03/2016 9:00:00  | 01/03/2016 9:30:00  | NO PRODUCTIVO | DESAYUNO          | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 94  | OP012795 | 01/03/2016 10:28:38 | 01/03/2016 10:49:38 | NO PRODUCTIVO | CAMBIO PRODUCCION | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 299 | OP012795 | 01/03/2016 10:58:38 | 01/03/2016 13:58:38 | PRODUCTIVO    | AVERIA MAQUINA    | <input type="checkbox"/>            |
| 2   |          | 01/03/2016 17:00:00 | 01/03/2016 17:30:00 | NO PRODUCTIVO | MERIENDA          | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3   |          | 02/03/2016 1:00:00  | 02/03/2016 1:30:00  | NO PRODUCTIVO | CENA              | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4   |          | 02/03/2016 9:00:00  | 02/03/2016 9:30:00  | NO PRODUCTIVO | DESAYUNO          | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 95  | OP013004 | 02/03/2016 12:58:53 | 02/03/2016 13:22:53 | NO PRODUCTIVO | CAMBIO PRODUCCION | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 96  | OP013008 | 02/03/2016 14:42:48 | 02/03/2016 14:59:48 | NO PRODUCTIVO | CAMBIO PRODUCCION | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 300 | OP013008 | 02/03/2016 15:12:48 | 02/03/2016 17:42:48 | PRODUCTIVO    | AVERIA MAQUINA    | <input type="checkbox"/>            |
| 5   |          | 02/03/2016 17:00:00 | 02/03/2016 17:30:00 | NO PRODUCTIVO | MERIENDA          | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6   |          | 03/03/2016 1:00:00  | 03/03/2016 1:30:00  | NO PRODUCTIVO | CENA              | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 97  | OP013051 | 03/03/2016 8:58:58  | 03/03/2016 9:20:58  | NO PRODUCTIVO | CAMBIO PRODUCCION | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 7   |          | 03/03/2016 9:00:00  | 03/03/2016 9:30:00  | NO PRODUCTIVO | DESAYUNO          | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 98  | OP013393 | 03/03/2016 9:36:00  | 03/03/2016 9:50:00  | NO PRODUCTIVO | CAMBIO PRODUCCION | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 101 | OP013475 | 03/03/2016 11:42:46 | 03/03/2016 12:02:46 | NO PRODUCTIVO | CAMBIO PRODUCCION | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 99  | OP013460 | 03/03/2016 11:42:46 | 03/03/2016 12:03:46 | NO PRODUCTIVO | CAMBIO PRODUCCION | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 301 | OP013475 | 03/03/2016 12:12:46 | 03/03/2016 12:42:46 | PRODUCTIVO    | AVERIA MAQUINA    | <input type="checkbox"/>            |
| 8   |          | 03/03/2016 17:00:00 | 03/03/2016 17:30:00 | NO PRODUCTIVO | MERIENDA          | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 102 | OP013476 | 03/03/2016 19:52:45 | 03/03/2016 20:07:45 | NO PRODUCTIVO | CAMBIO PRODUCCION | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 100 | OP013458 | 03/03/2016 22:00:01 | 03/03/2016 22:14:01 | NO PRODUCTIVO | CAMBIO PRODUCCION | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 9   |          | 04/03/2016 1:00:00  | 04/03/2016 1:30:00  | NO PRODUCTIVO | CENA              | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 103 | OP013496 | 04/03/2016 3:20:54  | 04/03/2016 3:43:54  | NO PRODUCTIVO | CAMBIO PRODUCCION | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 302 | OP013496 | 04/03/2016 3:50:54  | 04/03/2016 4:05:54  | PRODUCTIVO    | AVERIA MAQUINA    | <input type="checkbox"/>            |
| 104 | OP013505 | 04/03/2016 8:02:53  | 04/03/2016 8:25:53  | NO PRODUCTIVO | CAMBIO PRODUCCION | <input checked="" type="checkbox"/> |

Figura 19 - Tiempos de paro

### 2.5.6.2 Contadores de cada sensor totalizados por turno y numero de OP

En la tabla counterData es donde se guarda el progreso de los contadores de piezas, por orden de producción y turno:

| Id | sensorName    | poNumber | initialDate         | finalDate           | pieceNumber |
|----|---------------|----------|---------------------|---------------------|-------------|
| 1  | ENTRADA_LINEA | OP011871 | 01/03/2016 6:02:00  | 01/03/2016 10:28:38 | 4272        |
| 2  | ENTRADA_LINEA | OP012795 | 01/03/2016 10:28:38 | 02/03/2016 12:58:53 | 9733        |
| 3  | ENTRADA_LINEA | OP013004 | 02/03/2016 12:58:53 | 02/03/2016 14:00:00 | 492         |
| 4  | ENTRADA_LINEA | OP013004 | 02/03/2016 14:00:00 | 02/03/2016 14:42:48 | 344         |
| 5  | ENTRADA_LINEA | OP013008 | 02/03/2016 14:42:48 | 02/03/2016 22:00:00 | 5183        |
| 6  | ENTRADA_LINEA | OP013008 | 02/03/2016 22:00:00 | 03/03/2016 6:00:00  | 5690        |
| 7  | ENTRADA_LINEA | OP013008 | 03/03/2016 6:00:00  | 03/03/2016 8:58:58  | 2121        |
| 8  | ENTRADA_LINEA | OP013051 | 03/03/2016 8:58:58  | 03/03/2016 9:36:00  | 1033        |
| 9  | ENTRADA_LINEA | OP013393 | 03/03/2016 9:36:00  | 03/03/2016 11:42:46 | 1560        |
| 10 | ENTRADA_LINEA | OP013475 | 03/03/2016 11:42:46 | 03/03/2016 14:00:00 | 2310        |
| 11 | ENTRADA_LINEA | OP013475 | 03/03/2016 14:00:00 | 03/03/2016 17:38:00 | 3669        |
| 12 | ENTRADA_LINEA | OP013460 | 03/03/2016 17:38:00 | 03/03/2016 19:52:45 | 2004        |
| 13 | ENTRADA_LINEA | OP013476 | 03/03/2016 19:52:45 | 03/03/2016 22:00:01 | 2164        |
| 14 | ENTRADA_LINEA | OP013458 | 03/03/2016 22:00:01 | 04/03/2016 3:20:54  | 2134        |
| 15 | ENTRADA_LINEA | OP013496 | 04/03/2016 3:20:54  | 04/03/2016 8:03:53  | 2879        |
| 16 | ENTRADA_LINEA | OP013505 | 04/03/2016 8:03:53  | 06/03/2016 2:35:42  | 16944       |
| 17 | ENTRADA_LINEA | OP013506 | 06/03/2016 2:35:42  | 07/03/2016 0:46:38  | 8064        |

Figura 20 - Resumen contadores por OP/Turno

### 2.5.6.3 Datos informe calidad "Surface Inspection"

En esta tabla es donde se guarda la información referente a la calidad de la producción que se extrae de una máquina de visión artificial y que, entre otros datos, nos informa del número de piezas de primera calidad, de segunda y piezas rotas que detecta.

| Id | opNumber | finishedDate        | firstQuality | secongQuality | brokenPieces |
|----|----------|---------------------|--------------|---------------|--------------|
| 1  | OP011871 | 01/03/2016 10:28:38 | 3977         | 208           | 2            |
| 2  | OP012795 | 02/03/2016 12:58:53 | 9175         | 261           | 22           |
| 3  | OP013004 | 02/03/2016 14:42:48 | 802          | 21            | 1            |
| 4  | OP013008 | 03/03/2016 8:58:58  | 12778        | 120           | 12           |
| 5  | OP013051 | 03/03/2016 9:36:00  | 1013         | 17            | 0            |
| 6  | OP013393 | 03/03/2016 11:42:46 | 1516         | 0             | 6            |
| 7  | OP013458 | 04/03/2016 3:20:54  | 2110         | 20            | 1            |
| 8  | OP013460 | 03/03/2016 19:52:45 | 1930         | 25            | 6            |
| 9  | OP013475 | 03/03/2016 17:38:00 | 5731         | 95            | 5            |
| 10 | OP013476 | 03/03/2016 22:00:01 | 2102         | 0             | 5            |
| 11 | OP013496 | 04/03/2016 8:03:53  | 2805         | 1             | 10           |
| 12 | OP013505 | 06/03/2016 2:35:42  | 16271        | 426           | 41           |
| 13 | OP013506 | 07/03/2016 0:46:38  | 7851         | 128           | 23           |
| 14 | OP013508 | 07/03/2016 1:03:11  | 110          | 0             | 0            |
| 15 | OP013509 | 07/03/2016 1:29:05  | 387          | 0             | 0            |
| 16 | OP013518 | 07/03/2016 13:30:13 | 3462         | 81            | 3            |
| 17 | OP013520 | 08/03/2016 11:47:20 | 4090         | 66            | 0            |
| 18 | OP013521 | 08/03/2016 1:22:16  | 4142         | 9             | 2            |
| 19 | OP013526 | 08/03/2016 13:53:02 | 1538         | 0             | 1            |
| 20 | OP013538 | 08/03/2016 15:16:14 | 571          | 14            | 2            |
| 21 | OP013561 | 08/03/2016 19:38:55 | 1649         | 42            | 5            |
| 22 | OP013563 | 09/03/2016 8:11:04  | 3870         | 103           | 9            |
| 23 | OP013568 | 09/03/2016 8:54:59  | 467          | 8             | 0            |

Figura 21 - Muestra datos capturados máquina "Surface Inspection"

## 2.6 Generación del modelo

Dentro de este apartado, veremos cómo crear un nuevo informe de PowerBI, como cargar datos desde distintas fuentes y como establecer las relaciones para, posteriormente, poder crear las medidas y las distintas visualizaciones.

### 2.6.1.1 Conexión con los datos

Cómo lo primero que se necesita para poder crear un informe son datos, la herramienta nos invita a hacerlo incluso desde el panel inicial de bienvenida, lo que, esto será lo primero que haremos

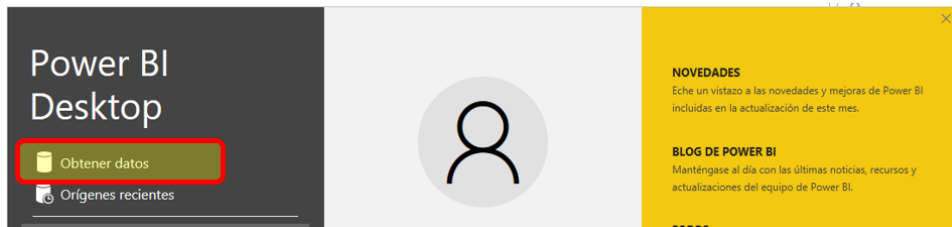


Figura 22 - Panel inicial PowerBI

Posteriormente, se debe seleccionar que tipo de conexión vamos a usar para poder leer esos datos, a través del siguiente panel:

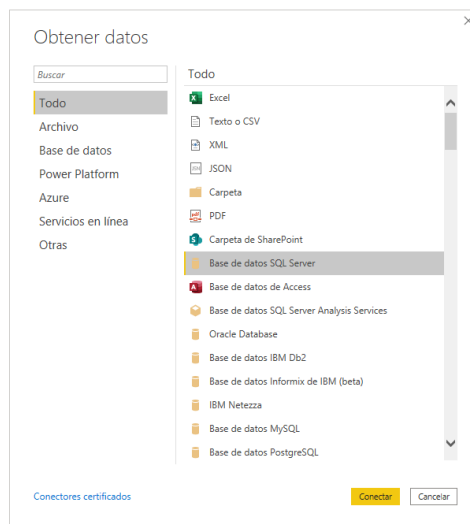


Figura 23 - Selección Origen de datos Sql Server

Introducimos los datos de nuestro servidor SQL y le indicamos a la herramienta, si queremos trabajar con datos importados, o bien, usando DirectQuery.

Esta elección es importante y aporta ciertas ventajas e inconvenientes que deberemos sopesar y elegir la que mejor se ajuste a nuestras necesidades.



Figura 24 - Datos conexión

En cualquier caso, la principal diferencia es que, con DirectQuery, cada vez que se refresca el informe la herramienta importa los datos desde el servidor, mientras que con el modo “importar”, la actualización de los datos en el servidor se realiza mediante la ejecución de procesos de recarga programados a unas determinadas horas.

Una vez seleccionado el método de conexión a los datos, se podrá seleccionar que tablas queremos importar a nuestro modelo:

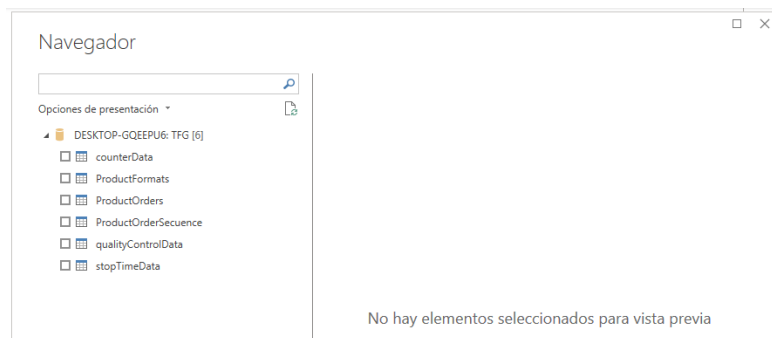


Figura 25 – Selección tabla a importar

### 2.6.1.2 Trabajar con los datos de Excel

Posteriormente, para agregar otro origen de datos, por ejemplo, los informes en Excel, se debe pulsar sobre el botón “Obtener datos” y elegir Excel en la lista de opciones que se despliega.

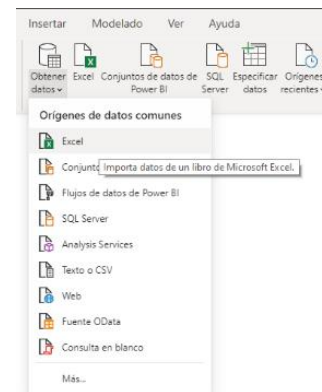


Figura 26 - Obtener datos de excel



A continuación, elegiremos el informe que contiene los datos, y posteriormente podremos elegir la hoja o tabla del informe que importaremos al modelo:

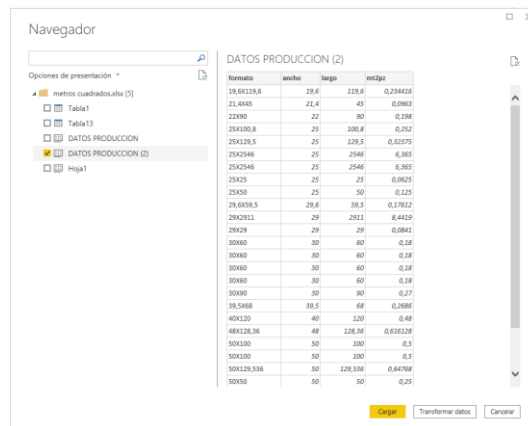


Figura 27 - Seleccionar tabla de Excel

### 2.6.1.3 Generación de la tabla Calendario

Para poder hacer uso de ciertas funciones incluidas en la herramienta, sobre todo con las relacionadas con la inteligencia de tiempo (cómo las comparaciones entre fechas), es indispensable disponer de una tabla con un campo de fecha normalizada (sin saltos entre días).

En nuestro modelo disponemos de tablas con datos de producción prácticamente todo el año, pero es cierto que durante las paradas de mantenimiento y vacaciones se producirán saltos, por lo que necesitamos añadir la tabla Calendario.

Para crearlo hay varios métodos, pero en mi caso, lo he hecho usando el más sencillo, pulsando sobre nueva tabla en la sección de modelado y posteriormente, escribiendo: Calendario = CALENDARAUTO(12)

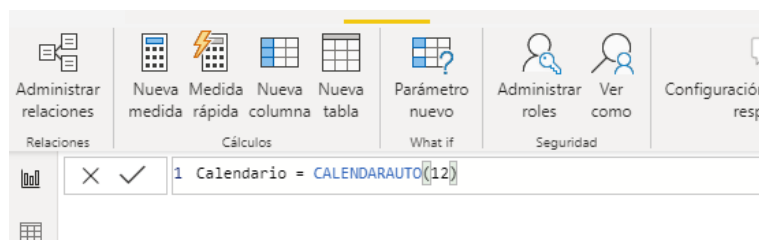


Figura 28 - Generación tabla Calendario

CALENDARAUTO es una función DAX que genera una tabla con todas las fechas de forma continua, desde la fecha menor que dispongamos en

cualquier tabla de nuestro modelo (PowerBI es capaz de encontrarla automáticamente), hasta la fecha mayor.

#### 2.6.1.4 Administrar las relaciones

Ya tenemos cargados los datos en nuestro informe por lo que ya se pueden empezar a crear las relaciones entre las distintas entidades.

PowerBI crea automáticamente algunas relaciones con aquellos campos que se llaman igual, lo cual, en ocasiones puede ayudar, pero otras veces no es correcto. En nuestro caso, ha generado un problema de relaciones circulares, ya que ha generado relaciones entre los campos ID de las distintas entidades y esto no es correcto por lo que habrá que eliminar las relaciones automáticas que ha generado.

En ocasiones, es posible que se necesite añadir alguna columna calculada, para poder crear las relaciones. En nuestro caso, inicialmente se generan las columnas de fechaTurno (workShiftDate), necesaria para relacionar ciertas tablas con el calendario.

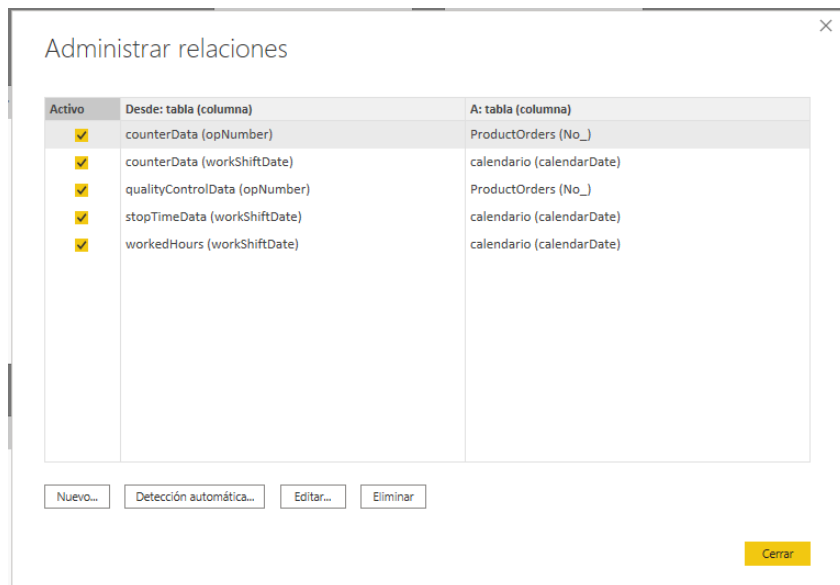
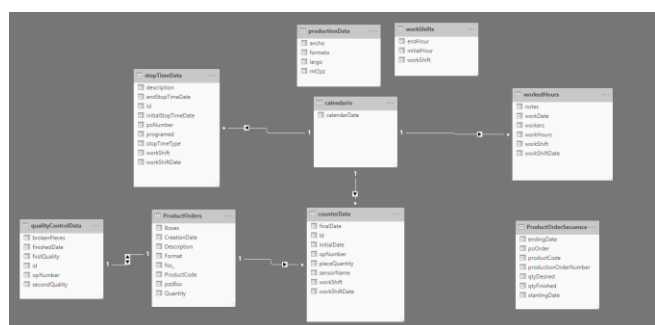


Figura 29 - Administrar relaciones

Una vez definidas las relaciones necesarias, se puede dar por terminada la fase de creación del modelo inicial, aunque seguramente, conforme avancemos con el cuadro de mandos quizás se necesite añadir alguna columna o relación más.



### 2.6.1.5 Unión de consultas

Todas las herramientas de BI que conozco disponen de herramientas ETL que permiten la transformación de datos y, en ese sentido, una de las funcionalidades que he necesitado usar en mi modelo para la simplificación de las dimensiones y de la tabla de hechos, es la unión de consultas.

Básicamente, se seleccionan las consultas que se desean unir y posteriormente, los campos que necesitamos traspasar de una dimensión a otra. De esta forma, podemos prescindir algunas relaciones existentes, simplificando el modelo.

Por ejemplo, vamos a ver cómo unir los datos de las tablas de datos de producción (productionData) y programación de ordenes de producción (iOPSecuence), a la tabla de ordenes de producción (ProductOrders).

Partimos de este esquema inicial:

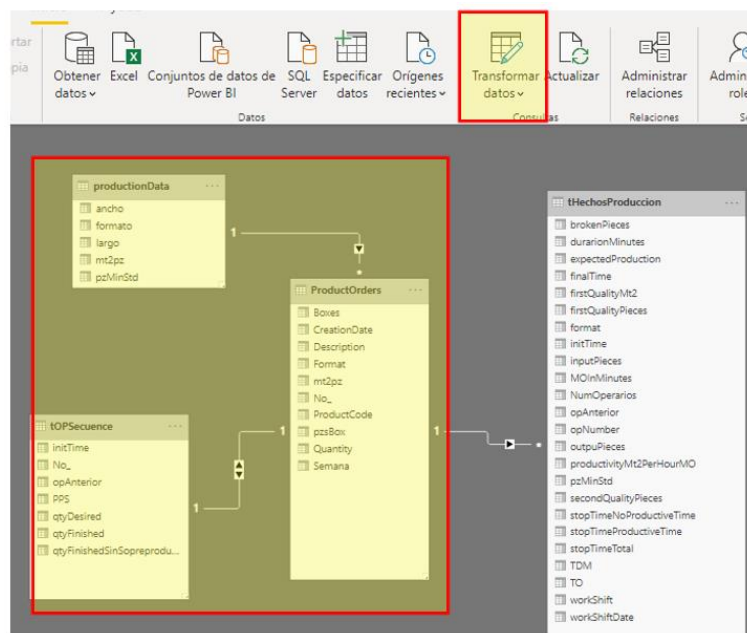


Figura 31 - Transformar datos

Deberemos pulsar sobre el botón “Trasformar datos” y se nos abrirá el editor de PowerQuery.

A continuación, se debe seleccionar la tabla a la que necesitamos añadir campos de otra tabla/consulta, pulsando el botón “Combinar consultas”:

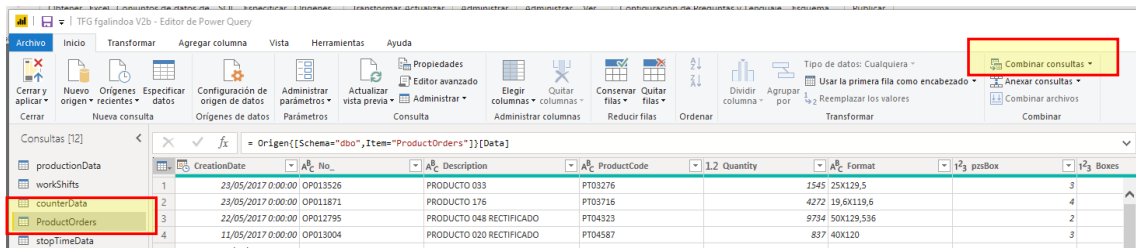


Figura 32 - Combinar consultas

En ese momento se nos muestra un dialogo, en el cual, podremos elegir la tabla de la cual necesitamos añadir información, seleccionaremos las columnas por las cuales se enlazará la información de las dos tablas y si es preciso, cambiamos el tipo de combinación.

Deberemos realizar esta acción 2 veces: una para la tabla de programación de las Ordenes de producción y otra para la de Datos de producción:

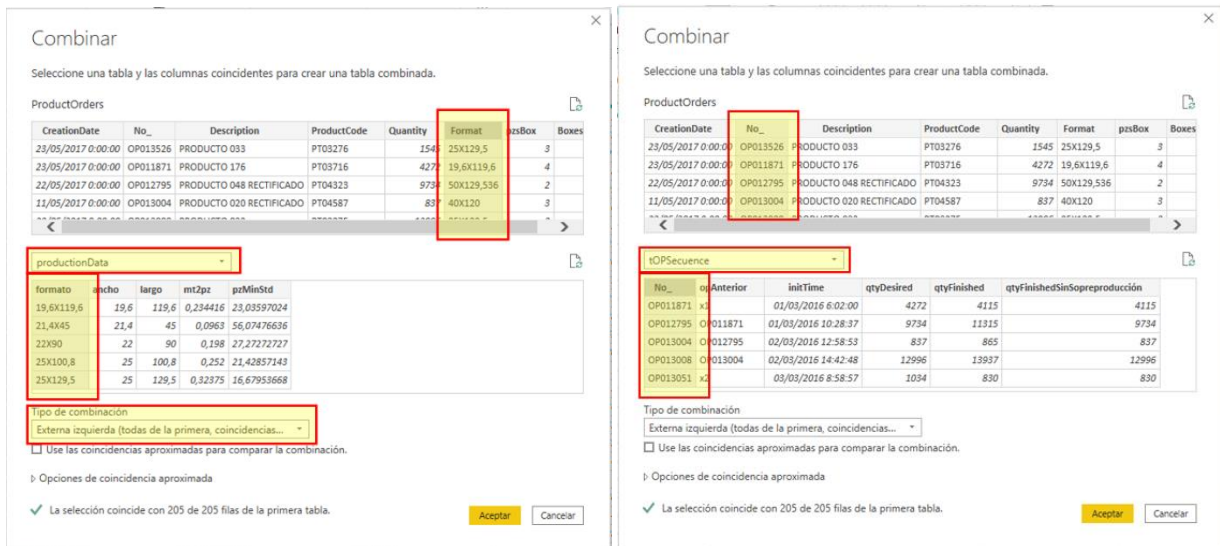


Figura 33 - Columnas usadas en la combinación de consultas

Con estas acciones, las tablas productionData y tOPSequence se han añadido a la tabla ProductOrder y tan sólo nos queda seleccionar las columnas que necesitamos de cada tabla, pulsando sobre el botón expandir:

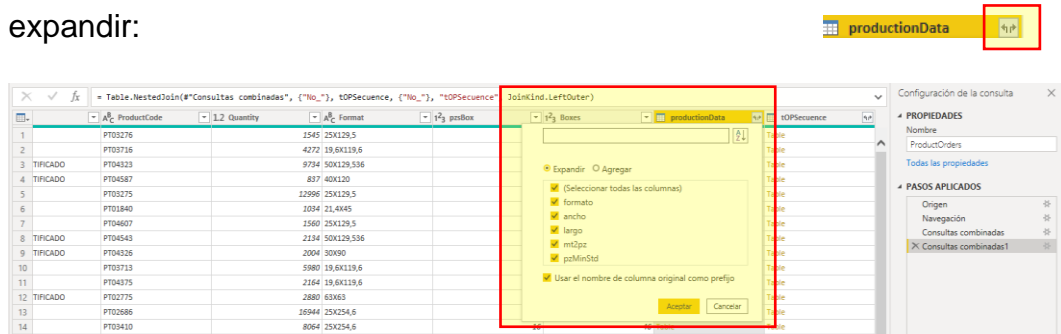


Figura 34 - Selección de columnas a añadir

De esta forma, las columnas “expandidas”, quedan añadidas a la tabla inicial en background en tiempo de recarga de datos, por lo que estas uniones no representaran un problema de rendimiento, ni de complejidad en los gráficos, ni en las medidas en las que se usen.

| ID | tOPSecuencia | tOPSecuencia.aplicacion | tOPSecuencia.initTime | tOPSecuencia.opAnterior | tOPSecuencia.qtyDesired | tOPSecuencia.qtyFinishedSinSopreproduccion |
|----|--------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| 1  | 3375         | 16,67953668             | 08/03/2016 11:47:19   |                         | 2800                    | 2796                                       |
| 2  | 3426         | 23,03597024             | 01/03/2016 6:02:00    |                         | 4272                    | 4225                                       |
| 3  | 3375         | 16,67953668             | 02/03/2016 14:42:48   |                         | 12966                   | 12896                                      |
| 4  | 4768         | 6,37450593              | 01/03/2016 10:28:37   |                         | 9794                    | 11315                                      |
| 5  | 3375         | 16,67953668             | 03/03/2016 9:35:59    |                         | 1500                    | 1351                                       |
| 6  | 0,48         | 21,25                   | 02/03/2016 12:58:53   |                         | 837                     | 865  |
| 7  | 4426         | 23,03597024             | 03/03/2016 11:42:46   |                         | 5980                    | 5483                                       |
| 8  | 3963         | 56,0746636              | 03/03/2016 8:58:57    |                         | 1034                    | 830  |
| 9  | 4426         | 23,03597024             | 03/03/2016 18:52:45   |                         | 2164                    | 2458                                       |
| 10 | 0,27         | 20                      | 03/03/2016 17:38:00   |                         | 2400                    | 2597                                       |
| 11 | 4768         | 6,37450593              | 03/03/2016 20:00:01   |                         | 2134                    | 2134                                       |

Figura 35 - Tabla resultante

Finalmente, se podrán las relaciones existentes en el modelo:

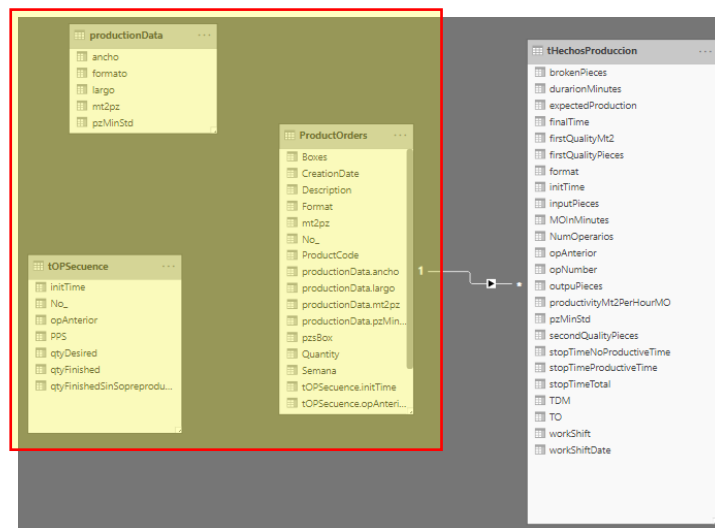


Figura 36 - Relaciones despues de la combinacion

### 2.6.1.6 Selección del modelo de datos.

Conforme vamos profundizando en la creación del cuadro de mandos y se generan relaciones entre las distintas dimensiones y tablas de hechos, nos damos cuenta de que es necesaria una refactorización del modelo para que la generación de medidas no se convierta una “misión imposible”.

En este sentido vemos que se han estandarizado unas estructuras de datos para informes de BI y que cada una aporta ventajas e inconvenientes, por lo que, revisaremos estas estructuras, y elegiremos la que mejor se ajusta a nuestro informe.

Las estructuras habituales son:

- El Modelo de estrella
- El modelo de copo de nieve
- El modelo de galaxia

#### 2.6.1.6.1 El Modelo de estrella

Se trata del modelo de básico y más sencillo en el cual disponemos de una sola tabla de hechos y una o varias dimensiones relacionadas directamente con la tabla de hechos.

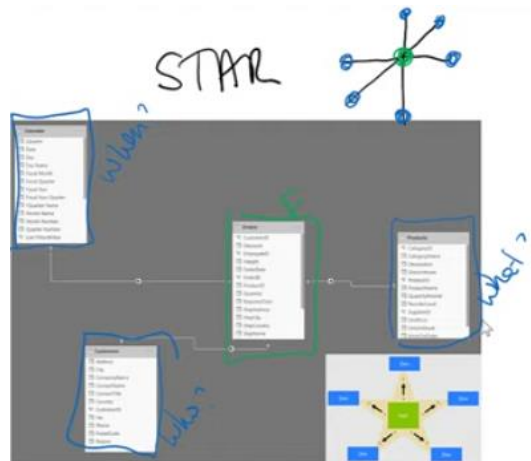


Figura 37 - Esquema modelo estrella

La sencillez de este modelo aporta ventajas e inconvenientes:

- La principal ventaja es que se trata de un modelo sencillo y fácilmente comprensible.
- La ejecución de los informes es muy rápida ya que disponemos de uniones sencillas entre la tabla de hechos y las dimensiones.
- El punto negativo es que, ciertos campos de las dimensiones se pueden repetir mucho y eso hace que:
  - o Los informes sean más grandes (tenemos un peor ratio de compresión)
  - o Tarden más tiempo y consuman más ancho de banda al traerse los datos desde la base de datos.

### 2.6.1.6.2 El modelo de copo de nieve

Básicamente, se trata de una extensión del modelo anterior, en el cual, unas dimensiones pueden depender de otras dimensiones, de forma similar a la estructura de un copo de nieve, en el cual, la tabla de hechos estaría situada en el centro:

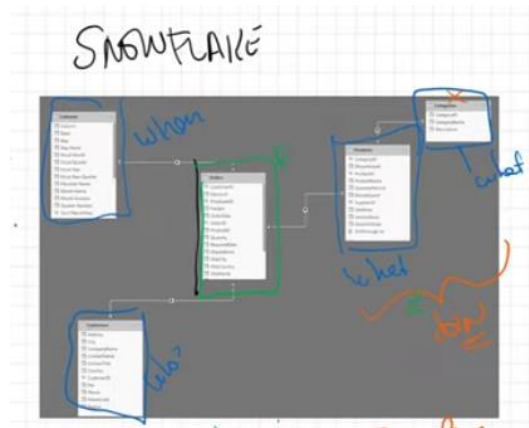


Figura 38 - Esquema modelo copo de nieve

Las diferencias respecto al modelo anterior serian que:

- Este modelo se comprime mucho más, por lo que los informes, ocupan menos espacio.
- El tiempo de lectura desde la base de datos es mucho menor ya que es mucho más eficiente que cuando se trasladan los valores de las dimensiones hijas a las dimensiones padres.
- Por otro lado, se empiezan a complicar las relaciones entre la tabla de hechos y las dimensiones más alejadas de ellas, de forma que, la ejecución del informe se ralentiza a causa de las uniones (join) que requiere hacer el motor de PowerBI para alcanzar los datos.

### 2.6.1.6.3 El modelo de galaxia

En este caso, tenemos una variación del modelo de estrella, en el cual, en vez de tener una tabla de hechos, disponemos de 2 que comparten entre ellas 1 o varias tablas de dimensiones.

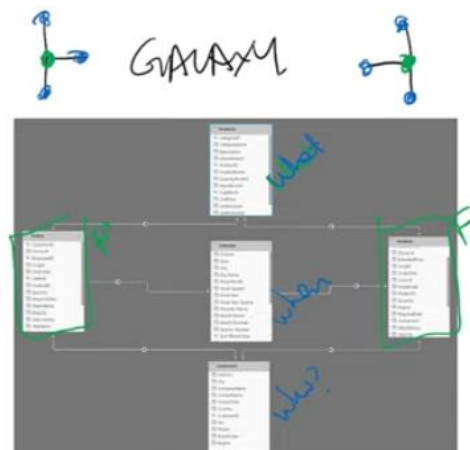


Figura 39- Esquema modelo galaxia

- No es lo más recomendable, pero si no se unen las tablas de hechos, puede funcionar bien.
- Informe de más de 2 tablas de hechos, no se recomiendan hacer ya que las medidas se vuelven muy ineficientes, las relaciones se pueden complicar mucho y el informe se vuelve ingobernable.

### 2.6.1.7 Nuestro modelo final

Después de varias refactorizaciones (con las utilidades incluidas en PowerBI para anexar y combinar consultas), unificando la información de varias tablas en otras tantas, nuestro modelo sigue las directrices de la estructura de tipo galaxia, en la tenemos 2 tablas de hechos (datos de producción y ordenes de trabajo de mantenimiento) y comparten la dimensión Calendario.

También disponemos de otra dimensión con toda la información relativa a la Orden de Producción, que, en este caso, sólo está relacionada con la tabla de hechos de producción. El resto de las tablas, se podrán “ocultar en la vista de informes” ya que no trabajaré con ellas en diseño de los gráficos del cuadro de mandos.

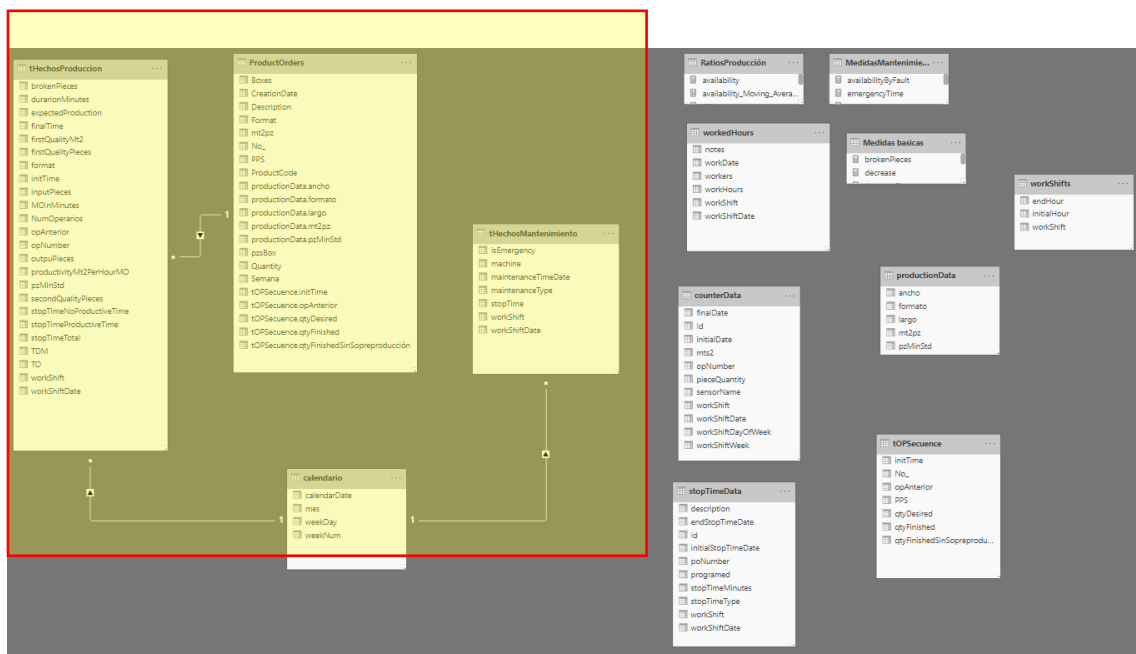


Figura 40- Esquema final del modelo



## 2.7 Creación del cuadro de mandos

Esta etapa del proyecto, entramos de lleno en el diseño del cuadro de mandos, y que, básicamente, se compone de 3 fases que se repiten durante el desarrollo de este. Estas fases son:

- La creación de columnas calculadas
- La creación de medidas
- El diseño de pantallas del informe

### 2.7.1 Columnas calculadas

Aunque pudiera parecer que el añadir más columnas a cada una de las tablas, se pudiera considerar parte de la generación del modelo, yo no acabo de estar del todo de acuerdo, ya que, para poder generar estas columnas, el modelo ya debe estar cargado, y, por otro lado, algunas columnas calculadas, dependen de otras entidades.

Existen varios botones con los que se puede añadir una columna, pero creo que el más cómodo es pulsando con el botón derecho sobre la tabla, y pulsar sobre “nueva columna”

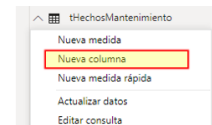


Figura 41 - Añadir columna

A partir de ese momento, se activa el editor de la columna y podemos añadir la “formula” para creación de esa columna. Por ejemplo, las columnas de Fecha Turno se generan así:

```
1 workShiftDate =
2 var result = if (tHechosMantenimiento[maintenanceTimeDate] <3; tHechosMantenimiento[maintenanceTimeDate];
3 | | | | | if(hour(tHechosMantenimiento[maintenanceTimeDate])<6; tHechosMantenimiento[maintenanceTimeDate]-1;tHechosMantenimiento[maintenanceTimeDate]))
4
5 var ft = DATE(year(result);MONTH(result);day(result))
6 RETURN
7 ft
8
```

Figura 42 - Función usada para la creación de una nueva columna

Es importante tener en cuenta que cada columna calculada se evalúa por cada fila de la tabla a la que se está añadiendo, por lo que, si se realizan subconsultas o acciones muy pesadas, estas pueden penalizar el rendimiento de informe.

En nuestro cuadro de mandos, las columnas que se han necesitado añadir son:

#### 2.7.1.1 Dimensión Calendario

Nombre: Calendario. Mes

Objetivo: Calcula el mes de la fecha de cada fila

Función: `mes = MONTH(Calendario[calendarDate])`

Nombre: Calendario.weekDay

Objetivo: Calcula el nombre del día de la semana de la fecha de cada fila

Función: `weekDay = WEEKDAY(Calendario[calendarDate])`

Nombre: Calendario. weekNum

Objetivo: Calcula el número del día de la semana de la fecha de cada fila

Función: `weekNum = WEEKNUM(Calendario[calendarDate])`

#### 2.7.1.2 Dimensión ProductOrders

Nombre: ProductOrders.PPS

Objetivo: Si la OP se ha fabricado en el mismo orden que estaba planificada, esta columna equivale al número de piezas producidas, sin sobreproducción.

En caso contrario, devuelve cero.

Función: `PPS =`

```

var opAnteriorFromIotData = CALCULATE(
    min(tHechosProduccion[opAnterior]);
    filter(tHechosProduccion;tHechosProduccion[opNumber] = [No_]))

return
if (opAnteriorFromIotData=ProductOrders[tOPSecuence.opAnterior];
    ProductOrders[tOPSecuence.qtyFinishedSinSopreproducción];
    0)

```

## Tabla de hechos: tHechosMantenimiento

**Nombre:** tHechosMantenimiento.workShift

**Objetivo:** Calcula el número de semana de la fecha de cada fila

**Función:**

```

workShift =
var hInicial = HOUR( tHechosMantenimiento[maintenanceTimeDate])
var t = CALCULATE(max(workShifts[workShift]);
    FILTER (workShifts; hInicial >= workShifts[initialHour] &&
hInicial< workShifts[endHour]))
RETURN
t

```

**Nombre:** tHechosMantenimiento.workShiftDate

**Objetivo:** Calcula el mes de la fecha de cada fila

**Función:**

```

workShiftDate =
var result = if (tHechosMantenimiento[maintenanceTimeDate] <3;
    tHechosMantenimiento[maintenanceTimeDate];
    if(hour(tHechosMantenimiento[maintenanceTimeDate])<6;
    tHechosMantenimiento[maintenanceTimeDate]-1;
    tHechosMantenimiento[maintenanceTimeDate]))

var ft = DATE(year(result);MONTH(result);day(result))
RETURN
ft

```

### 2.7.1.3 Tabla de hechos: tHechosProducción

Nombre: tHechosProducción.firstQualityMt2

Objetivo: Calcula los mt2 producidos de 1ª calidad.

Función: `firstQualityMt2 =  
tHechosProduccion[firstQualityPieces]*RELATED(ProductOrders[mt2pz])`

Nombre: tHechosProducción.firstQualityPieces

Objetivo: Calcula el número de piezas de 1º calidad

Función: `firstQualityPieces = tHechosProduccion[outputPieces] -  
(tHechosProduccion[secondQualityPieces] +  
tHechosProduccion[brokenPieces])`

Nombre: tHechosProducción.format

Objetivo: La función RELATED es similar al BUSCARV de Excel, mediante la cual, nos traemos el valor de un determinado campo de una tabla relacionada

Función: `format = RELATED(ProductOrders[Format])`

Nombre: tHechosProducción.productivityMt2PerHourMO

Objetivo: Calcula de cada registro, la productividad de mano de obra

Función: `productivityMt2PerHourMO =  
var mts2 = tHechosProduccion[firstQualityMt2]  
var horas =  
DATEDIFF(tHechosProduccion[initTime];tHechosProduccion[finalTime];MINUTE)  
/ 60  
var numOperarios = tHechosProduccion[NumOperarios]  
RETURN  
DIVIDE ( mts2; (horas * numOperarios) )`

|           |   |
|-----------|---|
| Nombre:   | tHechosProducción.workShift   |
| Objetivo: | Calcula el número de semana de la fecha de cada fila  |
| Función:  | <pre>workShift = var hInicial = HOUR( tHechosMantenimiento[maintenanceTimeDate]) var t = CALCULATE(     max(workShifts[workShift]);     FILTER (workShifts; hInicial&gt;=workShifts[initialHour] &amp;&amp; hInicial&lt; workShifts[endHour])) RETURN t</pre> |

|           |   |
|-----------|---|
| Nombre:   | tHechosProducción.workShiftDate   |
| Objetivo: | Calcula el mes de la fecha de cada fila   |
| Función:  | <pre>workShiftDate = var result = if (tHechosMantenimiento[maintenanceTimeDate] &lt;3;     tHechosMantenimiento[maintenanceTimeDate];     if(hour(tHechosMantenimiento[maintenanceTimeDate])&lt;6;         tHechosMantenimiento[maintenanceTimeDate]-1;         tHechosMantenimiento[maintenanceTimeDate])) var ft = DATE(year(result);MONTH(result);day(result)) RETURN ft</pre> |

## 2.7.2 Creación de medidas

Las medidas en PowerBI, son funciones que pueden devolver, tanto resúmenes simples como recuentos, sumas, medias, etc. o cálculos más complejos usando el lenguaje de formulación DAX y sus resultados cambian constantemente en función de la interacción del usuario con los filtros u otros gráficos del informe.

“En Poder BI Desktop, las medidas se crean y muestran en *Vista de informes* o *Vista de datos*. Las medidas que se creen aparecerán en la lista Campos con un icono de calculadora. Puede asignar el nombre que desee a las medidas y

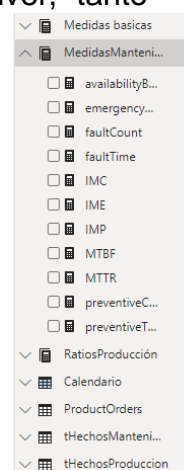


Figura 43 - Tablas y medidas

agregarlas a una visualización nueva o existente como cualquier otro campo.”<sup>21</sup>

Una medida se genera y se edita de forma muy parecida a una nueva columna, tal cómo hemos descrito en el apartado anterior, y es recomendable agruparlas en distintas “tablas” para poder, por un lado, distinguirlas fácilmente del resto de columnas, y por otro, poder localizarlas fácilmente durante el desarrollo del informe.

En nuestro caso, hemos generado estas medidas separadas en 3 tablas:

### 2.7.2.1 Medidas básicas:

Nombre: [brokenPieces]

Objetivo: Calcula el número de piezas rotas o despuntadas detectada por la máquina de calidad

Función: [brokenPieces] = `sum(tHechosProduccion[brokenPieces])`

Nombre: [decrease]

Objetivo: Calcula la merma de la línea

Función: [decrease] = [inputPieces]-[outputPieces]

Nombre: [durarionMinutes]

Objetivo: Calcula la duración en minutos del tramo de fabricación

Función: [durarionMinutes] =  
`var mMin = DATEDIFF([initTime],[finalTime],MINUTE)`  
`return`  
`mMin`

Nombre: [expectedPieces]

Objetivo: Devuelve el número de piezas que se esperaba fabricar

Función:  $[expectedPieces] = \text{sum}(tHechosProduccion[expectedProduction])$

Nombre:  $[finalTime]$

Objetivo: Retorna la fecha y hora en la que se finaliza una producción

Función:  $[finalTime] = \text{max}(tHechosProduccion[finalTime])$

Nombre:  $[firstQualityMt2]$

Objetivo: Calcula el número de mts2 de primera calidad

Función:  $[firstQualityMt2] = \text{sum}(tHechosProduccion[firstQualityMt2])$

Nombre:  $[initTime]$

Objetivo: Retorna la fecha y hora en la que se inicia una producción

Función:  $[initTime] = \text{min}(tHechosProduccion[initTime])$

Nombre:  $[inputPieces]$

Objetivo: Retorna el total de piezas contadas al principio de la línea de producción

Función:  $[inputPieces] = \text{sum}(tHechosProduccion[inputPieces])$

Nombre:  $[MOInMnutes]$

Objetivo: Calcula el total de mano de obra en minutos.

Función:  $[MOInMnutes] = \text{sum}(tHechosProduccion[MOInMinutes])$

Nombre: [outpuPieces]

Objetivo: Retorna el total de piezas contadas al final de la línea de producción

Función: [outpuPieces] = `sum(tHechosProduccion[outpuPieces])`

Nombre: [secondQualityPieces]

Objetivo: Calcula el total de piezas de 2º calidad

Función: [secondQualityPieces] = `sum(tHechosProduccion[secondQualityPieces])`

Nombre: [stopTimeNoProductiveTime]

Objetivo: Calcula el tiempo de paro “no productivo”... tiempo que ya estaba planificado parar y que se corresponde con desayunos, comidas, o cambios de modelo y formato

Función: [stopTimeNoProductiveTime] = `sum(tHechosProduccion[stopTimeNoProductiveTime])`

Nombre: [stopTimeTotal]

Objetivo: Calcula de total de tiempo de paro

Función: [stopTimeTotal] = `sum(tHechosProduccion[stopTimeTotal])`

Nombre: [Top 5 Products per MT2Producidos AS DAX]

Objetivo: Ranking de los 5 productos más fabricados

Función: [Top 5 Products per MT2Producidos AS DAX] = `CALCULATE ([firstQualityMt2], TOPN (10 , ALL(tHechosProduccion) , [firstQualityMt2] ,DESC ), VALUES( ProductOrders[ProductCode]))`



Nombre: [velocityMts2Minutes]

Objetivo: Calcula la velocidad de producción en mt2 por minuto.

Función: [velocityMts2Minutes] =  
`divide(sum(tHechosProduccion[firstQualityMt2]),[durarionMinutes])`

Nombre: [velocityPiecesMinutes]

Objetivo: Calcula la velocidad de producción en piezas por minuto

Función: [velocityPiecesMinutes] = `divide([outpuPieces],[durarionMinutes])`

### 2.7.2.2 RatiosProducción

Nombre: [availability]

Objetivo: calcula disponibilidad de la línea de producción

Función: [availability] = `DIVIDE([TO] , [TDM])`

Nombre: [BTS]

Objetivo: calcula el indicador Build to Schedule que hace referencia a lo bien que una producción se ajusta a su programación prevista

Función: [BTS] =  
`var rs = if( or([RS]=0,[RS]<0.5) , 0.5, [RS])`  
`return`  
`[RV]*[RM]*rs`

Nombre: [efficiency]

Objetivo: Calcula la eficiencia de la línea de producción

Función: [efficiency] = **DIVIDE**([outputPieces] , [expectedPieces])

Nombre: [efficiency\_Moving\_Average\_5\_days]

Objetivo: calcula el valor de la media móvil de la eficiencia de los últimos 5 días

Función: [efficiency\_Moving\_Average\_5\_days] =  
**CALCULATE** ([efficiency],  
**DATESINPERIOD** (  
    Calendario[calendarDate],  
    **LASTDATE** ( Calendario[calendarDate] ), -5,**DAY**)  
)

Nombre: [ftt%]

Objetivo: Calcula el indicador ftt% (% de producción, producida bien a la primera)

Función: [ftt%] = **divide**([outputPieces] - ([scrap]+[secondQualityPieces])  
,[outputPieces])

Nombre: [ftt%\_Moving\_Average\_5\_days]

Objetivo: Calcula el valor de la media móvil del ftt% de los últimos 5 días

Función: [ftt%\_Moving\_Average\_5\_days] = **CALCULATE** (  
    [ftt%],  
    **DATESINPERIOD** (  
        Calendario[calendarDate],  
        **LASTDATE** ( Calendario[calendarDate] ), -5,**DAY**)  
)

Nombre: [ftt%avg]

Objetivo: Calcula la media del indicador ftt%

Función: [ftt%avg] = **CALCULATE**([ftt%],  
**ALL**(Calendario),  
**ALL**(tHechosProduccion))

Nombre: [OEE%]

Objetivo: Calcula el indicador OEE%

Función: [OEE%] = [availability] \* [efficiency] \* [ftt%]

Nombre: [OEE%\_Moving\_Average\_5\_days]

Objetivo: Calcula el valor de la media móvil del OEE de los últimos 5 días

Función: [OEE%\_Moving\_Average\_5\_days] = **CALCULATE** (  
[OEE%],  
**DATESINPERIOD** (  
Calendario[calendarDate],  
**LASTDATE** ( Calendario[calendarDate] ), -5,**DAY**)  
)

Nombre: [PPM]

Objetivo: Calcula el indicador PPM, que nos indica la producción terminada, descontando la sobreproducción

Función: [PPM] =  
**sum**(ProductOrders[tOPSecuence.qtyFinishedSinSobreproducción])

Nombre: [productivityMt2PerHourMO]

Objetivo: Calcula la cantidad de mts2 producidos por hora de mano de obra

Función: `[productivityMt2PerHourMO] =  
AVERAGE(tHechosProduccion[productivityMt2PerHourMO])`

Nombre: `[productivityMt2PerHourMOAVG]`

Objetivo: Calcula la media de mts2 producidos por hora de mano de obra

Función: `[productivityMt2PerHourMOAVG] =  
CALCULATE([productivityMt2PerHourMO],  
all(Calendario),  
all(tHechosProduccion)  
)`

Nombre: `[PT]`

Objetivo: Calcula el indicador PT

Función: `[PT] = min(productionData[pzMinStd]) * [TO]`

Nombre: `[RM]`

Objetivo: Calcula la rendimiento del mix

Función: `[RM] = var rm = divide( [PPM] ,  
sum(ProductOrders[tOPSecuence.qtyFinished])) -- Rto Mix  
var result = if (rm>1,1,rm)  
return  
rm`

Nombre: `[RS]`

Objetivo: Calcula el rendimiento de la secuencia

Función: `[RS] = DIVIDE(sum( ProductOrders[PPS]),[PPM])`

Nombre: `[RV]`

Objetivo: Calcula el rendimiento del volumen

Función: [RV] =

```
var rv = divide(sum(
ProductOrders[tOPSecuence.qtyFinishedSinSopreproducción]),
sum(ProductOrders[tOPSecuence.qtyDesired]))

var result = if (rv>1,1,rv)
return
result
```

Nombre: [scrap]

Objetivo: Calcula el scrap en piezas sumando la merma y las piezas rotas/despuntados detectados en la inspección de calidad

Función: [scrap] = [decrease] + [brokenPieces]

Nombre: [scrap%]

Objetivo: Calcula el % de scrap

Función: [scrap%] = divide([scrap],[outputPieces])

Nombre: [scrap%\_Moving\_Average\_5\_days]

Objetivo: Calcula el valor de la media móvil del scrap% de los últimos 5 días

Función: [scrap%\_Moving\_Average\_5\_days] = CALCULATE (
[scrap%],
DATESINPERIOD (
Calendario[calendarDate],
LASTDATE ( Calendario[calendarDate] ), -5,DAY
)
)

Nombre: [scrap%avg]

Objetivo: Calcula la media del % de scrap

Función:  $[scrap\%avg] = \text{CALCULATE}([scrap\%],$   
 $\text{all}(\text{Calendario}),$   
 $\text{all}(\text{tHechosProduccion})$   
 $)$

Nombre: [scrap%diference]

Objetivo: Calcula el % de diferencia entre un % de scrap y la media

Función:  $[scrap\%diference] = ([scrap\%avg] - [scrap\%]) * 100$

Nombre: [TDM]

Objetivo: Calcula el indicador TDM

Función:  $[TDM] = \text{sum}(\text{tHechosProduccion}[TDM])$

Nombre: [TO]

Objetivo: Calcula el indicador TO

Función:  $[TO] = \text{sum}(\text{tHechosProduccion}[TO])$

### 2.7.2.3 Medidas Mantenimiento

Nombre: [availabilityByFault]

Objetivo: Calcula la disponibilidad por fallos de tiempo de parada por avería

Función:  $[availabilityByFault] = ([TDM] - [faultTime]) / [TDM]$

Nombre: [emergencyTime]

Objetivo: Calcula el tiempo de paro de tipo emergencia

Función:

```
[emergencyTime] =  
var minDateTime = min(Calendarario[calendarDate])  
var maxDateTime = max(Calendarario[calendarDate])  
var faultCount = CALCULATE(sum(tHechosMantenimiento[stopTime]) ,  
    FILTER(tHechosMantenimiento,  
  
        tHechosMantenimiento[isEmergency]="1" &&  
        (tHechosMantenimiento[workShiftDate]>=minDateTime &&  
  
            tHechosMantenimiento[workShiftDate]<=maxDateTime)))  
return  
faultCount
```

Nombre: [faultCount]

Objetivo: Calcula el número de averías que han parado la producción

Función:

```
[faultCount] =  
var minDateTime = min(Calendarario[calendarDate])  
var maxDateTime = max(Calendarario[calendarDate])  
var faultCount =  
CALCULATE(count(tHechosMantenimiento[maintenanceTimeDate]) ,  
    FILTER(tHechosMantenimiento,  
  
        tHechosMantenimiento[maintenanceType]="CORRECTIVO" &&  
        (tHechosMantenimiento[workShiftDate]>=minDateTime &&  
  
            tHechosMantenimiento[workShiftDate]<=maxDateTime)))  
return  
faultCount
```

Nombre: [faultTime]

Objetivo: Calcula el tiempo de paro de producción por averías

Función:

```
[faultTime] =  
var minDateTime = min(Calendarario[calendarDate])  
var maxDateTime = max(Calendarario[calendarDate])  
var faultCount = CALCULATE(sum(tHechosMantenimiento[stopTime]) ,  
    FILTER(tHechosMantenimiento,
```

```

tHechosMantenimiento[maintenanceType]="CORRECTIVO" &&
(tHechosMantenimiento[workShiftDate]>=minDateTime &&
tHechosMantenimiento[workShiftDate]<=maxDateTime)))

return
faultCount

```

Nombre: [IMC]

Objetivo: Calcula el índice de mantenimientos correctivos

Función:  $[IMC] = \text{divide}([\text{faultTime}], [\text{preventiveTime}] + [\text{faultTime}])$

Nombre: [IME]

Objetivo: Calcula el índice de mantenimientos de tipo emergencia

Función:  $[IME] = \text{divide}([\text{emergencyTime}], [\text{preventiveTime}] + [\text{faultTime}])$

Nombre: [IMP]

Objetivo: Calcula el índice de mantenimientos preventivos

Función:  $[IMP] = \text{divide}([\text{preventiveTime}], [\text{preventiveTime}] + [\text{faultTime}])$

Nombre: [MTBF]

Objetivo: Calcula el tiempo medio transcurrido entre averías

Función:  $[MTBF] =$   

```

var minDateTime = min(tHechosProduccion[initTime])
var maxDateTime = max(tHechosProduccion[finalTime])
var TTA_hours = DATEDIFF(minDateTime,maxDateTime,MINUTE)/60

return
divide(TTA_hours,[faultCount])

```



Nombre: [MTTR]

Objetivo: Calcula el tiempo medio de paro por avería

Función:  $[MTTR] = \text{divide}([\text{faultTime}], [\text{faultCount}])$

Nombre: [preventiveCount]

Objetivo: Calcula el número de mantenimientos preventivos realizados

Función:

```
[preventiveCount] =  
var minDateTime = min(Calendario[calendarDate])  
var maxDateTime = max(Calendario[calendarDate])  
var pCount = CALCULATE(count(tHechosMantenimiento[maintenanceTimeDate]) ,  
    FILTER(tHechosMantenimiento,  
tHechosMantenimiento[maintenanceType]="PREVENTIVO" &&  
    (tHechosMantenimiento[workShiftDate]>=minDateTime  
&& tHechosMantenimiento[workShiftDate]<=maxDateTime)))  
return  
pCount
```

Nombre: [preventiveTime]

Objetivo: Calcula el tiempo invertido en mantenimiento preventivo

Función:

```
[preventiveTime] =  
var minDateTime = min(Calendario[calendarDate])  
var maxDateTime = max(Calendario[calendarDate])  
var faultCount = CALCULATE(sum(tHechosMantenimiento[stopTime]) ,  
    FILTER(tHechosMantenimiento,  
tHechosMantenimiento[maintenanceType]="PREVENTIVO" &&  
    (tHechosMantenimiento[workShiftDate]>=minDateTime  
&& tHechosMantenimiento[workShiftDate]<=maxDateTime)))  
return  
faultCount
```

### 2.7.3 Interfaz gráfico del cuadro de mandos

Finalmente, para el diseño de la interfaz del cuadro de mandos, nos hemos fijado en algunos ejemplos de la web y se han puesto en práctica algunas ideas interesantes de cara a facilitar el uso por parte de los usuarios finales.

Algunas de estas ideas son:

- Mantener un esquema de diseño de página heterogéneo durante todas las páginas del informe, manteniendo dentro de las posibilidades del informe, en la misma posición:
  - Los paneles de filtro, tanto de fecha, como específicos de cada página
  - La columna con los indicadores.
  - Los botones para quitar el filtro o volver atrás.



Figura 44 - Botones volver atrás y eliminar filtros

De esta forma, cuando el usuario se ha familiarizado con el uso de una página, en la práctica, ha aprendido a usar todo el informe.

- Explotar al máximo la funcionalidad de “Obtener detalles” para navegar entre todas las páginas del informe y de esta forma, poder profundizar en el análisis pasando desde los datos de producción a calidad, programación o mantenimiento y viceversa.

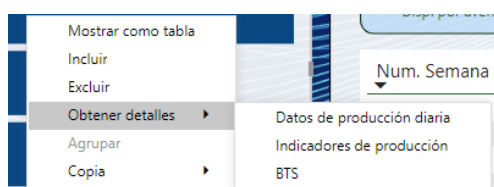


Figura 45 - Obtener detalles

Teniendo esto en cuenta, se ha dividido en informe en 5 páginas distintas, que pasamos a describir a continuación.

### 2.7.3.1 Página Inicio

Esta es la página inicial del informe, a parte del panel de filtro de fecha, común para todas las páginas, se pueden consultar:

- Una columna con los principales indicadores (calculados según la fecha especificada)
- Un gráfico de correlación entre el ftt% y OEE% en el cual se puede analizar por formato, los motivos que han influido en uno u otro indicador.
- Un gráfico en el que se pueden ver y analizar los formatos más fabricados
- Un gráfico desde el cual se pueden analizar los productos más fabricados
- Y un último gráfico en el que podemos ver los principales indicadores de mantenimiento, así como el tiempo de paro y los índices de mantenimiento por semana.

En esta página en concreto, toma aún más relevancia la opción de “Obtener detalles”, que se ha añadido a todos los gráficos, para facilitar la navegación a los detalles de las mediciones.

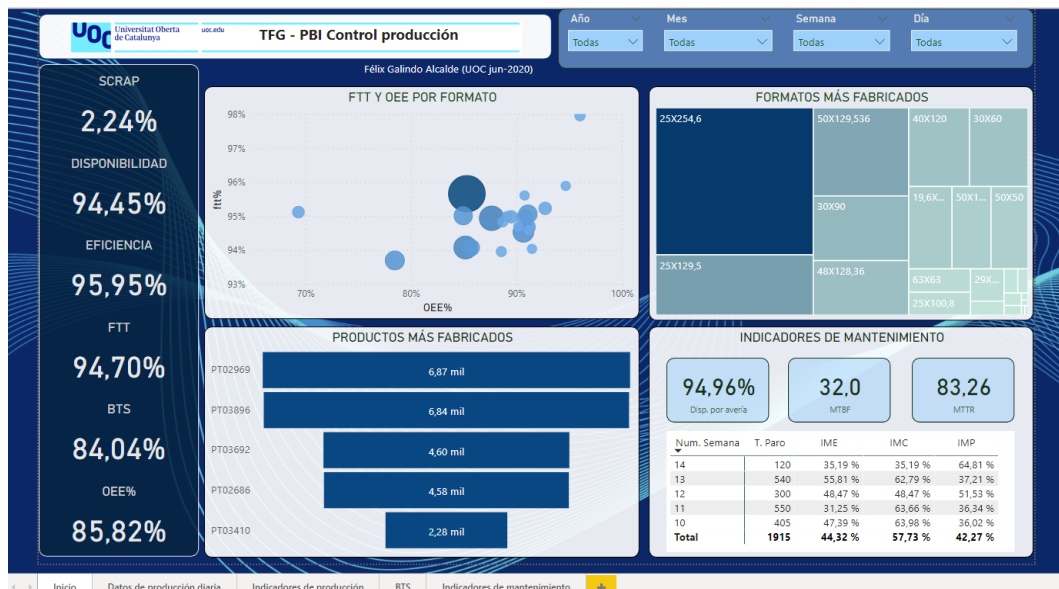


Figura 46 - Página inicial cuadro de mandos

### 2.7.3.2 Página Datos de producción diaria

En esta página, aparte de la columna de indicadores de la página y el panel de filtros de fecha, disponemos de los siguientes gráficos:

- Botón “Volver” que permite regresar a la página desde la cual se ha navegado, y un botón que permite limpiar los filtros actuales de la página.
- Un segundo panel de filtrado para el formato, código de producto o número de orden de producción.
- Un gráfico en el cual se puede ver el OEE% diario y se puede comparar con la media móvil de 5 días.
- Un último gráfico de tipo tabla en el cual, podremos analizar, los datos de cada producción realizada, y desde la que, con la utilidad de “Obtener detalles, podremos navegar al resto de páginas del informe.

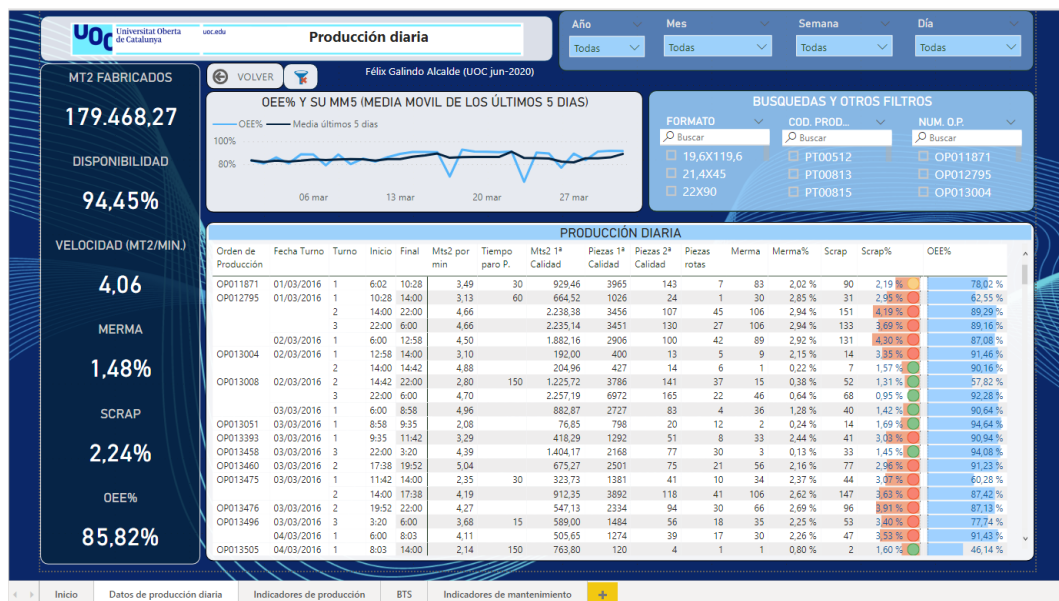


Figura 47 - Página Datos de producción diaria

### 2.7.3.3 Página Indicadores de Producción

En esta página, aparte de la columna de indicadores de la página, el panel de filtros de fecha y los botones para volver atrás y quitar los filtros, se han añadido los siguientes gráficos:

- Tres gráficos en el cual se puede ver el OEE, el scrap y FTT diario, así como sus medias móviles de 5 días.
- Un gráfico de tipo tabla en el cual, se pueden analizar, los datos indicadores de producción de cada una de las órdenes de producción, y desde la que, con la utilidad de "Obtener detalles", se puede navegar al resto de páginas del informe, para encontrar información relacionada.

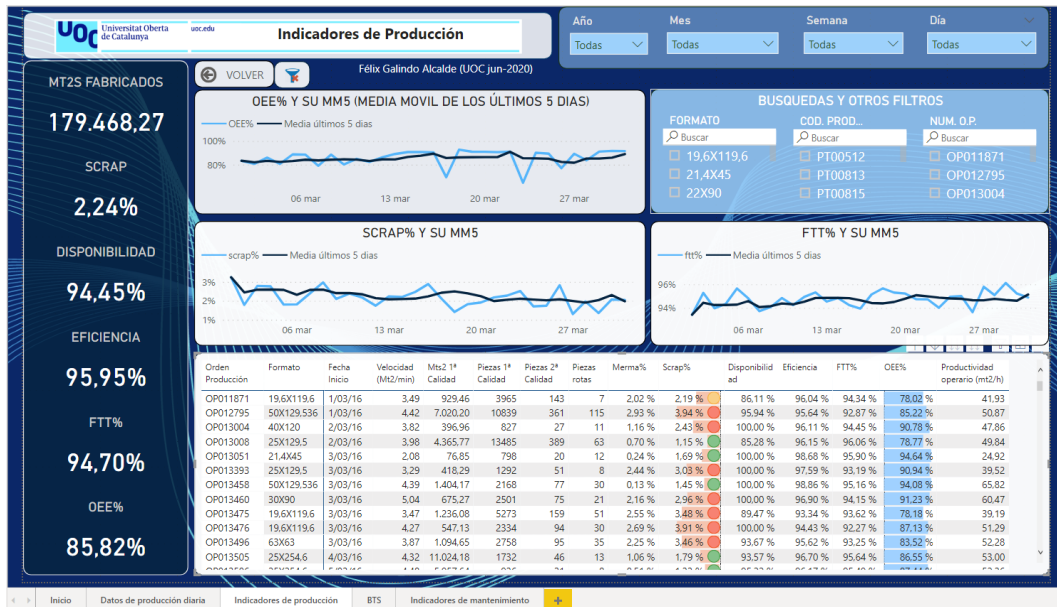


Figura 48 - Página Indicadores de Producción

### 2.7.3.4 Página BTS

En esta página, nos centramos en el análisis del BTS (indicador Build To Schedule) que nos indica el nivel de ajuste de nuestra producción a la programación, por esto, aparte de los paneles de filtro habituales y los botones para volver atrás y quitar los filtros, se han añadido los siguientes gráficos:

- Dos tablas para analizar los indicadores, bien por orden de producción o bien por formato.
- Un gráfico en el que se pueden ver los formatos ordenados, de menor a peor BTS.

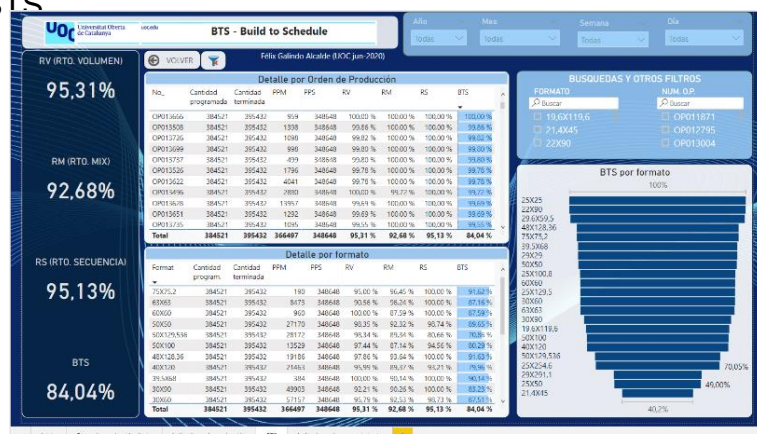


Figura 49 - Página cálculo del BTS

### 2.7.3.5 Página Indicadores de mantenimiento

Por último, esta página está centrada en el análisis del mantenimiento realizado, tanto preventivo, como correctivo, por lo que, aparte de los paneles de filtro habituales y los botones para volver atrás y quitar los filtros, se han añadido los siguientes gráficos:

- Gráfico el cual se puede comparar el IME (Índice de mantenimientos de tipo Emergencia), contra IMP (Índice de mantenimiento preventivo).
- Gráfico el cual se puede analizar el tiempo dedicado a mantenimientos preventivos y el tiempo de paro por avería.
- Gráficos en el cual se puede ver por máquina, el tiempo de trabajo preventivo realizado y el tiempo de paro por avería.
- Tabla con las órdenes de trabajo de cada máquina, en las que se puede ver el tipo de la OT, si ha sido una emergencia y el tiempo de paro total.

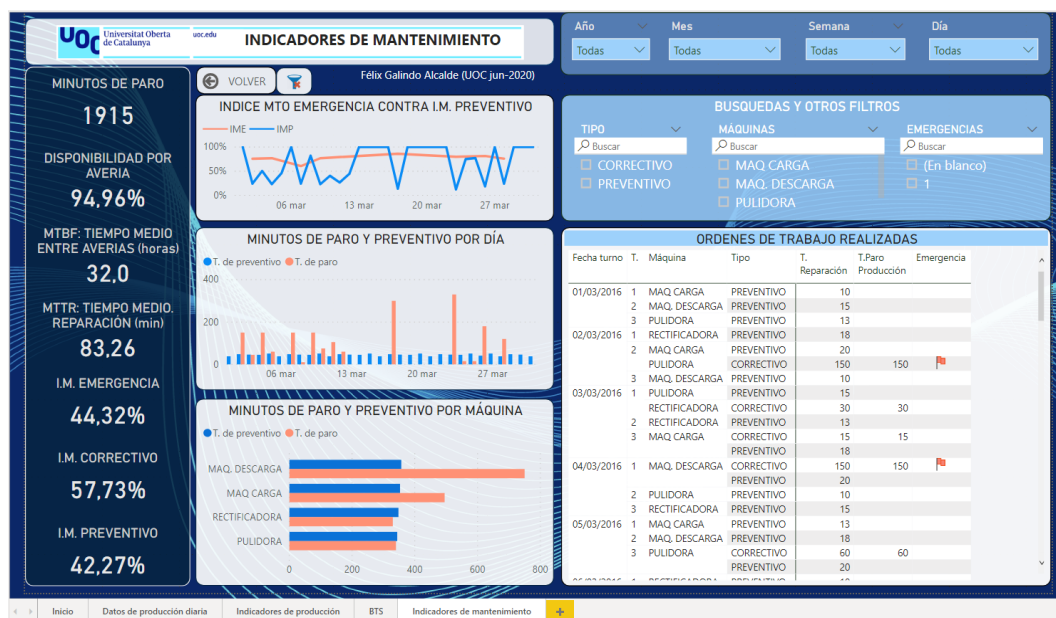


Figura 50 - Página de Indicadores de Mantenimiento

### 2.7.3.6 Algunos casos de uso

La verdad es que, el uso de un cuadro de mandos sobre PowerBI, es una experiencia inmejorable (se nota que Microsoft está apostando por la herramienta) y que difícilmente podremos transmitirla a los lectores sino es probando el propio cuadro de mandos.

En cualquier caso, pasamos a detallar como sería el funcionamiento con algunos casos de uso cotidianos cómo ejemplo y que nos pueden dar una idea de las posibilidades de análisis de la herramienta, que evidentemente, son mucho más extensas.

#### 2.7.3.6.1 Revisión de la producción del día anterior.

Entrando por la página principal se debe seleccionar el día en el filtro:



Figura 51 - Selección día

Examinando el gráfico comparativo entre el FTT y OEE, se puede ver que una producción en concreto ha tenido un % de OEE bajo y un FTT también menor... Para analizar esta producción en concreto, pulsaremos con el botón derecho sobre el gráfico y después, sobre “Obtener detalles”.

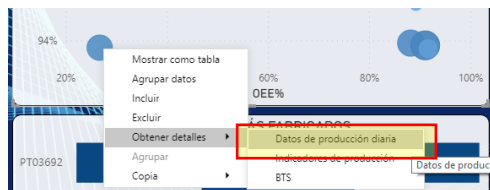


Figura 52 - Obtener detalles de la producción diaria

Seleccionamos “Datos de producción diaria” y al navegar a esta página, podremos observar que ha tenido un paro de 300 minutos por avería:



Figura 53 - Tiempo de paro en tabla de Producción Diaria

Desde este mismo gráfico, con el botón derecho, se puede ir a la página de mantenimiento a ver qué ha sucedido en ese turno, o bien, cómo ha afectado ese paro a la programación (BTS)... vamos a revisar ahora que tenemos registrado en los datos de mantenimiento:

| min  | min  | min | min     | min     | min     | min   | min | min | min    |
|------|------|-----|---------|---------|---------|-------|-----|-----|--------|
| 4:00 | 1,31 | 300 | Calidad | Calidad | Calidad | rotas | 1   | 21  | 1,98 % |
|      | 1,31 | 30  |         |         |         | 43    | 1   | 21  | 1,98 % |

Figura 54 - Obtener detalles para ir a la página de los Indicadores de Producción

Al navegar hasta la página de indicadores de mantenimiento y se puede ver que efectivamente ha habido una avería de 300 minutos en la máquina de descarga:

| ORDENES DE TRABAJO REALIZADAS |    |               |            |               |                   |            |
|-------------------------------|----|---------------|------------|---------------|-------------------|------------|
| Fecha turno                   | T. | Máquina       | Tipo       | T. Reparación | T.Paró Producción | Emergencia |
| 23/03/2016                    | 1  | MAQ. DESCARGA | CORRECTIVO | 300           | 300               | Na         |
|                               |    | PULIDORA      | PREVENTIVO | 15            |                   |            |
|                               | 2  | PULIDORA      | CORRECTIVO | 30            | 30                |            |
|                               |    | RECTIFICADORA | PREVENTIVO | 13            |                   |            |
|                               | 3  | MAQ. CARGA    | PREVENTIVO | 18            |                   |            |
| <b>Total</b>                  |    |               |            | <b>376</b>    | <b>330</b>        |            |

Figura 55 - Detalle avería

Volvemos atrás y al obtenemos detalles de nuevo para mostrar la página del BTS, para analizar de qué forma, ha afectado el problema a la programación prevista:

| Detalle por Orden de Producción |                     |                    |             |               |                |                 |                 |                |
|---------------------------------|---------------------|--------------------|-------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| No_                             | Cantidad programada | Cantidad terminada | PPM         | PPS           | RV             | RM              | RS              | BTS            |
| OP013741                        | 384521              | 395432             | 1061        | 348648        | 75,46 %        | 100,00 %        | 100,00 %        | 75,46 %        |
| <b>Total</b>                    | <b>384521</b>       | <b>395432</b>      | <b>1061</b> | <b>348648</b> | <b>75,46 %</b> | <b>100,00 %</b> | <b>100,00 %</b> | <b>75,46 %</b> |

Figura 56 - BTS de la OP analizada

Finalmente, volvemos atrás para poder analizar otra orden de producción.

### 2.7.3.6.2 Revisión mensual de un indicador de producción

Lo primero que se debe hacer es establecer en el filtro el mes que necesitamos analizar y empezamos por a la página de “Indicadores de producción”



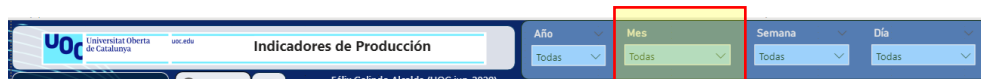


Figura 57 - Selección del mes a analizar

Vamos a hacer una revisión de un indicador en particular, por ejemplo, del OEE, del cual ya podemos ver un gráfico con la evolución mensual (o de los días que tengamos filtrados, ya sean años, meses, semanas, o días) respecto a su media móvil de los últimos 5 días:



Figura 58 - Grafico tendencia OEE%

Lo que más me ha gustado este tipo de gráfico es lo bien que se ve la tendencia marcada por la media móvil, y lo rápido que podemos determinar si el indicador está mejorando o empeorando.

En mi caso, continuaría el análisis ordenando la tabla inferior por la columna del indicador a analizar para identificar que producciones han tenido mejor o peor comportamiento:

| Orden Producción | Fecha Inicio | Velocidad (Mt2/min) | Mts2 1ª Calidad | Piezas 1ª Calidad | Piezas 2ª Calidad | Piezas rotas | Merma% | Scrap% | Disponibilidad | Eficiencia | FTT%    | OEE%    | Productividad operario (mt2/m) |
|------------------|--------------|---------------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------|--------|--------|----------------|------------|---------|---------|--------------------------------|
| OP013741         | 23/03/16     | 1,31                | 626,60          | 1017              | 43                | 1            | 1,98 % | 2,07 % | 29,58 %        | 96,08 %    | 93,87 % | 26,68 % | 15,67                          |
| OP013757         | 24/03/16     | 1,87                | 121,23          | 449               | 13                | 6            | 1,50 % | 2,78 % | 62,50 %        | 93,60 %    | 94,44 % | 55,25 % | 22,38                          |
| OP013783         | 27/03/16     | 3,22                | 2.374,15        | 373               | 12                | 2            | 0,78 % | 1,29 % | 72,14 %        | 97,75 %    | 95,61 % | 67,42 % | 34,88                          |
| OP013518         | 6/03/16      | 3,49                | 2.515,69        | 298               | 8                 | 2            | 1,62 % | 2,27 % | 77,31 %        | 94,23 %    | 95,13 % | 69,30 % | 43,65                          |
| OP013627         | 12/03/16     | 3,55                | 1.272,78        | 7071              | 212               | 87           | 2,02 % | 3,20 % | 81,13 %        | 95,22 %    | 93,92 % | 72,56 % | 37,26                          |
| OP013631         | 13/03/16     | 2,79                | 351,39          | 1499              | 53                | 10           | 2,50 % | 3,14 % | 82,56 %        | 95,50 %    | 93,47 % | 73,70 % | 34,57                          |
| OP013617         | 11/03/16     | 3,67                | 683,28          | 3796              | 106               | 35           | 2,11 % | 3,00 % | 81,71 %        | 97,94 %    | 94,31 % | 75,47 % | 36,74                          |
| OP013603         | 9/03/16      | 3,83                | 3.618,59        | 5587              | 189               | 75           | 1,25 % | 2,53 % | 82,88 %        | 96,66 %    | 94,24 % | 75,50 % | 40,54                          |

Figura 59 - Detalle tabla Indicadores de Producción

A partir de esta tabla, podemos usar la funcionalidad “Obtener los detalles” para navegar al resto de páginas... por ejemplo, de la OP013783 que tiene un OEE del 67,42%, al navegar a los datos de producción diaria vemos que han tenido tiempo de paro, que ha bajado el indicador del OEE %:

| PRODUCCIÓN DIARIA   |             |       |        |       |              |                |                 |                   |                   |              |          |               |          |               |                |
|---------------------|-------------|-------|--------|-------|--------------|----------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------|----------|---------------|----------|---------------|----------------|
| Orden de Producción | Fecha Turno | Turno | Inicio | Final | Mts2 por min | Tiempo paro P. | Mts2 1ª Calidad | Piezas 1ª Calidad | Piezas 2ª Calidad | Piezas rotas | Merma    | Merma%        | Scrap    | Scrap%        | OEE%           |
| OP013783            | 27/03/2016  | 3     | 22:00  | 6:00  | 3,94         | 60             | 1.890,41        | 297               | 11                | 2            | 3        | 0,97 %        | 5        | 1,61 %        | 80,59 %        |
|                     | 28/03/2016  | 1     | 6:00   | 10:18 | 1,87         | 120            | 483,74          | 76                | 1                 | 0            | 0        | 0,00 %        | 0        | 0,00 %        | 41,19 %        |
| <b>Total</b>        |             |       |        |       | <b>3,22</b>  | <b>180</b>     | <b>2.374,15</b> | <b>373</b>        | <b>12</b>         | <b>2</b>     | <b>3</b> | <b>0,78 %</b> | <b>5</b> | <b>1,29 %</b> | <b>67,42 %</b> |

Figura 60 - Detalle tabla Producción Diaria

Y si navegamos, a la página de mantenimiento, podremos ver que ha habido un problema con la rectificadora:

| ORDENES DE TRABAJO REALIZADAS |    |                             |            |            |            |            |
|-------------------------------|----|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Fecha turno                   | T. | Máquina                     | Tipo       | T.         |            | Emergencia |
|                               |    |                             |            | Reparación | Producción |            |
| 28/03/2016                    | 1  | MAQ. DESCARGA RECTIFICADORA | PREVENTIVO | 10         |            |            |
|                               |    |                             | CORRECTIVO | 120        | 120        |            |
|                               |    |                             | PREVENTIVO | 13         |            |            |
|                               | 2  | PULIDORA                    | PREVENTIVO | 13         |            |            |
|                               | 3  | RECTIFICADORA               | PREVENTIVO | 13         |            |            |
| <b>Total</b>                  |    |                             |            | <b>158</b> | <b>120</b> | <b>1</b>   |

Figura 61 - Detalle datos mantenimiento

### 2.7.3.6.3 Análisis del scrap

Igual que en punto anterior, lo primero que debemos hacer es establecer en el filtro de fecha en el periodo que queramos analizar, para revisar posteriormente el valor del indicador.

Los datos de scrap, se pueden ver, tanto por orden de producción y turno (desde la página de producción diaria), cómo desde la página de indicadores de producción, donde se muestra totalizado por orden de producción y donde tenemos un gráfico, idéntico al descrito para el OEE, en el cual se puede ver su evolución respecto a la media móvil de los últimos 5 días:

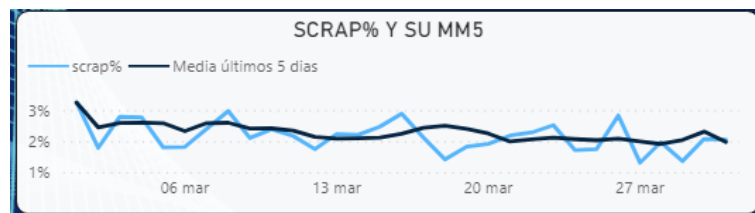


Figura 62 - Gráfico tendencia del scrap

Cómo lo ideal para la empresa es que el %scrap sea lo más bajo posible, con este gráfico podemos ver la tendencia y la evolución de las medidas que se toman en ese sentido.

Finalmente, igual que en caso anterior, podemos ordenar la tabla inferior para analizar individualmente los mejores o peores registros:

| Orden Producción | Formato    | Fecha Inicio | Velocidad (Mt2/min) | Mts2 1ª Calidad | Piezas 1ª Calidad | Piezas 2ª Calidad | Piezas rotas | Merma% | Scrap% | Disponibilidad | Eficiencia | FTT%   | OEE%   | Productividad operario (mt2/h) |
|------------------|------------|--------------|---------------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------|--------|--------|----------------|------------|--------|--------|--------------------------------|
| OP013633         | 50X50      | 13/03/16     | 4,78                | 81,25           | 325               | 9                 | 9            | 2,62%  | 5,25%  | 100,00%        | 93,41%     | 92,13% | 86,06% | 57,35                          |
| OP013719         | 30X90      | 21/03/16     | 3,20                | 134,19          | 497               | 20                | 6            | 3,25%  | 4,40%  | 100,00%        | 96,85%     | 91,78% | 88,89% | 38,34                          |
| OP013667         | 25X129,5   | 16/03/16     | 4,05                | 509,91          | 1575              | 43                | 16           | 3,06%  | 4,04%  | 100,00%        | 96,99%     | 93,33% | 90,52% | 40,47                          |
| OP012795         | 50X129,536 | 1/03/16      | 4,42                | 7.020,20        | 10839             | 361               | 115          | 2,93%  | 3,94%  | 95,94%         | 95,64%     | 92,87% | 85,22% | 50,87                          |
| OP013759         | 30X90      | 24/03/16     | 3,50                | 171,72          | 636               | 18                | 9            | 2,56%  | 3,92%  | 100,00%        | 97,50%     | 93,36% | 91,03% | 42,05                          |
| OP013476         | 19,6X119,6 | 3/03/16      | 4,27                | 547,13          | 2334              | 94                | 30           | 2,69%  | 3,91%  | 100,00%        | 94,43%     | 92,27% | 87,13% | 51,29                          |
| OP013786         | 50X100     | 30/03/16     | 4,05                | 462,00          | 924               | 23                | 13           | 2,50%  | 3,85%  | 100,00%        | 94,56%     | 93,75% | 88,65% | 48,63                          |
| OP013732         | 50X50      | 22/03/16     | 2,14                | 75,00           | 300               | 8                 | 4            | 2,56%  | 3,85%  | 100,00%        | 96,30%     | 93,59% | 90,12% | 25,71                          |
| OP013775         | 50X100     | 26/03/16     | 4,43                | 673,50          | 1347              | 38                | 19           | 2,49%  | 3,85%  | 100,00%        | 95,59%     | 93,45% | 89,32% | 53,17                          |
| OP013672         | 19,6X119,6 | 16/03/16     | 3,58                | 293,49          | 1252              | 52                | 12           | 2,89%  | 3,80%  | 100,00%        | 95,21%     | 92,25% | 87,83% | 42,95                          |
| OP013677         | 50X100     | 17/03/16     | 4,50                | 761,00          | 1522              | 47                | 20           | 2,52%  | 3,78%  | 100,00%        | 95,54%     | 93,27% | 89,11% | 45,03                          |
| OP013666         | 25X129,5   | 16/03/16     | 3,60                | 295,26          | 912               | 35                | 12           | 2,40%  | 3,65%  | 100,00%        | 92,73%     | 92,70% | 85,97% | 36,01                          |

Figura 63 - Indicadores de producción ordenados por scrap (de peor a mejor)

| Orden Producción | Formato    | Fecha Inicio | Velocidad (Mt2/min) | Mts2 1ª Calidad | Piezas 1ª Calidad | Piezas 2ª Calidad | Piezas rotas | Merma% | Scrap% | Disponibilidad | Eficiencia | FTT%    | OEE%    | Productividad operario (mt2/h) |
|------------------|------------|--------------|---------------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------|--------|--------|----------------|------------|---------|---------|--------------------------------|
| OP013702         | 75X75,2    | 20/03/16     | 4,59                | 592,20          | 105               | 2                 | 0            | 0,00 % | 0,00 % | 100,00 %       | 99,78 %    | 96,13 % | 97,92 % | 55,09                          |
| OP013703         | 75X75,2    | 20/03/16     | 4,51                | 496,32          | 88                | 2                 | 0            | 0,00 % | 0,00 % | 100,00 %       | 95,92 %    | 97,78 % | 93,79 % | 54,14                          |
| OP013538         | 40X120     | 8/03/16      | 3,44                | 261,12          | 544               | 21                | 1            | 0,00 % | 0,18 % | 100,00 %       | 94,93 %    | 96,11 % | 91,24 % | 41,23                          |
| OP013794         | 25X129,5   | 31/03/16     | 4,61                | 677,61          | 2093              | 69                | 5            | 0,05 % | 0,28 % | 100,00 %       | 99,94 %    | 96,54 % | 96,48 % | 55,32                          |
| OP013646         | 40X120     | 14/03/16     | 2,28                | 91,20           | 190               | 7                 | 1            | 0,00 % | 0,51 % | 100,00 %       | 97,78 %    | 95,96 % | 93,83 % | 27,36                          |
| OP013727         | 63X63      | 22/03/16     | 4,33                | 450,48          | 1135              | 33                | 4            | 0,26 % | 0,60 % | 100,00 %       | 95,71 %    | 96,59 % | 92,45 % | 51,98                          |
| OP013647         | 40X120     | 14/03/16     | 4,52                | 538,08          | 1121              | 26                | 4            | 0,26 % | 0,61 % | 100,00 %       | 94,73 %    | 97,13 % | 92,02 % | 54,26                          |
| OP013752         | 25X129,5   | 24/03/16     | 2,89                | 300,44          | 928               | 26                | 3            | 0,31 % | 0,63 % | 100,00 %       | 95,63 %    | 96,66 % | 92,43 % | 43,33                          |
| OP013681         | 63X63      | 17/03/16     | 4,21                | 467,55          | 1178              | 26                | 7            | 0,08 % | 0,66 % | 100,00 %       | 98,90 %    | 97,19 % | 96,12 % | 42,12                          |
| OP013718         | 30X90      | 21/03/16     | 5,18                | 430,11          | 1593              | 38                | 4            | 0,49 % | 0,73 % | 100,00 %       | 98,49 %    | 96,94 % | 95,48 % | 62,18                          |
| OP013737         | 50X100     | 22/03/16     | 2,43                | 240,50          | 481               | 17                | 1            | 0,60 % | 0,80 % | 100,00 %       | 98,31 %    | 95,79 % | 94,17 % | 29,15                          |
| OP013773         | 50X129,536 | 25/03/16     | 3,90                | 1.063,49        | 1642              | 62                | 10           | 0,23 % | 0,62 % | 93,53 %        | 94,74 %    | 95,57 % | 84,68 % | 46,75                          |

Figura 64 - Indicadores de producción ordenados por scrap (de mejor a peor)

Cómo podemos ver en las capturas, al lado del indicador de cada producción tenemos un círculo de color, que nos informa si la medición está en la media (amarillo), es mejor (verde), o peor valor (rojo)... de esta forma, aún resulta más fácil identificar valores peores de lo deseable.

| Orden Producción | Formato    | Fecha Inicio | Velocidad (Mt2/min) | Mts2 1ª Calidad | Piezas 1ª Calidad | Piezas 2ª Calidad | Piezas rotas | Merma% | Scrap% | Disponibilidad | Eficiencia | FTT%    | OEE%    | Productividad operario (mt2/h) |
|------------------|------------|--------------|---------------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------|--------|--------|----------------|------------|---------|---------|--------------------------------|
| OP011871         | 19,6X119,6 | 1/03/16      | 3,49                | 929,46          | 3965              | 143               | 7            | 2,02 % | 2,19 % | 86,11 %        | 96,04 %    | 94,34 % | 78,02 % | 41,93                          |
| OP012795         | 50X129,536 | 1/03/16      | 4,42                | 7.020,20        | 10839             | 361               | 115          | 2,93 % | 3,94 % | 95,94 %        | 95,64 %    | 92,87 % | 85,22 % | 50,87                          |
| OP013004         | 40X120     | 2/03/16      | 3,82                | 396,96          | 827               | 27                | 11           | 1,16 % | 2,43 % | 100,00 %       | 96,11 %    | 94,45 % | 90,78 % | 47,86                          |
| OP013008         | 25X129,5   | 2/03/16      | 3,98                | 4.365,77        | 13485             | 389               | 63           | 0,70 % | 1,15 % | 85,28 %        | 96,15 %    | 96,06 % | 78,77 % | 49,84                          |
| OP013051         | 21,4X45    | 3/03/16      | 2,08                | 76,65           | 798               | 20                | 12           | 0,24 % | 1,69 % | 100,00 %       | 98,68 %    | 95,90 % | 94,64 % | 24,92                          |

Figura 65 - Indicadores de producción ordenados por fecha, para poder ver el scrap de cada OP

## 3 Conclusiones

### 3.1 Lecciones aprendidas

En mi caso, este proyecto ha servido para poner en práctica algunos de los conocimientos adquiridos durante la carrera, cómo, por ejemplo:

- La generación de scripts en Python y agentes en Java, capaces de trabajar en paralelo y de forma distribuida.
- La instalación y configuración de colas de mensajes MQTT
- La instalación y configuración de servidores de bases de datos cómo SQL Server, MySQL y MongoDB

También he aprendido que un proyecto de BI no es sólo generar un determinado cuadro de mandos sino algo bastante más complejo. Se requiere:

- Analizar qué datos se necesitan capturar, como capturarlos y finalmente, cómo transformarlos para generar información útil para el usuario final
- Que la calidad de los datos sea óptima para que funcionen las relaciones y las medidas. Si la calidad de los datos no es buena, surgen problemas con las relaciones de datos entre distintos sistemas y provoca errores en el cuadro de mandos, por lo que, en el futuro es muy importante habilitar en los sistemas de información las restricciones necesarias para forzar a los usuarios a informar los datos que se requieren de una forma adecuada.
- Conocimiento del proceso productivo de la fábrica para poder adaptar el cuadro de mandos, e incluso algunos indicadores, a la realidad de esa fábrica en cuestión.

Por otro lado, disponiendo de unos buenos cimientos, creo que la curva de aprendizaje de PowerBI es muy rápida. La herramienta me ha encantado y espero poder usarla en el futuro en mi entorno profesional

### 3.2 Objetivos conseguidos

Desde mi punto de vista, estoy bastante satisfecho con el trabajo realizado, teniendo en cuenta, las excepcionales circunstancias causadas por el COVID.

Se han alcanzado los objetivos establecidos de acuerdo con la planificación, aunque para lograr algunos hitos, he tenido que sacrificar fines de semana, cosa que no tenía prevista inicialmente.

También me hubiera gustado haber trabajado con datos reales, pero no ha podido ser así ya que el proyecto de captura de datos de planta se tuvo que posponer a causa del COVID y justo se reemprende en este mes de junio del 2020.

### 3.3 Planificación y metodología

En cuanto a la planificación creo que ha sido correcta y adecuada para el proyecto.

En mi caso, quizás a mi falta de experiencia inicial con PowerBI, podría añadir que, durante el desarrollo de los gráficos de los cuadros de mando, me he encontrado con la necesidad de refactorizar el modelo, añadiendo columnas, combinando dimensiones y cambiando relaciones iniciales, hasta conseguir el modelo definitivo, algo que teóricamente, debería haber conseguido en etapas anteriores, pero que tampoco ha supuesto un gran retraso sobre la planificación prevista.

### 3.4 Trabajos futuros

Cómo posibles mejoras, en el futuro me gustaría extender la funcionalidad del cuadro de mandos para:

- Adaptarlo para otros tipos de industrias, en las que pudieran disponer de estructuras productivas más grandes (varías líneas de producción, secciones o distintas plantas).
- Mejorar el diseño de la interface del cuadro de mandos adaptándola a dispositivos móviles, ya que, aunque el informe actual se puede consultar desde cualquier dispositivo entrando en la web de Microsoft, PowerBI ofrece la posibilidad de crear un

diseño específico para móvil que, por falta de tiempo, no se ha llegado a realizar.

- Incluir la captura de datos energéticos, ya que, de esta forma podríamos:
  - o Asociar a cada producción el coste energético.
  - o Establecer un valor estándar de consumo y verificar las razones que implican una desviación.
  - o En ocasiones, un mayor consumo energético por parte de una máquina es el preludeo de una posible avería, así que me gustaría incluir un sistema de monitorización y alertas de estas situaciones para que ayude a evitar problemas más graves.
- Implantar técnicas de *Machine Learning* para la prevención de problemas de producción, e incluso, la generación de ordenes de trabajo para la realización de mantenimiento predictivo.
- Y, por último, aunque quizás se salga del ámbito de este proyecto, me gustaría trabajar en la construcción de un Gemelo Digital que permita la simulación del proceso productivo.

## 4 Glosario

- **4G** Siglas con las que se hace referencia a la cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil.
- **BD** Base de datos.
- **BI** Business Intelligence, hace referencia al conjunto de aplicaciones, arquitecturas y tecnologías orientadas a la administración y creación de conocimiento a través del análisis de datos de distintas Fuentes.
- **BTS** BTS (Build to Schedule): Indicador que nos informa de lo bien que nuestra producción, cumple con su programación.
- **CPD** Centro de proceso de datos.
- **DAX** Data Analysis Expressions son una biblioteca de funciones que pueden combinarse para construir expresiones de fórmulas para PowerBI y PowerPivot.
- **ERP** Enterprise Resource Planning, que significa “sistema de planificación de recursos empresariales”, básicamente hace referencia al Sistema de Información de Gestión que se usa en la empresa.
- **ESP32** Es el nombre de una familia de chips de bajo coste y consumo de energía.
- **ETL** Extract, Transform and Load. Conjunto de herramientas que permiten extraer, transformar y cargar datos de múltiples fuentes.
- **FTT** First Time Through: Indicador de informa del % producción que se fabrica bien a la primera.
- **GMAO** Sistema de Información para la gestión del mantenimiento.
- **GPIOS** General Purpose Input/Output, es como se denominan los pins que incorporan ciertos dispositivos y que permiten, la entrada o salida de señales digitales o analógicas.

- **ID** Campo identificador único de un registro de una tabla.
- **IMC** Índice de mantenimiento correctivo.
- **IME** Índice de mantenimiento de emergencia.
- **IMP** Índice de mantenimiento preventivo.
- **IOT** Internet of things, son las siglas de una nueva familia de dispositivos usados para dotar de conectividad a prácticamente cualquier aparato.
- **JAVA** Lenguaje de programación fuertemente tipado.
- **JSON** Javascript Object Notation, formato de texto sencillo para el intercambio de datos.
- **MACHINE LEARNING** Capacidad de algunos sistemas para aprender mediante la adaptación de ciertos algoritmos de su programación.
- **MOD** Mano de obra directa.
- **MQTT** Es un protocolo de mensajería ligero ,optimizado para su uso con sensores y dispositivos móviles.
- **MTBF** MTBF (Mid Time Between Failure): Tiempo medio entre fallos
- **MTTR** MTTR (Mid Time To Repair): Tiempo medio de reparación.
- **OEE** El Overall Equipment Effectiveness es un indicador que sirve para medir el aprovechamiento de la maquinaria industrial.
- **OFFICE365** Suite ofimática de Microsoft.
- **OP** Orden de Producción.
- **OT** Orden de Trabajo de mantenimiento.
- **PLC** Programable Logic Controller: son las siglas que identifican a un autómata programable.
- **PP** Piezas producidas.
- **PPM** Piezas producidas para el Mix.



- **PPS** Piezas producidas en secuencia.
- **PR** Piezas reales.
- **PT** Piezas teóricas que se deberían producir.
- **PYTHON** Lenguaje de programación débilmente tipado.
- **RM** Rendimiento del Mix.
- **RS** Rendimiento de la Secuencia.
- **RV** Rendimiento del Volumen.
- **SQL** Structured Query Language.
- **TDM** Tiempo disponible de máquina.
- **TFG** Trabajo Fin de Grado.
- **TO** Tiempo operativo de la máquina.
- **WIFI** Tecnología que permite la comunicación inalámbrica de dispositivos electrónicos.

## 5 Bibliografía

1: Ascer. Descripción del sector cerámico:

<https://www.ascer.es/sectorPlantilla.aspx?lang=es-ES&cual=descripcion>

2: Gantt Project: <https://www.ganttproject.biz/>

3: Cuadrante mágico Gartner sobre soluciones de BI:

<https://www.qlik.com/es-es/gartner-magic-quadrant-business-intelligence>

4: ThoughtSpot: descripción dl producto:

<https://www.thoughtspot.com/product>

5: Artículo Wikipedia sobre ThoughtSpot

<https://en.wikipedia.org/wiki/ThoughtSpot>

6: Tableau: página web del producto <https://www.tableau.com>

7: Tableau: información precios <https://www.tableau.com/es-es/pricing/teams-orgs>

8: Qlik: información productos de integración y consumo de datos

<https://www.qlik.com/us/products/data-integration-products>

9: Qlik: precio de la solución: <https://www.qlik.com/us/pricing>

10: PowerBI: información del producto: <https://info.microsoft.com/ww-landing-2020-gartner-magic-quadrant-for-analytics-and-business-intelligence.html?LCID=EN-US>

11: PowerBI: precio de la solución: <https://PowerBI.microsoft.com/es-es/pricing/>

12: Javier Sole. Lean. El indicador BTS (Build to Schedule). L42:

<http://javersole.com/?p=3522>

13: Marin-Garcia, Juan A y Garcia-Sabater, Julio J. Cálculo de indicadores productivos:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16050/indicadores.pdf?sequence>

14: Control Group. Cómo utilizar los indicadores de producción para saber si el proceso es correcto: <https://blog.controlgroup.es/utilizar-los-indicadores-produccion-saber-proceso-correcto/>

15: Justo Berganzo. Cálculo del OEE Avanzado. <https://www.sistemasoe.com/calculo-oe-avanzado/>

16: Humberto Castillo (23 de Noviembre de 2015). Indicadores de producción. <https://prezi.com/ceqxdagocpkz/indicadores-de-produccion/>

17: Betancourt, D. F. (30 de junio de 2017). *Indicadores de gestión: Definición, elaboración e interpretación con ejemplo práctico*. Recuperado el 05 de abril de 2020, de Ingenio Empresa: [www.ingenioempresa.com/indicadores-una-guia-incompleta](http://www.ingenioempresa.com/indicadores-una-guia-incompleta).

18: Santiago García Garrido. Indicadores en mantenimiento: <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/300-indicadores-en-mantenimiento>

19: Intro to data modeling (Part2): Snowflake vs star vs galaxy schemes in Power BI: <https://www.youtube.com/watch?v=-vTakVyIDUU>

20: El modelo de estrella. El pilar fundamental del Business Intelligence. <https://datamanagement.es/2019/06/27/business-intelligence-modelo-estrella/>

21: Creación de medidas para el análisis de datos en Power BI Desktop: <https://docs.microsoft.com/en-us/power-bi/transform-model/desktop-measures>

22: Creación de medidas para el análisis de datos en Power BI Desktop: <https://docs.microsoft.com/en-us/power-bi/transform-model/desktop-measures>

-

## 6 Anexos

### 6.1 main.cpp (Sketch para Arduino YUN2)

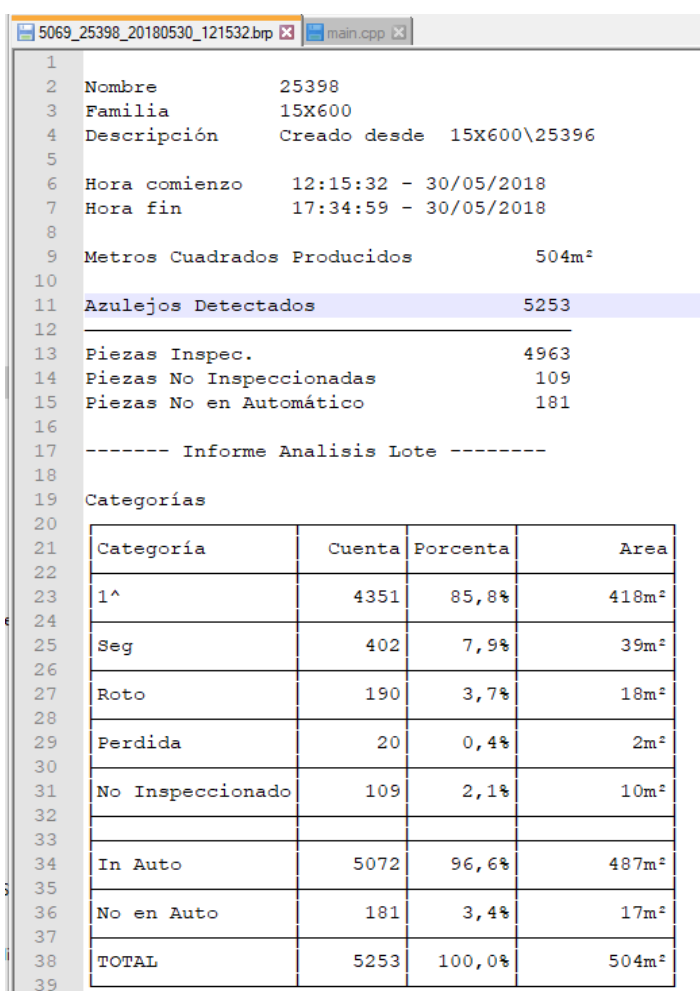
Sketch de ejemplo para dispositivos Arduino YUN2, en el cual, captura la señal de una fotocélula cada vez que pasa una pieza y gestionando un contador de filas y publicando posteriormente el nuevo dato en una cola MQTT para que pueda ser leído posteriormente por agente que está suscrito a la cola.

```
5069_25398_20180530_121532.brp x3 main.cpp x
394
395 void loop() {
396     unsigned long mMillis = millis();
397     ahora= fecha + ( mMillis- tCalcDate) / 1000;
398
399
400     // contadorFilas.loop();    USSAMOS INTERRUPCIONES
401
402     if (c1 != contadorFilas01.getContador()){
403         c1 = contadorFilas01.getContador();
404         contadorFilas01.debug();
405
406         // COMO SON FILAS, PUBLICAMOS ON LINE
407         printVariables(contadorFilas01, true);
408     }else{
409         if (cli !=contadorFilas01.getIgnoradas()){
410             cli =contadorFilas01.getIgnoradas();
411             Console.println ("-- Fila IGNORADA --");
412             contadorFilas01.debug();
413         }
414     }
415 }
416
417
418
419 if (contadorFilas01.getRetraso()>3 ){
420
421     // si no mandamos nada al puerto serie, mandamos cada 30 segundos:
422     if ((mMillis-tPrint)/1000 >=30 ) {
423         printVariables(contadorFilas01, false);
424     }
425
426     // para maximizar la vida de la EEPROM, guardamos valores cada 10
427     if ((mMillis-tSave)/1000 >=100 ) {
428         saveToEEPROM();
429     }
}
```

## 6.2 5069\_25398\_20180530\_121532.brp (Informe de producción máquina Surface Inspection)

Se trata del informe que confecciona una máquina de visión artificial que inspecciona las piezas que pasan por ella y es capaz de reconocer desviaciones de tono, partes rotas y otros defectos de las piezas.

Con la incorporación de esta información a nuestros informes, tenemos datos irrefutables de las cantidades y calidades fabricadas.



```
1
2 Nombre          25398
3 Familia         15X600
4 Descripción     Creado desde 15X600\25396
5
6 Hora comienzo  12:15:32 - 30/05/2018
7 Hora fin       17:34:59 - 30/05/2018
8
9 Metros Cuadrados Producidos      504m²
10
11 Azulejos Detectados                5253
12
13 Piezas Inspec.                    4963
14 Piezas No Inspeccionadas          109
15 Piezas No en Automático           181
16
17 ----- Informe Analisis Lote -----
18
19 Categorías
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
```

| Categoría        | Cuenta | Porcenta | Area  |
|------------------|--------|----------|-------|
| 1^               | 4351   | 85,8%    | 418m² |
| Seg              | 402    | 7,9%     | 39m²  |
| Roto             | 190    | 3,7%     | 18m²  |
| Perdida          | 20     | 0,4%     | 2m²   |
| No Inspeccionado | 109    | 2,1%     | 10m²  |
| In Auto          | 5072   | 96,6%    | 487m² |
| No en Auto       | 181    | 3,4%     | 17m²  |
| TOTAL            | 5253   | 100,0%   | 504m² |

## 6.3 process\_surface\_files.py

Se trata de un pequeño script en Python, mediante el cual, cada vez que la máquina genera un informe de producción, se procesa y persiste los datos a una base de datos para su posterior análisis.

```
72 def process_file_surface(maquina, root, name):
73     fullpath = os.path.join(root, name)
74
75     # detect file encoding
76     with open(fullpath, 'rb') as file:
77         raw = file.read(32) # at most 32 bytes are returned
78         encoding = chardet.detect(raw)['encoding']
79     #print (encoding)
80
81     trabajo = SurfaceJob()
82     trabajo.maquina = maquina
83     trabajo.archivo = name
84
85
86     file = open(fullpath,"r", encoding=encoding)
87     for line in file:
88         if line.startswith("Nombre"): trabajo.prod_cod = line[16:].strip()
89         if line.startswith("Familia"): trabajo.prod_formato = line[16:].strip()
90         if line.startswith("Descripción"): trabajo.prod_descripcion = line[16:].strip()
91         if line.startswith("Hora comienzo"):
92             hora = line[17:25].strip()
93             fecha = line[28:38].strip()
94             trabajo.job_inicio = datetime.strptime(fecha + ' ' + hora, '%d/%m/%Y %H:%M:%S')
95
96         if line.startswith("Hora fin"):
97             hora = line[17:25].strip()
98             fecha = line[28:38].strip()
99             trabajo.job_fin = datetime.strptime(fecha + ' ' + hora, '%d/%m/%Y %H:%M:%S')
100
101         if line.startswith("Metros Cuadrados Producidos"):
102             trabajo.prod_mts_cuadrados_totales = line[32:].strip()
103             trabajo.prod_mts_cuadrados_totales = trabajo.prod_mts_cuadrados_totales[:-2]
104
105         if line.startswith("Azulejos Detectados"): trabajo.prod_piezas_totales = line[32:].strip()
106         if line.startswith("Piezas Inspec. "): trabajo.prod_piezas_inspec = line[32:].strip()
107         if line.startswith("Piezas No Insp") & (trabajo.prod_piezas_no_inspec ==0):
108             trabajo.prod_piezas_no_inspec = line[32:].strip()
109         if line.startswith("Piezas No en Automático"): trabajo.prod_piezas_no_en_auto = line[32:].strip()
110         if line.startswith("1^"): trabajo.cat_primera = line[18:26].strip()
111         if line.startswith("Seg"): trabajo.cat_segunda = line[18:26].strip()
112         if line.startswith("Roto"): trabajo.cat_roto = line[18:26].strip()
113         if line.startswith("Perdida "): trabajo.cat_perdida = line[18:26].strip()
114         if line.startswith("No Inspec"): trabajo.cat_no_inspec = line[18:26].strip()
115
116
117     file.close()
118
```

## 6.4 MQTT2BF\_v2.py

Script desarrollado en Python para persistir en una BD los datos recibidos a través de una suscripción MQTT... en nuestro caso, el payload MQTT se persisten en la colección "iotData" de nuestra base de datos en MongoDB.

```
37
38 parser = argparse.ArgumentParser()
39 parser.add_argument("-i", "--ip",
40                     required=True, help="Ip del servidor MQTT al que nos conectaremos")
41 parser.add_argument("-t", "--topic", required=True, help="Topic del servidor MQTT al que nos suscribiremos")
42 parser.add_argument("-v", "--verbose", help="Mostrar información de depuración", action="store_true")
43 parser.add_argument("-l", "--linux", help="Usa la conexión a la BD desde Linux", action="store_true")
44 parser.add_argument("-p", "--production", help="Usa la conexión a la BD MERCURY (PRODUCCION), si no se especifica, se
45
46
47 mMQTTClientID = 'py2bd'
48 mIOTIPDevice = ''
49 mTopic = ''
50 local_tz = pytz.timezone('Europe/Madrid')
51 fromfile = False
52 mensajesProcesados = 0
53
54 #
55 #
56 #
57 def handleDateToString(dateObj):
58     return dateObj.strftime('%d/%m/%Y %H:%M:%S')
59
60 def utc_to_local(utc_dt):
61     local_dt = utc_dt.replace(tzinfo=pytz.utc).astimezone(local_tz)
62     return local_dt.normalize(local_dt) # .normalize might be unnecessary
63 #
64 #
65 #
66 def get_TGVHistory_data (box, intento):
67     intento = intento + 1
68     if intento>5:
69         return None
70
71     cursor = connection.cursor()
72     sqlCommand = ("select top 1 fecha, prod_cod, prod_name, box from [dbo].TGVJobs "
73                 "where maquina = ? and posicion= ? "
74                 "and fecha < ? "
75                 "order by fecha desc")
76
77
78     posicion=box.bahia*100+box.maquina
79
80     values = [box.maquina, posicion, box.fechaIni]
81     cursor.execute(sqlCommand, values)
82
83     if cursor.rowcount==0:
84         # FALTA ARTICULAR MECANISMO DE VALIDACIÓN PARA EVITAR ERRORES MIENTRAS
```

## 6.5 ProcessIOTData.py

Script que procesa y agrupa los datos persistidos desde las colas MQTT generando un registro por fecha, turno y orden de producción.

```
54 parser = argparse.ArgumentParser()
55 parser.add_argument("-v", "--verbose", help="Mostrar información de depuración", action="store_true")
56 parser.add_argument("-l", "--linux", help="Usa la conexión a la BD desde Linux", action="store_true")
57 parser.add_argument("-p", "--production", help="Usa la conexión a la BD, si no se especifica, se usará la conexión a
58
59
60 local_tz = pytz.timezone('Europe/Madrid')
61 fromfile = False
62
63
64 #
65 #
66 #
67 def handleDateToString(dateObj):
68     return dateObj.strftime('%d/%m/%Y %H:%M:%S')
69
70
71 def utc_to_local(utc_dt):
72     local_dt = utc_dt.replace(tzinfo=pytz.utc).astimezone(local_tz)
73     return local_dt.normalize(local_dt) # .normalize might be unnecessary
74
75
76
77 def getPendingIOTpTime():
78     sqlCommand = ('select id, mqtt_message from IOTData where pTime = 0 or pTime is null '
79                 'order by maquina, fecha')
80
81     cursor = connection.cursor()
82     cursor.execute(sqlCommand)
83
84     allIOTData = []
85     for row in cursor:
86         iotd = IOTData()
87         iotd.id = row[0]
88         iotd.mqtt_message = row[1]
89
90         allIOTData.append(iotd)
91
92     cursor.close()
93
94     return allIOTData
95
```