



UNIVERSIDAD DEL CAUCA

**Prototipo de un sistema de generación de reportes para el área de producción en un entorno de transformación digital Industrial**

Anexos

Anny Yulieth Ausecha Ausecha  
Edgar Alexander Collazos Valencia

Director del trabajo:  
Mag. Oscar Amaury Rojas Alvarado

Ingeniería en automática industrial  
Facultad de ingeniería en electrónica y telecomunicaciones  
Departamento de electrónica, instrumentación y control  
Popayán Cauca, 2022

## CONTENIDO

|  |            |
|--|------------|
| <b>Anexo A</b> .....   | <b>8</b>   |
| Interfaz del modelo de la actividad de administración de definición del producto.....  | 8          |
| Interfaz del modelo de la actividad de administración de recursos de producción .....  | 9          |
| Interfaz del modelo de la actividad de la programación detallada de la producción..... | 10         |
| Interfaz del modelo de la actividad de despacho de la producción .....                 | 11         |
| Interfaz del modelo de la actividad de administración de ejecución de la producción .. | 12         |
| Interfaz del modelo de la actividad de recolección de datos de la producción .....     | 13         |
| Interfaz del modelo de la actividad de seguimiento de la producción .....              | 14         |
| Interfaz del modelo de la actividad de análisis de desempeño de la producción .....    | 15         |
| <b>Anexo B</b> .....   | <b>16</b>  |
| Software de Implementación.....  | 24         |
| ThingWorx.....   | 28         |
| ¿Qué es ThingWorx?.....  | 28         |
| Características de ThingWorx .....   | 32         |
| Capacidades ofrecidas por ThingWorx PTC.....   | 41         |
| <b>Anexo C</b> .....   | <b>42</b>  |
| Conceptualización de KPIs.....   | 42         |
| <b>Anexo D</b> .....   | <b>68</b>  |
| Flujos de información y datos funcionales .....  | 68         |
| <b>Anexo E</b> .....   | <b>78</b>  |
| Modelado estructural para el área de producción e indicadores clave de rendimiento .   | 78         |
| <b>Anexo F</b> .....   | <b>100</b> |
| Modelado Dinámico de Producción .....  | 100        |
| Diagrama BPMN KPIs en el Modelo de Administración de Operaciones de Producción .....   | 105        |
| Diagrama BPMN Control de la Capacidad de recursos de producción.....                   | 105        |
| Diagrama BPMN Administración de recursos de producción .....                           | 106        |
| Diagrama BPMN Administración de ejecución de la producción .....                       | 107        |
| Diagrama BPMN Programación detallada de la producción .....                            | 108        |

|  |            |
|--|------------|
| Diagrama BPMN Recolección de datos de producción .....       | 109        |
| Diagrama BPMN Programa de la producción .....                | 110        |
| Diagrama BPMN Análisis de desempeño de la producción .....   | 111        |
| Diagrama BPMN Seguimiento de la producción.....              | 112        |
| <b>Anexo G .....</b>   | <b>113</b> |
| <b>Desarrollo de visualización de interfaz grafica .....</b> | <b>113</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>                                    | <b>131</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 Interfaz del modelo de la actividad de administración de definición del producto.....  | 9  |
| Figura 2 Interfaz del modelo de la actividad de administración de recursos de producción .....  | 10 |
| Figura 3 Interfaz del modelo de la actividad de la programación detallada de la producción..... | 11 |
| Figura 4 Interfaz del modelo de la actividad de despacho de la producción .....                 | 12 |
| Figura 5 Interfaz del modelo de la actividad de administración de ejecución de la producción .. | 13 |
| Figura 6 Interfaz del modelo de la actividad de recolección de datos de la producción .....     | 14 |
| Figura 7 Interfaz del modelo de la actividad de seguimiento de la producción .....              | 15 |
| Figura 8 Interfaz del modelo de la actividad de análisis de desempeño de la producción.....     | 16 |
| Figura 9 Etapa de definir .....   | 17 |
| Figura 10 Etapa de definir .....  | 18 |
| Figura 11 Etapa de definir .....  | 19 |
| Figura 12 Etapa Idear .....   | 20 |
| Figura 13 Etapa Idear .....   | 20 |
| Figura 14 Etapa Idear .....   | 21 |
| Figura 15 Etapa Idear .....   | 21 |
| Figura 16 Etapa prototipar .....  | 22 |
| Figura 17 Etapa prototipar .....  | 23 |
| Figura 18 Etapa prototipar .....  | 23 |
| Figura 19 Etapa prototipar .....  | 24 |
| Figura 20 Etapa prototipar .....  | 24 |
| Figura 21 ThingWorx .....   | 28 |
| Figura 22 Conecte sus datos a ThingWorx .....   | 32 |
| Figura 23 Analizar y visualizar datos de IoT .....  | 33 |
| Figura 24 Desarrollo rápido de aplicaciones.....  | 34 |
| Figura 25 Gestión de la plataforma .....  | 34 |
| Figura 26 Recopilar y procesar datos .....  | 36 |
| Figura 27 Recursos .....  | 36 |
| Figura 28 Guías .....   | 37 |
| Figura 29 Rutas de aprendizaje .....  | 40 |
| Figura 30 Documentación, videos y preguntas .....   | 41 |
| Figura 31 Capacidades ofrecidas por ThingWorx.....  | 41 |
| Figura 32 Índice de eficiencia general de los equipos (OEE) .....                               | 49 |
| Figura 33 Eficiencia de asignación .....  | 50 |
| Figura 34 Eficiencia de utilización.....  | 51 |
| Figura 35 Disponibilidad.....   | 52 |
| Figura 36 Relación de calidad.....  | 53 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 37 Relación de desecho.....   | 54  |
| Figura 38 Eficacia.....  | 55  |
| Figura 39 Eficiencia del trabajador .....  | 56  |
| Figura 40 Eficiencia de ejecución de una orden de producción (EOP) .....                   | 57  |
| Figura 41 Eficiencia de ejecución de una jornada laboral (EEJ) .....                       | 58  |
| Figura 42 Eficiencia ambiental general del equipo .....                                    | 59  |
| Figura 43 Variación productividad laboral parcial .....                                    | 60  |
| Figura 44 Eficacia clave .....   | 61  |
| Figura 45 Fallas en el uso de las tecnologías.....   | 62  |
| Figura 46 Tiempo mantenimiento correctivo.....   | 63  |
| Figura 47 Tasa de rendimiento .....  | 64  |
| Figura 48 Efectividad del proceso.....   | 65  |
| Figura 49 Rendimiento del producto .....   | 66  |
| Figura 50 Duración del inventario .....  | 67  |
| Figura 51 Índice de efectividad general del proceso .....                                  | 68  |
| Figura 52 Modelo para KPIs de producción .....   | 78  |
| Figura 53 Definición de clases modelos administración de operaciones de producción.....    | 80  |
| Figura 54 Diagrama entidad personal.....   | 81  |
| Figura 55 Diagrama de clases de Administración de Operaciones de Producción .....          | 82  |
| Figura 56 Diagrama de clases Análisis de Administración de Operaciones de Producción ..... | 83  |
| Figura 57 Diagrama IDEF0 de Producción .....   | 84  |
| Figura 58 Diagrama IDE0 Índice de eficiencia general de los equipos .....                  | 85  |
| Figura 59 Diagrama IDEF0 Disponibilidad .....  | 86  |
| Figura 60 Diagrama IDEF0 Relación de calidad .....   | 87  |
| Figura 61 Diagrama IDEF0 Eficiencia de asignación .....                                    | 88  |
| Figura 62 Diagrama IDEF0 Eficiencia de utilización.....                                    | 89  |
| Figura 63 Diagrama IDEF0 Relación de desecho.....  | 90  |
| Figura 64 Diagrama IDEF0 Eficacia .....  | 91  |
| Figura 65 Diagrama IDEF0 Eficiencia del trabajador .....                                   | 92  |
| Figura 66 Diagrama IDEF0 Eficiencia de ejecución de una orden de producción.....           | 93  |
| Figura 67 Diagrama IDEF0 Eficiencia de ejecución de una jornada laboral.....               | 94  |
| Figura 68 Diagrama IDEF0 Eficiencia ambiental general del equipo.....                      | 95  |
| Figura 69 Diagrama IDEF0 Variación de la productividad laboral parcial .....               | 96  |
| Figura 70 Diagrama IDEF0 Eficiencia clave .....  | 96  |
| Figura 71 Diagrama IDEF0 Tiempo de mantenimiento correctivo .....                          | 97  |
| Figura 72 Diagrama IDEF0 Tasa de rendimiento.....  | 98  |
| Figura 73 Diagrama IDEF0 Efectividad del proceso.....                                      | 98  |
| Figura 74 Diagrama IDEF0 Rendimiento del producto.....                                     | 99  |
| Figura 75 Diagrama IDEF0 Índice de efectividad general del proceso.....                    | 100 |
| Figura 76 Elementos de BPMN.....   | 103 |
| Figura 77 Proceso de colaboración.....   | 104 |
| Figura 78 KPIs en el Modelo de Administración de Operaciones de Producción.....            | 105 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 79 Control de la capacidad de recursos de producción..... | 106 |
| Figura 80 Administración de recursos de producción.....          | 107 |
| Figura 81 Administración de ejecución de la producción.....      | 108 |
| Figura 82 Programación detallada de la producción .....          | 109 |
| Figura 83 Recolección de datos de producción .....               | 110 |
| Figura 84 Programa de producción .....                           | 111 |
| Figura 85 Análisis de desempeño de la producción .....           | 112 |
| Figura 86 Seguimiento de la producción .....                     | 113 |
| Figura 87 Grupo de propiedades .....                             | 114 |
| Figura 88 Plantillas.....  | 115 |
| Figura 89 Plantilla de cosa KPIs .....                           | 116 |
| Figura 90 Cosa eficiencia de utilización.....                    | 116 |
| Figura 91 Cosa eficiencia de asignación .....                    | 117 |
| Figura 92 Cosa eficiencia del trabajador .....                   | 117 |
| Figura 93 Cosa eficacia clave .....                              | 118 |
| Figura 94 Datos eficiencia de producción .....                   | 118 |
| Figura 95 Información de datos creados .....                     | 119 |
| Figura 96 Tablas de información y de datos .....                 | 120 |
| Figura 97 Datos por unidad de trabajo.....                       | 120 |
| Figura 98 Tablero de unidad de trabajo.....                      | 121 |
| Figura 99 Vínculo de datos .....                                 | 121 |
| Figura 100 Vínculo de datos.....                                 | 122 |
| Figura 101 Tablero para unidad de trabajo .....                  | 123 |
| Figura 102 Tabla de datos .....                                  | 123 |
| Figura 103 Cosa administración de definición de producto.....    | 124 |
| Figura 104 Cosa administración de recursos de producción .....   | 124 |
| Figura 105 Cosa control de calidad.....                          | 125 |
| Figura 106 Cosa despacho de productos.....                       | 125 |
| Figura 107 Cosa estado de personal equipos y maquinaria .....    | 126 |
| Figura 108 Cosa estado de producto intermedio .....              | 127 |
| Figura 109 Cosa estado de productos terminado .....              | 127 |
| Figura 110 Cosa inventario de productos.....                     | 128 |
| Figura 111 Cosa orden de trabajo .....                           | 129 |
| Figura 112 Cosa programa de producción .....                     | 129 |
| Figura 113 Tablero estado de materiales.....                     | 130 |
| Figura 114 Tablero inventario de productos .....                 | 130 |

## LISTA DE TABLAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 1 Indicadores clave de rendimiento ..... | 43  |
| Tabla 2 Flujo de datos funcional .....         | 69  |
| Tabla 3 Flujos de información .....            | 74  |
| Tabla 4 Matriz de componentes .....            | 113 |

## **Anexo A**

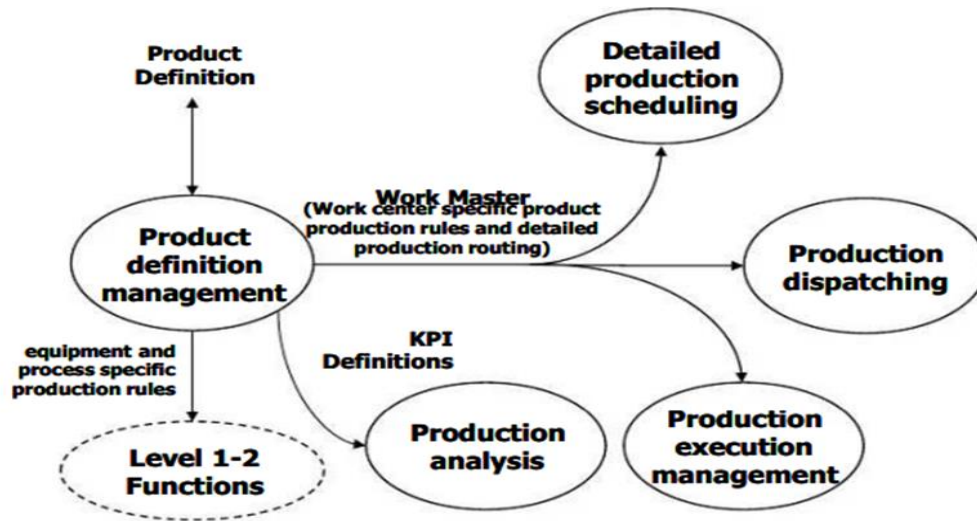
Para el mejor entendimiento del proyecto es necesario tener conocimiento del estándar ISA 95 en su parte 3, debido a que es una de las bases de la solución presentada. Para este caso es importante destacar que al tratarse de un proyecto enfocado a la industrial IoT la información que se planea registrar es completamente de manera digital y que el manejo de esta debe garantizar la seguridad en su contenido. En las siguientes figuras se detalla el flujo de información relacionada en el área de producción y su contenido en cada una de sus interfaces o áreas necesarias para que exista un apropiado plan de producción expresado como lo indica el estándar ANSI/ISA 95 parte 3 (2000) en sus modelos de interfaz.

### **Interfaz del modelo de la actividad de administración de definición del producto**

En la Figura 1, se describe el flujo de información que va desde la actividad de administración de definición del producto hacia las actividades de administración de ejecución de la producción, programación detallada de la producción, análisis de la producción y despacho de la producción, llevando así información importante como la definición y requerimientos para uso de KPIs, reglas para procesos específicos de producción, entre otros.



Figura 1 Interfaz del modelo de la actividad de administración de definición del producto

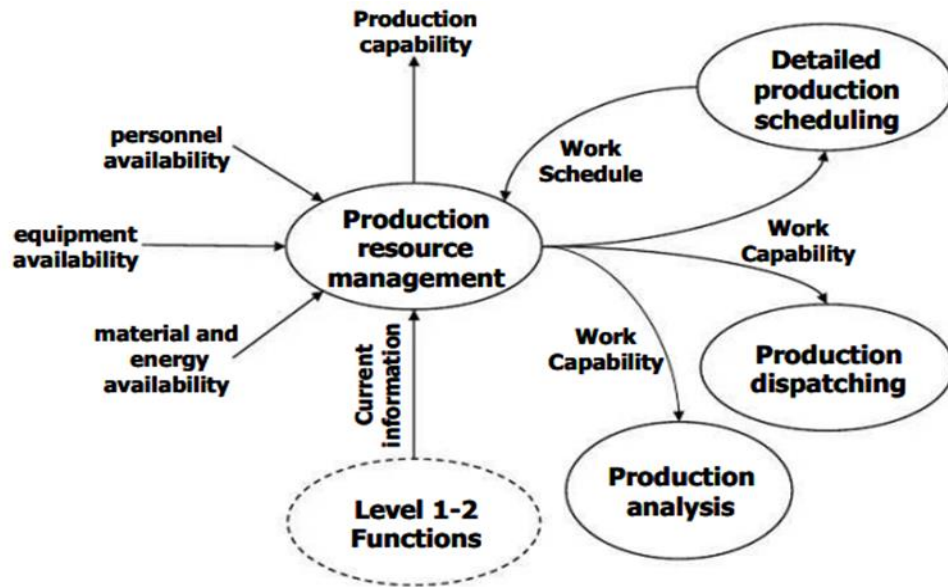


Fuente: Estándar de automatización ANSI/ISA—95.00.03—2000.

### Interfaz del modelo de la actividad de administración de recursos de producción

La Figura 2, muestra la información que fluye desde la actividad de administración de recursos de producción y la información necesaria que llega a esta actividad para el cumplimiento de las tareas que en ella se realizan, como la disponibilidad de equipos, personal, material y energía, también indica la relación que existe entre las actividades de análisis de la producción, programación detallada de la producción y el despacho de la producción, a través de informes de desempeño, indispensables para que haya acciones que contribuyan al cumplimiento de los objetivos en cada una de las actividades.

Figura 2 Interfaz del modelo de la actividad de administración de recursos de producción

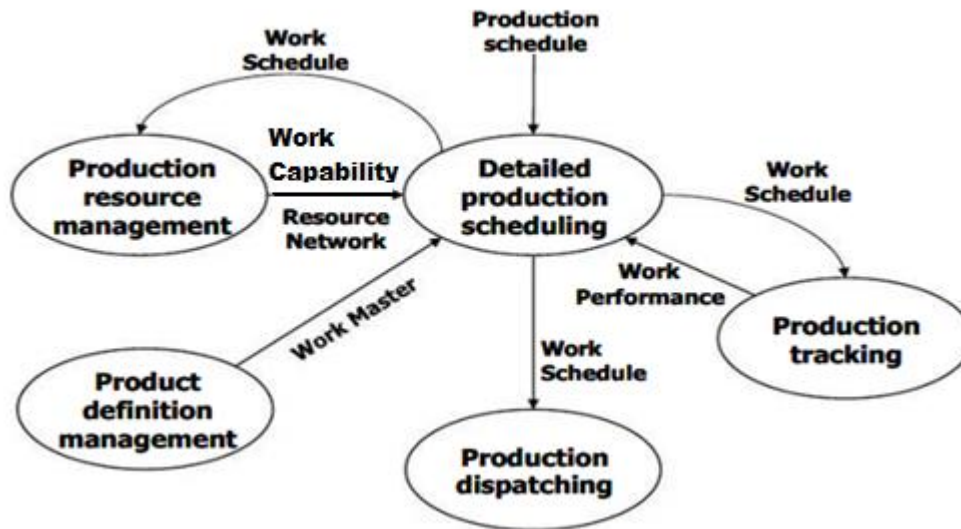


Fuente: Estándar de automatización ANSI/ISA—95.00.03—2000.

### Interfaz del modelo de la actividad de la programación detallada de la producción

La Figura 3, representa la información que fluye desde la actividad de programación detallada de la producción, así como la información destacada que fluye hasta esta actividad para el cumplimiento de las tareas que en ella se realizan, como los tiempos que se manejan para la producción, plan de producción, receta maestra, los recursos de la capacidad, entre otros. También indica la relación que existe entre las diferentes actividades de administración de recursos de producción, la administración de definición del producto, el despacho de la producción y el seguimiento de la producción, a través de informes de desempeño, indispensables para que haya acciones que contribuyan al cumplimiento de los objetivos en cada una de las actividades.

Figura 3 Interfaz del modelo de la actividad de la programación detallada de la producción

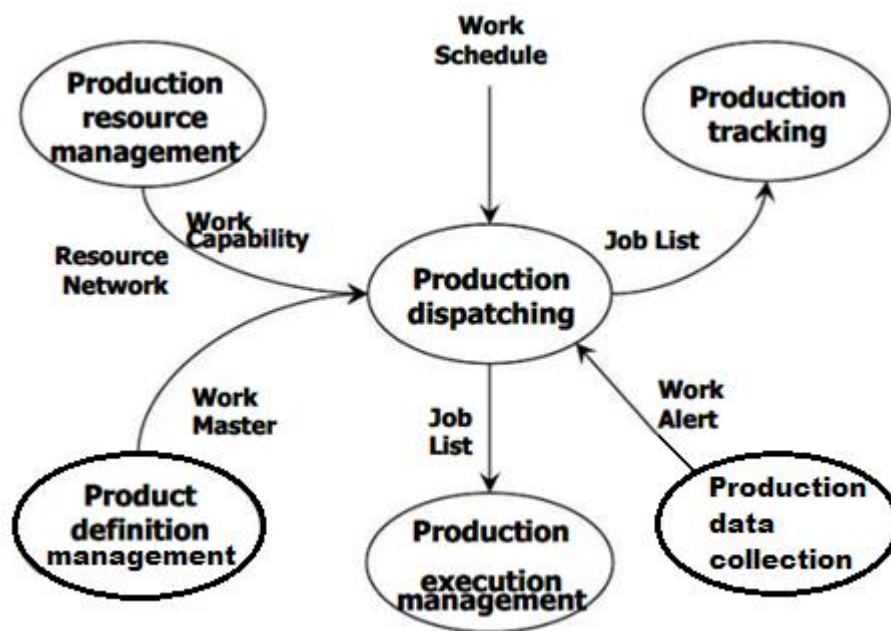


Fuente: Estándar de automatización ANSI/ISA—95.00.03—2000.

### Interfaz del modelo de la actividad de despacho de la producción

En la Figura 4, se describe el flujo de información que va desde la actividad de despacho de la producción hacia las actividades de administración de ejecución de la producción, seguimiento de la producción, recolección de datos, administración de recursos de producción y la administración de definición del producto, llevando así información importante como informes de trabajos realizados y completados, alertas por inconvenientes en la producción, entre otros, ayudando que la información sea precisa y a tiempo para la ejecución y cumplimiento de las tareas en todas las actividades asociadas.

Figura 4 Interfaz del modelo de la actividad de despacho de la producción

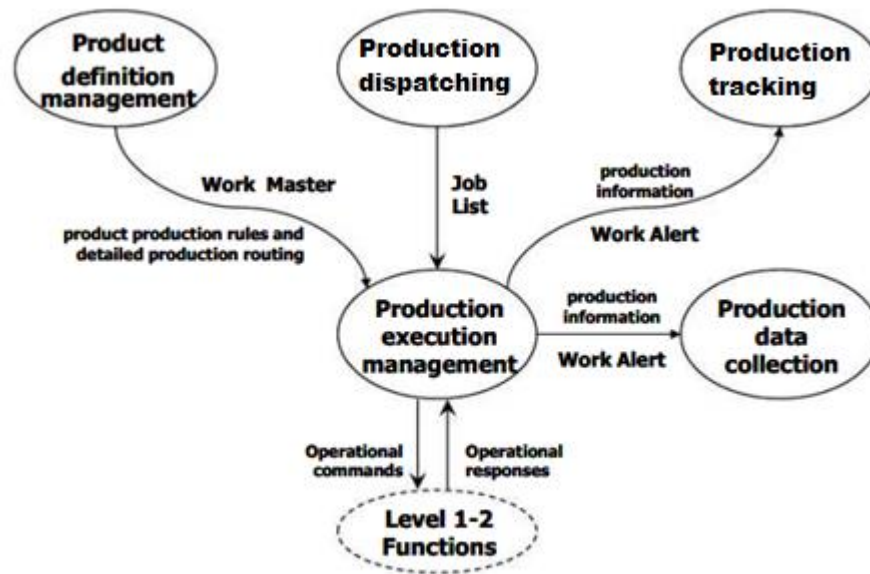


Fuente: Estándar de automatización ANSI/ISA—95.00.03—2000.

### **Interfaz del modelo de la actividad de administración de ejecución de la producción**

En la Figura 5, se muestra la información que fluye desde la actividad de administración de la ejecución de la producción, así como la información que llega hasta esta actividad como; las reglas y rutinas manejadas para la producción del producto, los trabajos completados, entre otros, provenientes de actividades como lo son la administración de definición del producto y el despacho de la producción. También indica la relación que existe entre las diferentes actividades como el seguimiento de la producción, la recolección de datos de producción y los niveles operacionales 1 y 2 de la empresa. Toda esta información fluye a través de informes de desempeño de la producción, sumamente importantes para que se ejecuten las tareas dentro de cada actividad y así contribuyan al cumplimiento de los objetivos.

Figura 5 Interfaz del modelo de la actividad de administración de ejecución de la producción

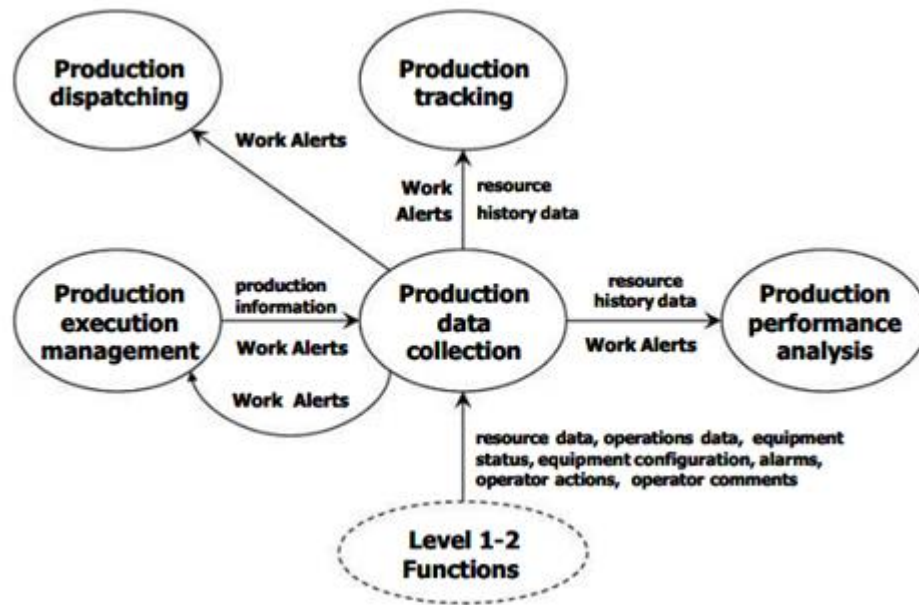


Fuente: Estándar de automatización ANSI/ISA—95.00.03—2000.

### Interfaz del modelo de la actividad de recolección de datos de la producción

En la Figura 6, se describe el flujo de información que va desde la actividad de recolección de datos de la producción hacia las actividades de despacho y seguimiento de la producción y el análisis de desempeño de la producción, a su vez indica la información que llega a esta actividad de los niveles operaciones de la empresa y de la actividad de administración de la ejecución de la producción, con datos importantes como la información de la producción, alertas de trabajo, datos históricos, estado de los equipos, alarmas, configuración de los equipos y maquinaria, entre otros.

Figura 6 Interfaz del modelo de la actividad de recolección de datos de la producción

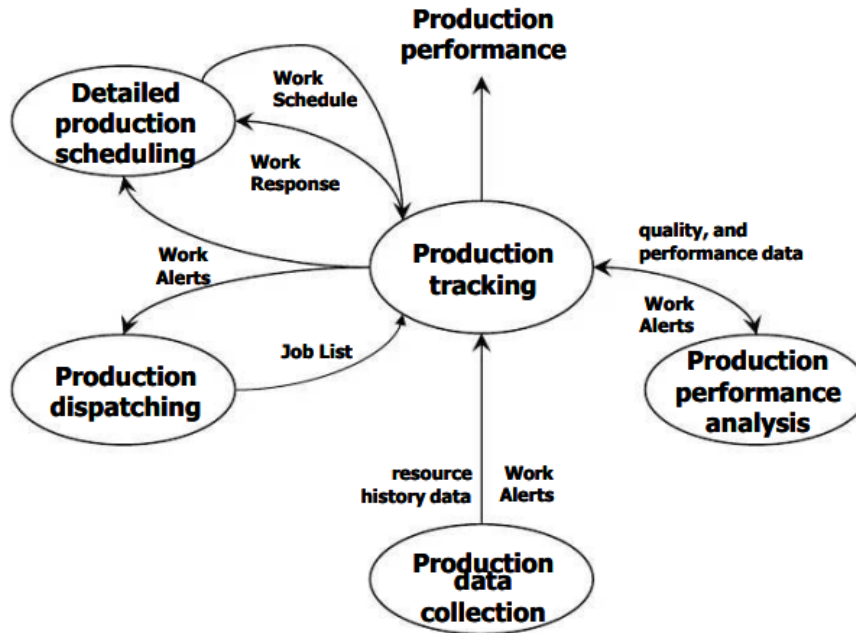


Fuente: Estándar de automatización ANSI/ISA—95.00.03—2000.

### Interfaz del modelo de la actividad de seguimiento de la producción

En la Figura 7, se describe el flujo de información que atraviesa a la actividad de seguimiento de la producción y fluye hacia las actividades de despacho de la producción, programación detallada de la producción y el análisis de desempeño de la producción, teniendo una constante retroalimentación entre ellas, a su vez indica la información que llega a esta actividad de la actividad de recolección de datos de la producción, trayendo datos importantes como los datos históricos, las alertas de trabajo, entre otros. Información que llega por medio de informes de desempeño específicos a cada área de trabajo para el desarrollo de las tareas en los tiempos estimados.

Figura 7 Interfaz del modelo de la actividad de seguimiento de la producción

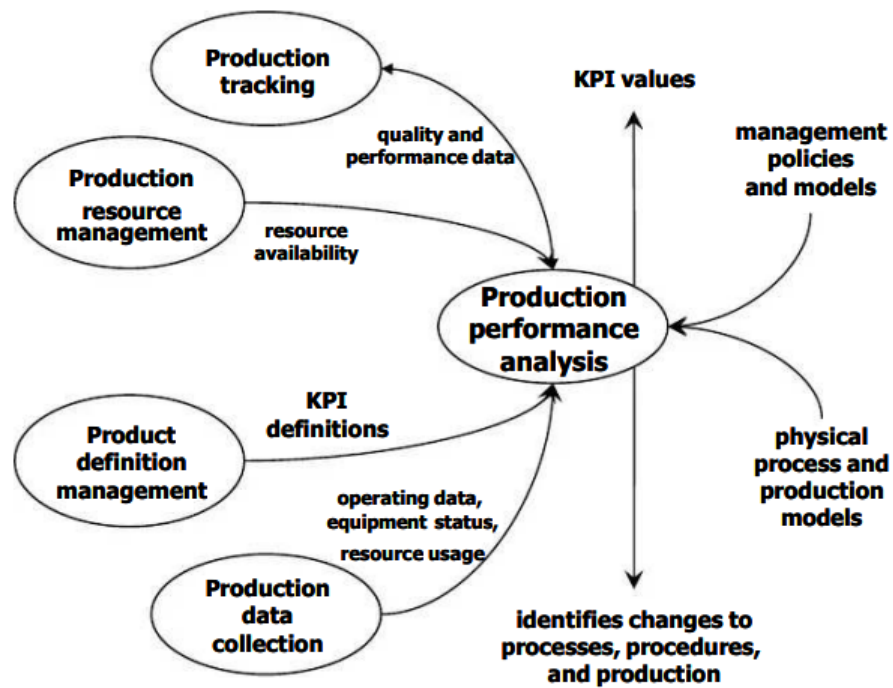


Fuente: Estándar de automatización ANSI/ISA—95.00.03—2000.

### Interfaz del modelo de la actividad de análisis de desempeño de la producción

La Figura 8, representa la información que fluye desde la actividad de análisis de desempeño de la producción, así como la información que circula a través de esta actividad para el cumplimiento de las tareas que en ella se realizan. También indica la relación que existe entre las diferentes actividades que se relacionan con ella como; la administración de recursos de producción, la administración de definición del producto, la recolección de datos de producción y el seguimiento de la producción, toda esta información fluye a través de informes de desempeño en los que se tienen en cuenta datos como la definición y requerimientos para aplicación de KPIs, la disponibilidad de los recursos, la calidad de los productos, los datos operacionales y el estado de los equipos y maquinaria, entre otros. Indispensables para que contribuyan al cumplimiento de los objetivos y el desarrollo de las tareas en cada una de las actividades.

Figura 8 Interfaz del modelo de la actividad de análisis de desempeño de la producción



Fuente: Estándar de automatización ANSI/ISA—95.00.03—2000.

## Anexo B

### Design Thinking – Definir

En las Figuras 9, 10, y 11 se plasma el desarrollo contemplado en la plataforma MIRO en la que se describen los pasos, y el desarrollo de las actividades realizadas en las reuniones conciliadas con las partes interesadas en el desarrollo del proyecto y a su vez se agrupa en diferentes secciones el diagrama construido debido a que se necesita tener una mejor claridad en el proceso de convergencia y divergencia establecido.



Figura 9 Etapa de definir

# de Problemas

Desearía que la planta de manufactura cuente con un sistema de información actualizado

SIQ se posicionara como una eficiente alternativa a nivel mundial por brindar una rápida entrega de información respaldada que permita una acertada toma de decisiones en las actividades de producción de la empresa con mayor eficiencia

DQ fuese una de las mejores soluciones de integración de datos en el área de producción por ser muy adaptable a cualquier arquitectura existente dentro de una empresa que garantice una optimización de recursos (Materia Prima , Lost, Time, máquinas)

DQ sea una solución flexible con las empresas, sin importar el sector productivo, ayudando a una acertada toma de decisiones que incrementar el desempeño del área de producción

SIQ ayudara en la estandarización de los procesos y operaciones del área de producción permtiendo identificar picos de baja eficiencia o % de perdidas; reducción de tiempos muertos o cuellos de botella; e incrementar el desempeño de personal.

Sería ideal que toda la información del área de producción como la del personal, los materiales, equipos y la descripción de los procesos se encuentre consolidada en los sistemas de información de la empresa

Sería ideal que se registrarán de inmediato en los sistemas de información, las novedades presentadas

**la Visión**

Recuerda: "La calidad es un estado de ánimo."

Ana María Iván ManuelValenzuela Jose tobar

Ana María Juan David Jose

ManuelValenzuela SARA Jose tobar

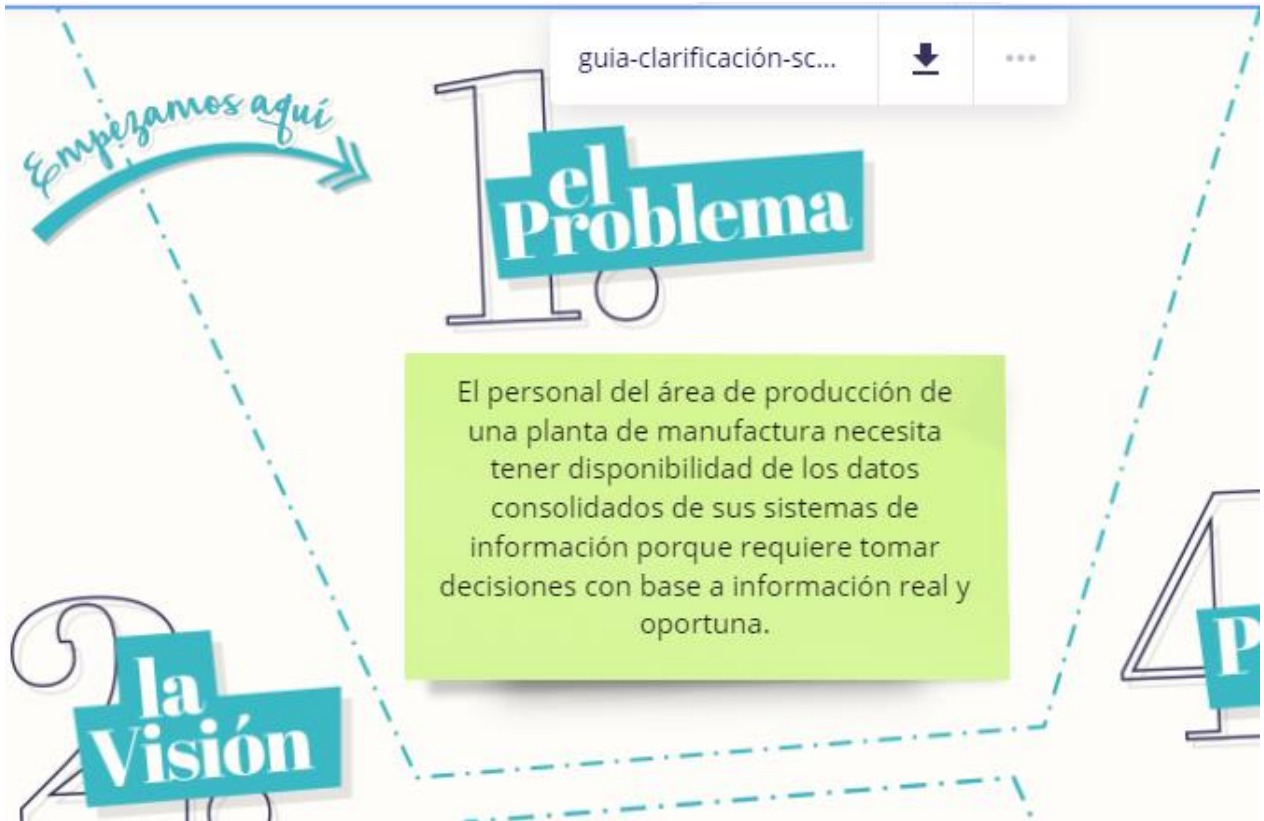
Ana María Andres Ruales Iván Juan David

SARA

Andres Ruales

Fuente: Propia

Figura 10 Etapa de definir



Fuente: Propia

Figura 11 Etapa de definir



Fuente: Propia

### Design Thinking – Idear.

En las Figuras 12, 13, 14, y 15 se describe el desarrollo de la etapa de idear, descrito en secciones con el fin de tener una mejor visión de las ideas y la estructura que se contempló en el tablero desarrollado en la plataforma MIRO.

Figura 12 Etapa Idear



Fuente: Propia

Figura 13 Etapa Idear



Fuente: Propia

Figura 14 Etapa Idear



Fuente: Propia

Figura 15 Etapa Idear

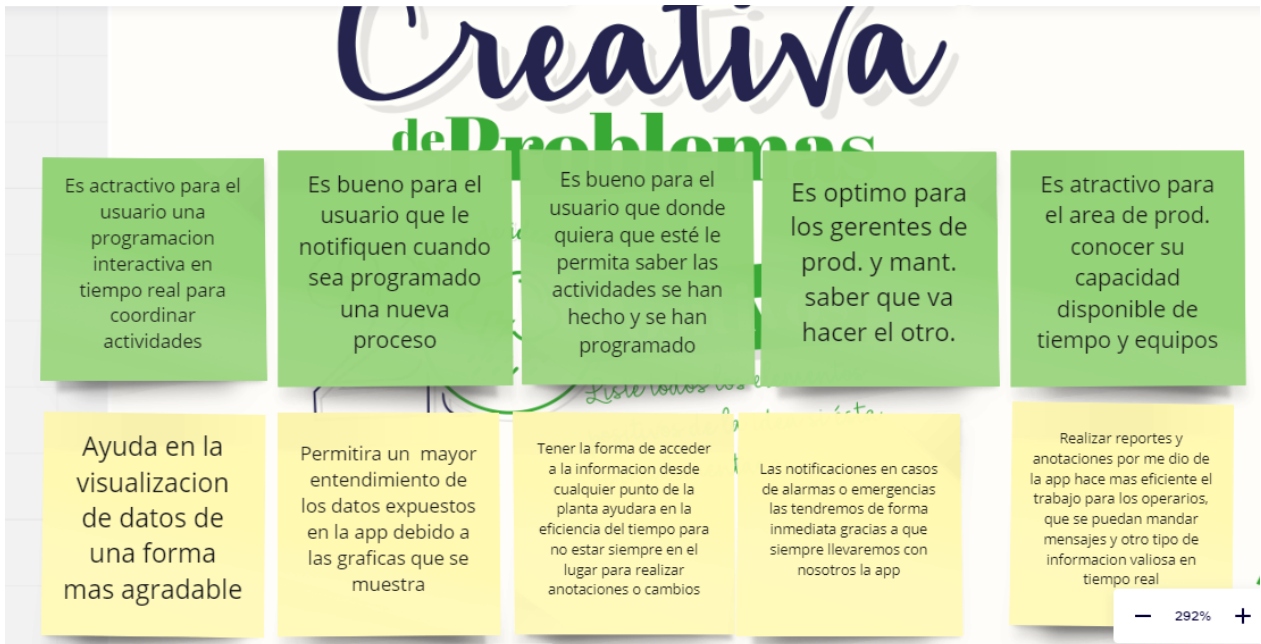


Fuente: Propia

## Design Thinking- Prototipar

En las Figuras 16, 17, 18, 19, y 20 se ilustra el paso a paso de la etapa de prototipar, desarrollada en conjunto con el personal de la empresa Onmicon, la cual, se encuentra dividida en estas secciones con el propósito de tener una mayor claridad de las ideas y resultados plasmados en la plataforma MIRO.

Figura 16 Etapa prototipar



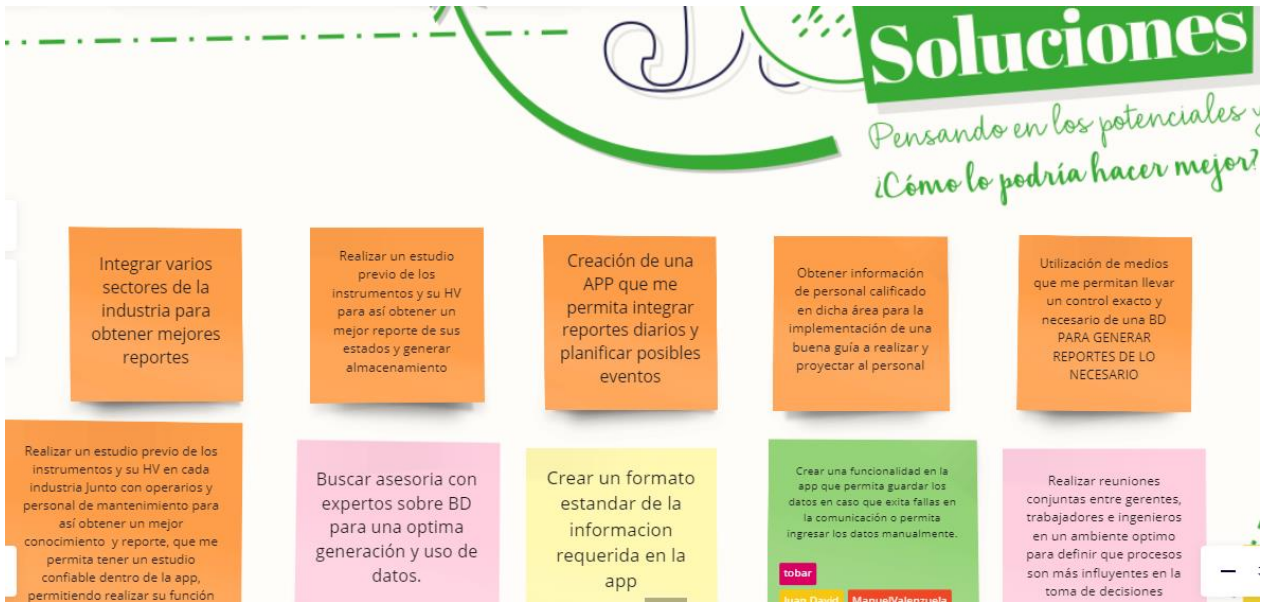
Fuente: Propia

Figura 17 Etapa prototipar



Fuente: Propia

Figura 18 Etapa prototipar



Fuente: Propia

Figura 19 Etapa prototipar



Fuente: Propia

Figura 20 Etapa prototipar



Fuente: Propia

**Software de Implementación.**

Conforme a la metodología planteada, a continuación se describirán características correspondientes al software de implementación (ThingWorx), el cual adopta



funcionalidades de IoT, dirigido hacia un ámbito de industria de manufactura, contemplando los siguientes elementos.

### **Servicios en la nube (Cloud)**

Esta tecnología permite el acceso remoto a softwares, almacenamiento de archivos y procesamiento de datos por internet. La computación en la nube ofrece tanto a individuos como a empresas fácil acceso, seguridad, mantenimiento y baja demanda. En otras palabras Cloud transforma la infraestructura de TI en un servicio; permitiendo conectarse a la infraestructura a través de Internet y utilizar los recursos informáticos sin necesidad de instalarlos y mantenerlos localmente.

### **Almacenamiento de datos ilimitados**

La infraestructura de datos es fundamental en el mundo digital ya que deben almacenarse y poder analizarse de forma rápida, eficiente y segura. En la actualidad, para que el almacenamiento de datos de Internet de las Cosas opere acorde con las necesidades y ritmo de los avances tecnológicos, es imprescindible que la obtención y acopio de los mismos se efectúe con mayor velocidad que la usual, que almacene datos estructurados e híbridos. IoT multiplica la generación de información, al proliferar los dispositivos que tienen acceso a la red para intercambiar datos, por tanto la gestión de este gran volumen requiere distintos servicios que posibiliten ampliar la capacidad de almacenamiento.

### **Ciberseguridad**

También conocida como seguridad de la tecnología de la información (TI), las medidas de ciberseguridad o seguridad cibernética están diseñadas para combatir las amenazas contra sistemas en red y aplicaciones, ya sea que estas amenazas se originen dentro o fuera de una organización. La complejidad del sistema de seguridad, creada por tecnologías dispares, y la falta de experiencia interna, puede aumentar sus costes. Pero las organizaciones con una estrategia integral de ciberseguridad, pueden combatir las ciberamenazas de manera efectiva y reducir el ciclo de vida y el impacto de las brechas cuando ocurren.

### **Gestor de atención personalizado**

Un software de atención personalizado ofrece acceso a estadísticas y métricas de soporte como: tiempo de resolución total, tiempo medio de respuesta, hora con mayor tráfico del día, rendimiento, número de solicitudes gestionadas, récord de incidencias, etc. Esta información permite supervisar y mejorar de forma proactiva los servicios. Además de ahorrar tiempo, recursos, mejorar la transparencia y colaboración, aumentando la satisfacción al cliente.

### **Rapidez y agilidad**

Se busca una plataforma ágil en el manejo y la carga de datos, incluso en solicitud de históricos es necesario que el cargue de datos se realice de forma rápida y confiable. El

objetivo es máximo resultado en mínimo tiempo de forma confiable y ágil, que permita al solicitante de manera sencilla cumplir con el objetivo planteado

### **Alarmas**

No basta sólo con disponer de gráficas de monitorización, es fundamental disponer de avisos de que algo no funciona bien en la instalación del cliente. Sin alarmas, la alternativa es mirar continuamente las gráficas de todos los clientes, y eso es absolutamente incompatible con la escalabilidad y con tener un negocio rentable. Para ello es necesario que el software cuente con sistemas de monitoreo en tiempo real, que lleve consignas y que brinde información de alarmas mediante el envío de mensajes, ya sea a un teléfono móvil, como en un aviso vía Gmail.

### **Informes**

Es necesario que se cuente con herramientas que brinden un informe detallado de cada una de las operaciones que se ejecutan dentro de la organización, contando con históricos de los mismos, esto es útil a la hora de presentar conclusiones al cliente, realizar las próximas actividades como mantenimiento y producción.

### **Panel de control**

Deberá contar con un panel de control agradable y útil tanto para el cliente como los grupos internos de la organización, en donde podrán averiguar en tiempo real datos que se requieran. Es una herramienta fundamental en el manejo de información y visualización de estos. También se hace fundamental que la herramienta brinde la posibilidad de la ejecución de un sistema SCADA, útil para todas las facetas de la empresa

### **Telecontrol**

No sólo es necesario medir, también es necesario poder actuar sobre cargas para activar y desactivar. Otra necesidad es poder programar esas activaciones por fechas o por condiciones inteligentes. Para ello contar con herramientas que me permitan tener control de gran parte de las instalaciones desde instrumentos comunes hoy en día se hace necesario para evitar tiempos muertos y proceder con la toma de mejores decisiones

### **Compatibilidad con otros sistemas e integralidad**

Hoy en día la mayor parte de instrumentos tecnológicos se encuentran conectados, y pese a que se tiende a la integración, también se tiende a la diversificación, por lo que es recomendable que la plataforma permita automatizar la importación y exportación de datos y la conectividad de hardware de distintos fabricantes (compatibilidad de protocolos). Ahora, si se manejan diferentes clientes, que todas las herramientas de comunicación hablen un mismo idioma, evitando fallas de comunicación, La misma debe servir para eso y para comunicar con cualquier elemento hardware que tenga

comunicaciones, es decir, no tener que usar 5 plataformas distintas para 5 clientes, sino la misma para todos.

### **Escalable**

La plataforma debe ser suficientemente versátil como para empezar con lo mínimo, pero si es necesario, poder crecer sin dificultades. Empezar en pequeño, pero poder llegar a lo más grande.

### **Evolución continúa**

Una herramienta que para de evolucionar esta fuera de competir en llegar a ser la mejor, y mucho menos en servir en la ejecución de aplicaciones en entornos tecnológicos de la industria 4.0, se requiere de evolución mes a mes y que brinde la capacidad de mejorar sobre lo realizado y lo que se quiera ejecutar en el futuro.

### **Monitorización Automática.**

La monitorización debe funcionar de forma automática tras una puesta en marcha. Es decir, que el cliente no tenga que intervenir y los datos sean capaces de actualizarse solos. Evitar siempre que sean posible las 'actualizaciones manuales' es decir, que requieran cualquier tipo de intervención por parte del usuario.

### **Diseño de plataforma**

Pareciera no útil, pero es muy importante que una organización tenga su marca y estilo en todo lo que se ejecute dentro de ella, y más aún en las aplicaciones que intervienen dentro de sí. Es necesario que la plataforma permita el diseño, sea porque la misma herramienta lo brinde o porque permite realizar ejecuciones en convenio con softwares de diseño, esto para mantener el toque de personalización de la organización

### **Creación de usuarios internos y externos**

En una aplicación de cualquier organización se encuentran múltiples usuarios que pueden acceder y hacer uso de la plataforma, sean clientes o personal interno de la compañía, para ello es necesario que la herramienta permite la creación de usuarios y realizar filtros entre estos para darle acceso y permisos dependiendo de las necesidades del usuario a crear y la importancia dentro de la empresa.

### **Monitorización en tiempo real**

El manejo de datos al instante facilita la toma de decisiones ya sea a clientes o personal interno, una actualización eficaz no en términos de tiempo, sino al instante permite saber con cuántos recursos cuenta la empresa, y si es necesario realizar una intervención sobre estos y en que lapso, así se evitan desperdicios de material y posibles fallas en manipulación de datos con cantidades falsas o aproximada.

## ThingWorx

Figura 21 ThingWorx



Fuente: plataforma Thingworx PTC

ThingWorx ayuda a las empresas de fabricación, ingeniería y servicios a alcanzar sus objetivos de transformación digital y solucionar sus problemas más urgentes. En cuestión de implementación IIoT en la fábrica, ThingWorx brinda aplicaciones pre integradas para conectar a operadores e ingenieros con los recursos disponibles en la fábrica, consiguiendo aumentar la seguridad y eficacia. Reduciendo costes y tiempos muertos por causas de inactividad.

### **Análisis ThingWorx**

En el desarrollo de cualquier software, es importante conocer sus antecedentes, lo que se ha implementado anteriormente y los beneficios que han obtenido las organizaciones que lo utilizaron, para ello a continuación se sustenta algunos casos de éxitos de la herramienta PTC, como tal no son de ThingWorx, pero al pertenecer al mismo desarrollador ofrecen características similares, además sirven como base para la implementación de la herramienta, incluso al tratarse de herramientas escalables, podrían servir para ampliar las características de la aplicación desarrollada si así lo desea el cliente.

### **¿Qué es ThingWorx?**

Actualmente, las empresas industriales se ven obligadas a afrontar retos urgentes que exigen el uso de soluciones IIoT. ThingWorx de PTC es la plataforma líder del sector que permite el desarrollo rápido de aplicaciones que conectan de forma segura a las empresas con sus fábricas, productos y entornos de servicio posventa. Dichas aplicaciones permiten al usuario entender y gestionar fácilmente el rendimiento y los datos de uso de los productos inteligentes, contribuyendo así en el desarrollo continuo de productos, aumentando la garantía de calidad, mejorando la gestión de servicio y, consiguientemente, consiguiendo generar un mayor valor para el fabricante y sus clientes. Desde la supervisión y mantenimiento remotos al aumento de la eficacia de la plantilla y

la optimización de activos, ThingWorx logra resolver los retos comunes de diversos sectores. Así mismo y ya que el desarrollo de soluciones IIoT se suele considerar un punto débil, ThingWorx se ha diseñado para eliminar este impedimento, permitiendo el paso desde proyectos piloto a soluciones a escala empresarial mediante el uso de aplicaciones pre integradas y herramientas de desarrollador. ThingWorx ayuda a las empresas de fabricación, ingeniería y servicios a alcanzar sus objetivos de transformación digital y solucionar sus problemas más urgentes. En cuestión de implementación IIoT en la fábrica, ThingWorx brinda aplicaciones pre integradas para conectar a operadores e ingenieros con los recursos disponibles en la fábrica, consiguiendo aumentar la seguridad y eficacia. Reduciendo costes y tiempos muertos por causas de inactividad.

### **Casos de Éxito.**

A pesar de ser una herramienta relativamente nueva, con una apertura en el mercado desde el año 2016, la herramienta PTC ha tenido gran acogida en industrias de muchos sectores, beneficiándose considerablemente en la optimización de los procesos en cada uno de los casos de éxito expuestos a continuación. Es necesario aclarar que mucho de los siguientes casos expuestos, no cuentan como tal con la implementación como tal de la herramienta ThingWorx, pero sí de PTC, y muchos de los servicios sustentados al pertenecer a un mismo sistema (PTC) podrán ser complemento para los demás, aumentando las capacidades de estos. En la empresa Equipo [35] se da un paso hacia el futuro con la implementación de la plataforma Exodus. Equipo es una empresa, con sede actual en Burgos, que desde el año 2009 se dedica a fabricar sistemas para el control, la gestión y la distribución de consumibles, a través de expendedores automáticos. Equipo logra convertir máquinas de vending tradicionales en equipos inteligentes y 93 monitorizados, mediante su conexión a internet, las 24 horas del día los 365 días del año. Su nueva plataforma Exodus, basada en PTC ThingWorx, es su apuesta de futuro, para desarrollar una nueva línea de negocio, que le permita la provisión de toda una serie de nuevos servicios en remoto, extendiendo las capacidades de sus expendedores, aportando un sistema con registro de información, interacción remota y servicios extendidos alojados en el cloud. Los beneficios que Equipo ha conseguido, gracias a la adopción de la plataforma PTC ThingWorx, como base de desarrollo y operación, son:

- La plataforma PTC ThingWorx ofrece la posibilidad de integrar todas las variantes de máquinas vending de sus proveedores con sus operadores, de forma sostenible.
- PTC ThingWorx permite que los operadores puedan gestionar de manera remota las máquinas de vending desde un mismo lugar.
- PTC ThingWorx les ha permitido disponer de entornos de desarrollo y producción, de una manera rápida, sencilla y escalable.

**IMEM** Ascensores fundada en 1968, es una empresa de Santander que se dedica al diseño, fabricación, instalación y mantenimiento de todo tipo de ascensores. Así mismo, es una de las empresas fabricantes de ascensores más importantes de Europa, operando

tanto nacional como internacionalmente, en más de 65 países. Cabe mencionar que IMEM también es un centro tecnológico volcado permanentemente en el progreso y el I+D. Sus innovaciones han aportado importantes logros al sector del ascensor en cuanto a eficiencia, ahorro de espacio, robustez, durabilidad y confort. Beneficios que ha conseguido IMEM [36] Ascensores gracias a la implantación de PTC Windchill:

- Mayor control sobre el ciclo de vida de sus productos.
- Mayor flexibilidad y agilidad a la hora de trabajar.
- Mejora de la trazabilidad en los procesos.
- Mayor control de la documentación.
- Facilidad a la hora de compartir información.
- Automatización de las tareas habituales.
- Mejor coordinación y funcionamiento entre los distintos departamentos.

Esto se traduce en una mejora de calidad a todos los niveles como se ve en los anteriores casos, el uso de herramientas de PTC son de gran ayuda para el fortalecimiento del manejo de todos los sectores dentro de las diferentes organizaciones, beneficia en el avance tecnológico en gran medida, aportando soluciones en el manejo de dispositivos e información entre las diferentes áreas comprometidas en su implementación, para ver más casos de éxito en la implementación de PTC.

También se deduce que el uso PTC y sobre todo de la herramienta ThingWorx en industrias de carácter manufacturero es muy poco estudiado, y aún no brindan herramientas para soluciones en el área de inventario, donde según los beneficios obtenidos en los casos expuestos anteriormente, estos sistemas podrían brindar soluciones a problemas presentados en el área de inventario en la industria manufacturera, necesarias para el manejo de información y manipulación de recursos en esta área.

**AUSA:** AUSA es un importante fabricante mundial de vehículos industriales compactos para el traslado de materiales y el mantenimiento vial. AUSA lleva más de 60 años diseñando, fabricando y perfeccionando sus vehículos. Con sede en Barcelona, también dispone de filiales en Francia, Reino Unido, Alemania, Estados Unidos y China. Actualmente gozan de una capacidad de producción de más de 10.000 vehículos anuales, de los cuales el 70% se exporta fuera del mercado ibérico. Sus productos cuentan con presencia en 90 países de los 5 continentes y son distribuidos por más de 500 partners.

**Problemática:** A pesar de que AUSA disponía de cierta automatización en el traspaso de artículos entre su PLM y ERP, su intercambio entre sistemas dependía mucho de Excel y procesos semiautomáticos, provocando errores y malgasto de tiempo. Así mismo, el software PLM con el que contaba AUSA estaba muy enfocado a Oficina Técnica, por lo que la comunicación y el traspaso de información fuera del departamento de ingeniería

no eran eficientes, lo que provocaba, de nuevo, errores y pérdida de tiempo. En consecuencia, y a causa de la falta de comunicación entre departamentos, las listas de ingeniería no se corresponden exactamente con las de fabricación, provocando problemas en la gestión de recambios o en el mantenimiento de los productos ya vendidos.

**Beneficios Obtenidos:** Los beneficios que AUSA ha conseguido, gracias a la adopción de la solución PLM Windchill de PTC son:

- Unificación y mejora de la comunicación y colaboración entre departamentos, evitando la duplicidad de archivos y versiones.
- Integración total de toda la documentación técnica con el ERP, prescindiendo definitivamente de los Excels y de los procesos semi manuales.
- Reducción de errores en la metodología de trabajo y ahorro de tiempo para los trabajadores, al automatizar el intercambio de información entre sistemas.
- Accesibilidad mediante control de accesos a la información de ingeniería desde cualquier departamento.
- Gestión de varias vistas de BOM.
- Reducción de errores en la fabricación y en el mantenimiento de productos.

## **SIMON**

Es la cabecera de un grupo industrial que surgió a partir de un taller familiar nacido en Olot (España) hace 100 años. Su portafolio de producto, con más de 5.500 referencias, abarca pequeño material eléctrico y protección, electrónica, telegestión y telemedida de consumos punto a punto, seguridad (control de accesos, video vigilancia, anti-intrusión, alarmas técnicas), sistemas de conexión de voz, datos y multimedia para puestos de trabajo, canalizaciones, e iluminación interior para entornos profesionales basada en tecnología Led.

**Solución:** PTC Gestión documental, control de versiones, partida de datos en tiempo real, gestión de tareas, histórico del proyecto, workflows y gestión de calidad. Se crea Software de diseño y simulación de proyectos mecánicos en 2D y 3D. Alto desempeño en superficies, simulaciones complejas y geometría importada.

**Beneficios obtenidos:** Beneficios que SIMON ha conseguido gracias a la implantación de PTC 95 Windchill y PTC Creo.

- Acortar tiempo en el lanzamiento comercial del producto al realizar el diseño más rápido y preciso.
- Atender demandas de nuevos productos de una manera ágil.
- Facilidad en la realización de los cambios de diseño.

## Características de ThingWorx

La plataforma brinda la flexibilidad para crear e implementar rápidamente aplicaciones que aborden desafíos comerciales, ofrece a sus usuarios tanto DEMO como Licenciados un entorno Online en donde se puede navegar por las múltiples herramientas que ThingWorx ofrece, en ellas sustentan actualizaciones y diferentes opciones para el aprendizaje de la herramienta, necesarias para el entendimiento de lo que nos ofrecen como clientes, veamos a continuación un resumen de lo encontrado.

### Plataforma

Brinda información relacionada con PTC y ThingWorx para que el internet de las cosas funcione en las organizaciones, exponiendo las siguientes herramientas:

### Conecte sus datos a ThingWorx

Figura 22 Conecte sus datos a ThingWorx



Fuente: plataforma Thingworx PTC

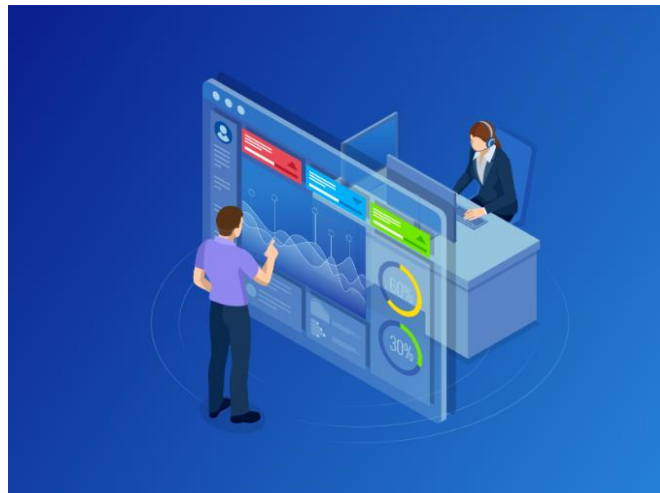
En el mundo del desarrollo de aplicaciones de IoT, la conectividad se refiere a la infraestructura y los protocolos que conectan los dispositivos a la nube o la red. Los dispositivos de borde manejan la interfaz entre el mundo físico y la nube. ThingWorx proporciona varias herramientas diferentes para conectarse a la plataforma ThingWorx. Su decisión sobre qué método de conectividad elegir dependerá de su caso de uso individual. Se encuentran tutoriales que guían para instalar ThingWorx Kepware Server. El instalador de ThingWorx Kepware Server es solo para Windows, se encuentra también de manejo Online. En su ruta de aprendizaje se encuentran tutoriales de como conectar



y configurar dispositivos y sistemas industriales; Brindan la descarga de SDK necesarios para su funcionamiento como lo son: C SDK es la base para ThingWorx Edge y MicroServer, puede compilar aplicaciones en cualquier plataforma e incluso poder ejecutarlas sin un sistema operativo. SDK Java Útil se integra con una aplicación que utiliza una API basada en Java, potencializando su funcionamiento. Para la integración con aplicaciones basadas en .net o si se trabaja con tecnología Microsoft se recomienda .NET SDK en máquinas Windows

### **Analizar y Visualizar datos de IoT.**

Figura 23 Analizar y visualizar datos de IoT



Fuente: plataforma Thingworx PTC

Las tecnologías de inteligencia artificial y aprendizaje automático utilizadas en ThingWorx Analytics automatizan gran parte de los complejos procesos analíticos involucrados en la creación de conocimientos basados en datos para su aplicación IIoT. Brinda la posibilidad de simular el comportamiento de productos físicos en el mundo digital, utilizar algoritmos analíticos predictivos para encontrar patrones en sus datos comerciales, generar un modelo de predicción, o crear un modelo de detección de anomalías en tiempo real mediante el monitoreo de puntos de datos que se encuentran fuera de un rango esperado. 96 Se encuentran herramientas para poner en funcionamiento un modelo de análisis en

la realización de cálculos automáticamente y obtención de datos con aprendizaje automático y cargue de estos.

### **Desarrollo rápido de aplicaciones basadas en modelos.**

Figura 24 Desarrollo rápido de aplicaciones



Fuente: plataforma Thingworx PTC

Generación de aplicativo IoT industrial utilizando el entorno de desarrollo de GUI de arrastrar y soltar de ThingWorx, plataforma de desarrollo basada en modelos. Usar ThingModel para describir activos, procesos y elementos organizativos y cómo se relacionan entre sí. Se define el comportamiento funcional, se agrega lógica empresarial y se amplía su aplicación con complementos prediseñados. Con un marco correctamente construido, una aplicación será escalable, flexible y más segura. En las guías suministradas en este apartado se aprende a crear cosas u objetos, los cuales sirven para la representación de los diferentes recursos necesarios en inventario, se almacenan datos en un flujo de valor junto con la descarga de un simulador de datos, y permite la creación de interfaz de usuario en aplicativos.

### **Gestión de la plataforma ThingWorx**

Figura 25 Gestión de la plataforma



Fuente: plataforma Thingworx PTC

Administración de manera eficiente de los activos con visibilidad y control sobre la solución de IoT. Se realiza instalación, configuración y se brinda soluciones a problemas de la aplicación, mientras se monitorea el rendimiento y la comunicación con los dispositivos. Al ofrecer un conjunto completo de herramientas y funciones, ThingWorx permite el acceso remoto, transferencias de archivos, actualizaciones de software, registro, depuración y más. Se brindan guías de cómo preparar la aplicación para que la utilicen los usuarios reales o para que esté lista para recopilar datos, cómo crear pantallas de inicio de sesión, usuarios y grupos de estos, se implementan los permisos de seguridad, entre otros.

### Diseñar experiencias atractivas



Fuente plataforma Thingworx PTC

Utilizando el primer entorno de desarrollo de aplicaciones de IoT especialmente diseñado de la industria para trazar experiencias atractivas en aplicaciones web y móviles. Diseñada para reducir el tiempo, el costo y el riesgo necesarios para crear nuevas aplicaciones de IoT innovadoras, esta capa tiene dos funciones distintas: tiempo de construcción y tiempo de ejecución, el tiempo de construcción abarca la tecnología para crear las cosas en su solución de IoT industrial, mientras que el tiempo de ejecución incluye los permisos operativos para ejecutar y administrar esas cosas. Se dan guías de diseño de interfaces aplicativos basadas en las herramientas que da ThingWorx, creación de Mashups (Pantallas), agregación de Widgets a el Mashup, vinculación de servicios de datos al widget, entre otras herramientas que brindan al usuario una experiencia única en la ejecución visual de la aplicación.

## Recopilar y procesar datos de forma segura

Figura 26 Recopilar y procesar datos

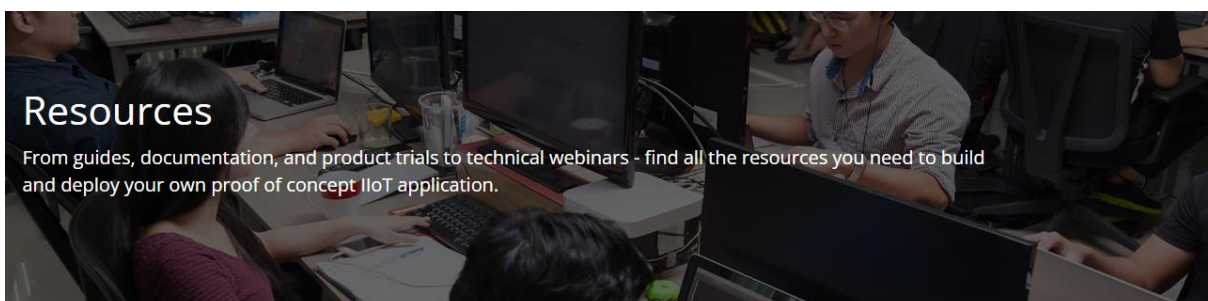


Fuente: plataforma Thingworx PTC

ThingWorx es seguro por diseño y ofrece múltiples opciones de autenticación para aumentar la seguridad de su aplicación de IoT. Desde la comunicación cifrada con TLS y los controles de acceso basados en roles hasta la distribución de parches de seguridad, ThingWorx integra una variedad de funciones de seguridad que puede aprovechar en su proceso de desarrollo. En guías sustentadas en este apartado se enseña a realizar la configuración de permisos, como configurar y utilizar el sistema de acceso a usuarios, realizar la habilitación de autenticación mediante 97 la creación de claves para la aplicación.

## Recursos

Figura 27 Recursos



Guides



Learning Paths



Documentation



Videos

Fuente: plataforma Thingworx PTC

En este apartado se encuentran diferentes herramientas que sirven como pautas para entender la plataforma de ThingWorx, también se encuentran las diferentes herramientas y recursos necesarios para la ejecución de ThingWorx, así como las nuevas versiones con sus respectivas actualizaciones de las herramientas suministradas, se encuentran guías de actualización y glosario para el entendimiento de todos los recursos. A continuación, se exponen algunos de los diferentes recursos:

## Guías

Figura 28 Guías

Guías

Explore tutoriales guiados basados en tareas de escenarios de desarrollo de IoT

**Guías destacadas**

**ANALIZAR**  
BUILD A PREDICTIVE ANALYTICS MODEL VIDEO GUIDE  
INTERMEDIO  
Guía de video: cree un modelo de análisis predictivo  
jason wyatt

**ADMINISTRAR** Asset Utilization  
Subsystem Overview  
ACTIVE THERME 00:12:18  
1.49 Green 24.1 Yellow 35.08 Temperature  
PRINCIPIANTE  
Explore la supervisión y utilización de activos de ThingWorx  
allen smith

**EXPERIENCIA**  
PRINCIPIANTE  
Guía de video: cree la interfaz de usuario de su aplicación  
jason wyatt

**EXPERIENCIA** 7:01 AM 63%  
07/12/24sx.devportal.ptc.io  
thingworx  
Alert: Asset Name: myFreezer  
Alert Details  
Alert Name: ThawWarning Source Property: InternalTemp  
PRINCIPIANTE  
Envíe alertas utilizando Asset Advisor  
allen smith

Fuente: plataforma Thingworx PTC

Se encuentran diferentes guías de aprendizaje, cada una de ellas ayuda al desarrollador a entender más a fondo cada una de las herramientas con las que cuenta y nos brinda la herramienta ThingWorx, realizando recorridos guiados basados en tareas de escenario de desarrollo IoT. Entre las guías más importantes suministradas por la plataforma, y necesarias para el desarrollo de la metodología propuesta para el área de inventario en la presente tesis se encuentran las siguientes:

- Guía cree la interfaz de usuario de su aplicación: Siguiendo los pasos de esta guía, aprenderá cómo usar esta herramienta para crear una interfaz gráfica de usuario (GUI) para su aplicación de IoT.

- Guía Navegación mashup con menús: Con frecuencia, una aplicación necesita mostrar más información de la que puede caber cómodamente en una sola página, pero vincular manualmente a varios mashups puede resultar tedioso. En su lugar, puede utilizar una entidad de menú, un widget de menú y un mashup maestro para proporcionar una navegación coherente entre todas las páginas de la aplicación.

- Guía Enviar mensajes con Twilio.

Se enseña cómo crear aplicaciones que brinden información a los usuarios, incluso cuando están lejos de su computadora. Los usuarios que están en movimiento pueden beneficiarse de su aplicación al recibir mensajes de texto y de voz. Siguiendo los pasos de esta guía, se aprende a configurar y utilizar el widget Twilio y a explorar su capacidad para enviar mensajes. Se enseña cómo se pueden utilizar los datos para enviar información pertinente a cualquier teléfono celular.

- Guía Configurar las aplicaciones ThingWorx para el servicio: En esta guía se presentará ThingWorx Apps for Service. Siguiendo los pasos de esta guía, se aprende cómo agregar usuarios, crear un modelo para almacenar datos y configurar las propiedades de los activos. Se muestra cómo las aplicaciones ThingWorx permiten monitorear equipos de forma remota sin escribir ningún código.

- Guía Configurar aplicaciones ThingWorx para tendencias y alertas: La intención de esta guía es proporcionar instrucciones para configurar tendencias y alertas en las aplicaciones ThingWorx. Se enseña desde cómo crear y configurar alertas, supervisar dicha alerta y ver las tendencias en rendimiento de lo monitoreado, en el caso se podría analizar el estado y cantidad de los recursos. Esta guía junto con la herramienta Asset Advisor, ofrece monitoreo permanente a equipos que validen información, y a alertar al personal de la fábrica cuando se encuentre una anomalía, esto al establecer umbrales para que se activen cuando pasen su límite. También verificará tendencias en los datos de los equipos que pueden indicar equipos que necesitan mantenimiento.

- Guía Vincular Datos a Widgets: La guía enseña cómo vincular una fuente de datos a un widget, se podrán mostrar los cambios basados en el estado que resulten de las actualizaciones de datos. Se verifica el conectar esencialmente datos de backend a los Widgets en un Mashup. ThingWorx facilita este proceso con funcionalidad incorporada.

- Guía Cree un modelo de análisis predictivo: Siguiendo los pasos de esta guía, creará un modelo analítico y luego lo refinó en función de más información de la plataforma Analytics. Se enseña cómo determinar si un modelo es preciso o no y cómo puede optimizar tanto sus entradas de datos como el modelo en sí.




- **Guía Configurar permisos:** Los permisos se utilizan para controlar el uso durante el desarrollo, el tiempo de ejecución y la experiencia. Siguiendo los pasos de esta guía, se podrá crear usuarios, grupos de usuarios, claves de aplicación y organizaciones y poder vincularlos, demuestran cómo crear esquemas de permisos funcionales en la plataforma ThingWorx para crear una aplicación segura y un entorno de desarrollo.
- **Guía Conexión de modelos y bases de datos externos:** Muchas veces se tienen bases de datos diseñadas y el cliente solo requiere integrar al entorno de ThingWorx, en la guía se enseña cómo crear un modelo de datos en torno al diseño de su base de datos y cómo conectarse a esa base de datos. ThingWorx se basa en el lenguaje de programación Java y puede realizar conexiones a cualquier base de datos que admita una conexión basada en Java. Soltar el archivo JAR para el controlador JDBC de la base de datos en la carpeta lib de Tomcat es todo lo que se necesita para conectarse a la plataforma ThingWorx. Para almacenamiento de datos en DEMO, esta guía presentará Flujos de valores, Flujos, Tablas de datos y Tablas de información. Value Streams y Streams son métodos de almacenamiento para datos de series de tiempo, mientras que las tablas de datos y las tablas de información son métodos de almacenamiento para datos que no son de series de tiempo.
- **Guía Crea una forma de cosa:** Con esta herramienta se ahorra tiempo al modelar una solución en ThingWorx, se pueden agrupar propiedades, aplicándolas a un grupo lógico de propiedades a cosas y plantillas de cosas, muy útil para la creación de recursos dentro del área de inventario, recursos que cuentan con características igual o similares, funcionando como si fueran clases padre que heredan características y propiedades.
- **Guía Cómo mostrar datos en gráficos:** Esta guía, enseña a representar gráficamente múltiples puntos de datos simultáneamente mediante la utilización de Widgets. Se enseña cómo utilizar los gráficos circulares, de etiqueta, proporcional, de burbujas, de series temporales y de eventos; Estos gráficos aparte de dar mejor aspecto a la interfaz presentada al usuario, sirve para mostrar datos muy importantes de cada uno de los procesos o puntos a estudiar.

Estas son algunas de las guías necesarias para la ejecución del trabajo y dar cumplimiento al objetivo principal planteado en el desarrollo de este trabajo, como vimos muestra una gran cantidad de formas de hacer las cosas, de una forma sencilla y dinámica para el desarrollador. A parte de estas se encuentran guías de ejecución de la realidad aumentada muy útiles con la demanda tan grande que tienen hoy en día.

## Rutas de aprendizaje guía

Figura 29 Rutas de aprendizaje

**Aprendizaje destacado**

|   |   |   |
|---|---|---|
|  | <b>Uso de ThingWorx para proteger sus sistemas aeroespaciales y de defensa</b><br>4 UNIDADES 240 MINUTOS SU ESTADO: No iniciado       | ✓ |
|  | <b>Conectar y monitorear equipos de plantas industriales</b><br>5 UNIDADES 180 MINUTOS SU ESTADO: No iniciado                         | ✓ |
|  | <b>Detección predictiva previa a fallas del vehículo con la plataforma ThingWorx</b><br>7 UNIDADES 240 MINUTOS SU ESTADO: No iniciado | ✓ |

SOLUCIONES INDUSTRIALES      APRENDER THINGWORX

Fuente: plataforma Thingworx PTC

Las rutas de aprendizaje combinan guías en una sola experiencia para enseñar habilidades relacionadas de manera eficiente de principio a fin. La mayoría de sus aprendizajes destacados se basan en el manejo de información y manipulación de datos en la industria. Se observa que la aplicación no se explora para el manejo de inventario en la industria, en su mayoría se enfocan en el área de producción y mantenimiento, pero la temática manejada se presta mucho para explorar y ejecutar aplicaciones en el área de inventario, manejando y manipulando datos para llevar a cabalidad con el cumplimiento de dicha área.



## Documentación, Videos, Preguntas

Figura 30 Documentación, videos y preguntas



Fuente: plataforma Thingworx PTC

En los apartados se encuentra documentación necesaria para manipular la herramienta ThingWorx, algunos de ellos son guías en videos donde se enseñan a como configurar el entorno para su posterior manipulación. También se encuentra una zona de preguntas y respuestas, en donde los usuarios ingresan y podrán aclarar sus dudas.

## Capacidades ofrecidas por ThingWorx PTC

Figura 31 Capacidades ofrecidas por ThingWorx



Fuente: plataforma Thingworx PTC

ThingWorx ofrece una plataforma de IIoT completa que, gracias a sus capacidades integrales, permite abordar con éxito la Transformación Digital de las empresas. Con ThingWorx podrás:

- **Analizar:** Obtener información útil en tiempo real a partir de los datos recogidos mediante IoT, optimizando las operaciones proactivamente y enviando problemas que necesiten de un control.
- **Gestionar:** Controla los dispositivos, sistemas y procesos conectados mediante la plataforma IIoT ThingWorx, fomenta el rendimiento y visibiliza las operaciones.
- **Experimenta:** Ofrece formas más seguras y eficaces para que los equipos de ingeniería interactúen con los sistemas y objetos físicos. Brinda más capacidades para los equipos enlazados de la industria.
- **Conecta:** Amplía la conectividad industrial estandarizada entre diversos dispositivos y aplicaciones para conseguir el acceso a varias fuentes de datos.
- **Crea:** Brinda la utilización de potentes aplicaciones y herramientas pre integradas para crear con facilidad experiencias en la realidad aumentada y soluciones industriales de IoT integrales.

## **Anexo C**

### **Conceptualización de KPIs**

Los KPI de producción son esenciales a la hora de realizar un seguimiento de la producción y los resultados de una empresa. Estos son estandarizados, lo que permite obtener datos concretos y objetivos sobre determinados aspectos de una acción u estrategia empresarial definida. Para la elección de los KPI de producción propuestos, se tomó como referencia la norma ISO 22400 la cual propone 21 indicadores de producción, de estos se adoptaron aquellos de libre acceso, adicionalmente se integraron indicadores de los grupos de mantenimiento, calidad e inventario, los cuales proceden de otras fuentes de información validadas. A continuación, se presenta una descripción de 20 indicadores seleccionados teniendo en cuenta la información recopilada previamente, en donde se tuvo en consideración los indicadores de rendimiento más esenciales y de utilidad, principalmente del área de producción.

Tabla 1 Indicadores clave de rendimiento

| Indicador   | Descripción  | Definición/Cálculo  | Categoría/Área |
|---|--|---|----------------|
| Índice de eficiencia general de los equipos (OEE) | Es un indicador de la eficiencia de las unidades de trabajo, los centros de trabajo y las áreas con varias unidades de trabajo.                | OEE=<br>Disponibilidad*Eficacia<br>*Ratio de calidad  | Producción     |
| Eficiencia de asignación                          | La eficiencia de asignación se define como la relación entre el tiempo ocupado de la unidad real (AUBT) y el tiempo ocupado planificado (PBT). | Eficiencia de asignación =<br>AUBT/PBT  | Producción     |
| Eficiencia de utilización                         | La eficiencia de utilización indica qué parte del trabajo hecho es productivo y puede agregar valor a la orden de producción.                  | Eficiencia de utilización =<br>APT/AUBT<br><br>APT= Tiempo total durante el cual la unidad de trabajo es productiva<br><br>AUBT = Tiempo total tiempo ocupado de la unidad de trabajo | Producción     |
| Disponibilidad                                    | Muestra el tiempo productivo que una   | Disponibilidad =<br>APT/PBT   | Producción     |

|                           |   |  |            |
|---------------------------|---|--|------------|
|                           | unidad de trabajo dedica a producir un producto.  | APT= Tiempo total durante el cual la unidad de trabajo es productiva<br><br>PBT= Tiempo ocupado planificado                              |            |
| Relación de calidad       | La relación de calidad se define como la relación entre una buena cantidad (GQ) y cantidad total producida (PQ).  | Relación de calidad= $GQ/PQ$<br><br>GQ=Buena calidad<br><br>PQ= Cantidad total producida   | Calidad    |
| Relación de desecho       | Determina el número de productos desechados producidos durante la ejecución de una orden de producción.   | Relación de desecho = $SQ/PQ$<br><br>SQ= Cantidad de chatarra que no cumple con criterios de calidad<br><br>PQ= Cantidad total producida | Calidad    |
| Eficacia                  | Es la relación entre la producción real y la capacidad de producción. Se utiliza para medir la eficacia de la producción y el cumplimiento de la orden de trabajo programada. | Eficacia= $\text{Producción real} / \text{Capacidad de producción}$  | Producción |
| Eficiencia del trabajador | Considera entre las horas de trabajo para una orden de producción y el total de tiempo de   | Eficiencia del trabajador = $APWT/APAT$  | Producción |

|  |  |  |            |
|--|--|--|------------|
|  | asistencia de los trabajadores.  | <p>APWT= Tiempo real de trabajo de personal</p> <p>APAT= Tiempo real de asistencia del personal</p>  |            |
| Eficiencia de ejecución de una orden de producción   | Es la relación entre el tiempo planeado por el programa de producción (TPOP) y el tiempo de ejecución real de una orden de producción (TROP)                           | <p>Eficiencia de ejecución de una orden de producción = <math>TPOP/TROP</math></p> <p>TPOP: Tiempo planeado por el programa de producción</p> <p>TROP: Tiempo de ejecución real de una orden de producción</p>           | Producción |
| Eficiencia de ejecución de una jornada laboral (EEJ) | Se define como la relación entre el tiempo deseado para la Ejecución de una orden de producción (TJOP) y el tiempo de ejecución real de una orden de producción (TROP) | <p>Eficiencia de ejecución de una Jornada laboral = <math>TJOP/TROP</math></p> <p>TJOP: Tiempo deseado para la ejecución de una orden de producción</p> <p>TROP: Tiempo de ejecución real de una orden de producción</p> | Producción |
| Eficiencia ambiental                                 | Es el resultado de un conjunto de indicadores utilizados para representar la capacidad   | Eficiencia ambiental general del equipo= $OEE * Sostenibilidad$  | Producción |

|   |  |   |               |
|---|--|---|---------------|
| general del equipo                            | de un proceso de trabajo, teniendo en cuenta su disponibilidad, eficacia, calidad y sostenibilidad   | $\text{Sostenibilidad} = 1 - \frac{\text{Impacto ambiental del equipo}}{\text{Impacto ambiental total del sistema}}$  |               |
| Variación de la productividad laboral parcial | Este indicador muestra la variación porcentual de la cantidad de trabajo principal realizado por el número de horas a la semana laboradas  | Variación de la productividad laboral parcial =<br>$\frac{\text{número de tareas principales completadas}}{\text{número de horas trabajadas en la semana}}$ | Producción    |
| Eficacia clave                                | Este indicador está centrado en el logro o alcance final, en la realización si se cumplió con lo establecido o simplemente no.   | Eficacia clave=<br>$\frac{\text{número de tareas principales completadas}}{\text{número de tareas principales programadas}} * 100$                          | Producción    |
| Fallas en el uso de la tecnología             | Este KPI servirá para adaptar un plan de mantenimiento a la tecnología con la que cuenta cada empleado en su área  | Fallas en el uso de la tecnología =<br>$\Sigma \text{número de fallas de la tecnología en el mes}$  | Producción    |
| Tiempo de mantenimiento correctivo            | Indica que este tiempo pertenece al mantenimiento no planeado, donde involucra a todas las actividades realizadas por parte del personal de operaciones como causante de los daños ocasionados | Tiempo de mantenimiento correctivo =<br>$\frac{\text{Causa de fallo, daño o accidente}}{\text{Responsabilidad del operario}}$                               | Mantenimiento |

|                          |  |  |            |
|--------------------------|--|--|------------|
| Tasa de rendimiento      | Es la relación entre la cantidad de material procesado y el tiempo de procesamiento.   | Tasa de rendimiento =<br>$\frac{\text{Cantidad de material procesado}}{\text{Tiempo de procesamiento}}$                  | Producción |
| Efectividad del proceso  | La definición de efectividad también se puede extender para medir la efectividad del proceso (PE) para comparar el desempeño de dos o más subprocesos involucrados en un sistema de planta de producción de agregados. | Efectividad del proceso =<br>$\frac{\text{Tasa de producción real (ATR)}}{\text{Tasa de producción planificadas (PTR)}}$ | Producción |
| Rendimiento del producto | Se define como la relación entre la cantidad del producto deseado y la cantidad total del producto producido calculada en función de la tasa de rendimiento (TR)   | PR<br>$= \frac{\text{Cantidad del producto deseado}}{\text{Cantidad total del producto producido}}$                      | Producción |
| Duración de inventario   | Indica la proporción entre el inventario final y las ventas promedio del último período e indica cuantas veces dura el inventario que se tiene.  | Duración de inventario<br>$= \frac{\text{Inventario final}}{\text{Ventas promedio}} * \text{número de días al mes}$      | Inventario |
| Índice de efectividad    | El índice OPE indica el efecto combinado de la disponibilidad del  | POE<br>$= \text{Disponibilidad del proceso (PA)} *$  | Producción |

|                     |  |   |  |
|---------------------|--|---|--|
| general del proceso | proceso (PA), la efectividad del proceso (PE) y el rendimiento del proceso (PY). | <i>Efectividad del proceso(PE) * Rendimiento del proceso (PY)</i> |  |
|---------------------|--|---|--|

Fuente: Elaboración propia

**Índice de eficiencia general de los equipos:** Es un indicador de la eficiencia de las unidades de trabajo, los centros de trabajo y las áreas con varias unidades de trabajo. Constituye la base para las mejoras mediante una mejor información sobre la producción, identificación de pérdidas en la producción y mejorar la calidad del producto. Se calcula al realizar el producto entre la disponibilidad, la eficacia y la relación de calidad.



Figura 32 Índice de eficiencia general de los equipos (OEE)

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Nombre/Título del indicador: | Índice de eficiencia general de los equipos (OEE)   |
| Descripción                  |   |
| Beneficio/Aplicación:        | El Índice OEE representa la disponibilidad de una unidad de trabajo, la efectividad de la unidad de trabajo y los KPI de la relación de calidad integrados en un solo indicador   |
| Frecuencia de medida         | Bajo demanda, periódicamente, en tiempo real  |
| Definición y Cálculo         |   |
| Formula:                     | $OEE = \text{Disponibilidad} * \text{Eficacia} * \text{Ratio de calidad}$   |
| Unidad/Dimensión:            | %   |
| Valoración:                  | Min: 0%<br>Max: 100%<br>Tendencia: Cuanto más alto, mejor   |
| Análisis/Profundización:     |   |
| Observaciones                |   |
| Notas/Explicación:           | La eficacia general del equipo (OEE) es un indicador de la eficiencia de las unidades de trabajo, los centros de trabajo y las áreas con varias unidades de trabajo o un centro de trabajo completo. OEE constituye la base para las mejoras mediante una mejor información sobre la producción, identificación de pérdidas de producción, y mejora de la calidad del producto. |
| Grupo de usuario:            | Operador, Supervisor, Gerencia  |
| Modelo de efecto:            | Modelado dinámico y estructural   |
| Tipo de manufactura:         | Continuo, Batch, Discreto   |

Fuente: Tomada y modificada de ISO 22400-2

**Eficiencia de asignación:** La eficiencia de asignación se define como la relación entre el tiempo ocupado de la unidad real (AUBT) y el tiempo ocupado planificado (PBT). AUBT es el tiempo real que una unidad de trabajo está ocupada produciendo, así como el tiempo que tarda en transferirse mercancías de un puesto de trabajo a otro. Y PBT generalmente se estima por el gerente de producción y programación al comienzo de cualquier orden o turno de producción. La siguiente ecuación (1) representa la fórmula

para el KPI de eficiencia de asignación. Se calcula en porcentaje con un rango que varía desde un límite inferior de 0 hasta un límite superior límite del 100%

Figura 33 Eficiencia de asignación

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Nombre/Título del indicador: | Eficiencia de asignación  |
| Descripción                  |   |
| Beneficio/Aplicación:        | Eficiencia de asignación se define como la relación entre el tiempo ocupado de la unidad real (AUBT) y el tiempo ocupado planificado (PBT). |
| Frecuencia de medida         | Diario  |
| Definición y Cálculo         |   |
| Formula:                     | $Eficiencia\ de\ asignación = AUBT/PBT$   |
| Unidad/Dimensión:            | %   |
| Valoración:                  | Min: 0%<br>Max: 100%<br>Tendencia: Cuanto más alto, mejor   |
| Análisis/Profundización:     | Basado en una orden de producción.  |
| Observaciones                |   |
| Notas/Explicación:           |   |
| Grupo de usuario:            | Jefe de planta, Supervisor  |
| Modelo de efecto:            | Modelado dinámico y estructural   |
| Tipo de manufactura:         | Batch   |

Fuente: Tomada y modificada de ISO 22400-2

**Eficiencia de utilización:** La eficiencia de utilización indica qué parte del trabajo hecho es productivo y puede agregar valor a la orden de producción. Se calcula como la relación entre el tiempo total durante el cual la unidad de trabajo es productiva y el tiempo total tiempo ocupado de la unidad de trabajo. Ilustra la productividad de cada unidad de trabajo durante la ejecución de una orden de producción. La siguiente ecuación (2) representa la fórmula de eficiencia de utilización para cada unidad de trabajo. Se calcula en porcentaje con un rango que varía desde un límite inferior de 0% hasta un límite superior de 100

Figura 34 Eficiencia de utilización

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Nombre/Título del indicador: | Eficiencia de utilización   |
| Descripción                  |   |
| Beneficio/Aplicación:        | Eficiencia de utilización indica qué parte del trabajo hecho es productivo y puede agregar valor a la orden de producción. Se calcula como la relación entre el tiempo total durante el cual la unidad de trabajo es productiva y el tiempo total tiempo ocupado de la unidad de trabajo. |
| Frecuencia de medida         | Diario  |
| Definición y Cálculo         |   |
| Formula:                     | $Eficiencia\ de\ utilización = \frac{APT}{AUBT}$  |
| Unidad/Dimensión:            | %   |
| Valoración:                  | Min: 0%<br>Max: 100%<br>Tendencia: Cuanto más alto, mejor   |
| Análisis/Profundización:     | Basado en una orden de producción.  |
| Observaciones                |   |
| Notas/Explicación:           |   |
| Grupo de usuario:            | Jefe de planta, Supervisor  |
| Modelo de efecto:            | Modelado dinámico y estructural   |
| Tipo de manufactura:         | Batch   |

Fuente: Tomada y modificada de ISO 22400-2

**Disponibilidad:** A diferencia de la eficiencia de asignación, que representa el tiempo ocupado total de cada unidad de trabajo con respecto al tiempo ocupado planificado, el KPI de disponibilidad muestra el tiempo productivo que una unidad de trabajo dedica a producir un producto. Se excluye el tiempo gastado en poner en cola o transferir productos de una estación de trabajo a otra y solo muestra el momento en que la unidad de trabajo agrega algún valor a la orden de producción final. La siguiente ecuación (3) muestra la disponibilidad como la relación entre el Tiempo Real de Producción (APT) y el tiempo ocupado planificado (PBT) para cada unidad de trabajo. Está también se calcula en porcentaje con un rango que varía desde un límite inferior de 0% hasta un límite superior de 100%.

Figura 35 Disponibilidad

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Nombre/Título del indicador: | Disponibilidad   |
| Descripción                  |  |
| Beneficio/Aplicación:        | Disponibilidad muestra el tiempo productivo que una unidad de trabajo dedica a producir un producto. |
| Frecuencia de medida         | Diario   |
| Definición y Cálculo         |  |
| Formula:                     | Disponibilidad = APT/PBT   |
| Unidad/Dimensión:            | %  |
| Valoración:                  | Min: 0%<br>Max: 100%<br>Tendencia: Cuanto más alto, mejor  |
| Análisis/Profundización:     | Basado en una orden de producción.   |
| Observaciones                |  |
| Notas/Explicación:           |  |
| Grupo de usuario:            | Jefe de planta, Supervisor   |
| Modelo de efecto:            | Modelado dinámico y estructural  |
| Tipo de manufactura:         | Batch  |

Fuente: Tomada y modificada de ISO 22400-2

**Relación de calidad:** La relación de calidad se define como la relación entre una buena cantidad (GQ) y cantidad total producida (PQ). Se considera buena cantidad a los productos que cumplen el criterio de calidad o porcentaje fijado por el responsable de calidad para cada producción ordenada. La siguiente ecuación (4) representa la definición mencionada anteriormente, también se calcula en porcentaje y los límites van de 0% a 100%.

Figura 36 Relación de calidad

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Nombre/Título del indicador: | Relación de calidad  |
| Descripción                  |  |
| Beneficio/Aplicación:        | Relación de calidad se define como la relación entre una buena cantidad y cantidad total producida.  |
| Frecuencia de medida         | Diario   |
| Definición y Cálculo         |  |
| Formula:                     | Relación de calidad = $GQ/PQ$  |
| Unidad/Dimensión:            | %  |
| Valoración:                  | Min: 0%<br>Max: 100%<br>Tendencia: Cuanto más alto, mejor  |
| Análisis/Profundización:     | Basado en una orden de producción.   |
| Observaciones                |  |
| Notas/Explicación:           | Se considera buena cantidad a los productos que cumplen el criterio de calidad o porcentaje fijado por el responsable de calidad para cada producción ordenar. |
| Grupo de usuario:            | Jefe de calidad, Supervisor  |
| Modelo de efecto:            | Modelado dinámico y estructural  |
| Tipo de manufactura:         | Batch  |

Fuente: Tomada y modificada de ISO 22400-2

**Relación de desecho:** En contraste con la relación de calidad, la relación de desecho determina el número de productos desechados producidos durante la ejecución de una orden de producción. La relación de chatarra se puede pensar como el inverso completo de la relación de calidad, se calcula como la relación entre la cantidad de chatarra que no cumplió con los criterios de calidad (SQ) y la cantidad total producida (PQ), como se muestra en la ecuación (5). La cantidad de desecho es toda la cantidad que no cumple con los criterios de calidad establecidos por el responsable de calidad. También se calcula en porcentaje con un rango que varía desde un límite inferior de 0% hasta un límite superior de 100%.

Figura 37 Relación de desecho

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Nombre/Título del indicador: | Relación de desecho   |
| Descripción                  |   |
| Beneficio/Aplicación:        | Relación de desecho determina el número de productos desechados producidos durante la ejecución de una orden de producción. Se calcula como el relación entre la cantidad de chatarra que no cumplió con los criterios de calidad y la cantidad total producida |
| Frecuencia de medida         | Diario  |
| Definición y Cálculo         |   |
| Formula:                     | Relación de desecho = SQ/PQ   |
| Unidad/Dimensión:            | %   |
| Valoración:                  | Min: 0%<br>Max: 100%<br>Tendencia: Cuanto más alto, mejor   |
| Análisis/Profundización:     | Basado en una orden de producción.  |
| Observaciones                |   |
| Notas/Explicación:           |   |
| Grupo de usuario:            | Jefe de calidad, Supervisor   |
| Modelo de efecto:            | Modelado dinámico y estructural   |
| Tipo de manufactura:         | Batch   |

Fuente: Tomada y modificada ISO 22400-2

**Eficacia:** Es la relación entre la producción real y la capacidad de producción. Se define en términos de porcentaje y maneja una frecuencia de medida semanal, en la industrial se utiliza para medir la eficacia de la producción y el cumplimiento de la orden de trabajo programada, tiene un rango que varía desde un límite inferior de 0% hasta un límite superior de 100%.

Figura 38 Eficacia

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Nombre/Título del indicador: | Eficacia   |
| Descripción                  |  |
| Beneficio/Aplicación:        | Se utiliza para medir la eficacia de la producción, el cumplimiento de la orden de trabajo programada. |
| Frecuencia de medida         | Semanal  |
| Definición y Cálculo         |  |
| Formula:                     | $\text{Eficacia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad de producción}}$                      |
| Unidad/Dimensión:            | %  |
| Valoración:                  | Min: 0%<br>Max: 100%<br>Tendencia: Cuanto más alto, mejor  |
| Análisis/Profundización:     |  |
| Observaciones                |  |
| Notas/Explicación:           |  |
| Grupo de usuario:            | Supervisor, Gerencia   |
| Modelo de efecto:            | Modelado dinámico y estructural  |
| Tipo de manufactura:         | Continuo, Batch, Discreto  |

Fuente: Tomada y modificada DISEÑO DE UN SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO UTILIZANDO INDICADORES CLAVES DEL DESEMPEÑO KPIs.

**Eficiencia del trabajador:** Considera entre las horas de trabajo para una orden de producción y el total de tiempo de asistencia de los trabajadores. Está dado por la relación entre el tiempo real de trabajo de personal (APWT) y tiempo real de asistencia del personal (APAT).

Figura 39 Eficiencia del trabajador

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Nombre/Título del indicador: | Eficiencia del trabajador   |
| Descripción                  |   |
| Beneficio/Aplicación:        | Considera la relación entre horas de trabajo para una orden de producción y el total de tiempo de asistencia de los empleados |
| Frecuencia de medida         | Periódico   |
| Definición y Cálculo         |   |
| Formula:                     | $\text{Eficiencia del trabajador} = \text{APWT} / \text{APAT}$  |
| Unidad/Dimensión:            | %   |
| Valoración:                  | Min: 0%<br>Max: 100%<br>Tendencia: Cuanto más alto, mejor   |
| Análisis/Profundización:     | Basado en grupo de trabajo  |
| Observaciones                |   |
| Notas/Explicación:           | Cabe aclarar, que el tiempo de trabajo, tiene que ser dividido si la operación se realiza con varias unidades al mismo tiempo |
| Grupo de usuario:            | Dueño, Jefe, Administrador  |
| Modelo de efecto:            |   |
| Tipo de manufactura:         | Continuo, Batch, Discreto   |

Fuente: Tomada y modificada de ISO 22400-2

**Eficiencia de ejecución de una orden de producción (EOP):** Es la relación entre el tiempo planeado por el programa de producción (TPOP) y el tiempo de ejecución real de una orden de producción (TROP). Está definido en términos de porcentaje y tiene un límite inferior de 0% y un límite superior de 100%, destacando que entre mayor sea su valor porcentual mejor será el indicador.



Figura 40 Eficiencia de ejecución de una orden de producción (EOP)

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Nombre/Título del indicador: | Eficiencia de ejecución de una orden de producción (EOP)  |
| Descripción                  |   |
| Beneficio/Aplicación:        | Relación entre el tiempo planeado por el programa de producción y el tiempo de ejecución real de una orden de producción. |
| Frecuencia de medida         | Diario  |
| Definición y Cálculo         |   |
| Formula:                     | $EOP = TPOP / TROP$   |
| Unidad/Dimensión:            | %   |
| Valoración:                  | Min: 0%<br>Max: 100%<br>Tendencia: Cuanto más alto, mejor   |
| Análisis/Profundización:     | Basado en una orden de producción.  |
| Observaciones                |   |
| Notas/Explicación:           |   |
| Grupo de usuario:            | Jefe de planta  |
| Modelo de efecto:            | Modelado dinámico y estructural   |
| Tipo de manufactura:         | Batch   |

Fuente: Método para la aplicación de indicadores clave de desempeño de producción basado en ISO 22400

**Eficiencia de ejecución de una jornada laboral (EEJ):** Se define como la relación entre el tiempo deseado para la ejecución de una orden de producción (TJOP) y el tiempo de ejecución real de una orden de producción (TROP). Al igual que la eficiencia de la ejecución de una orden de producción, tiene una unidad de medida en porcentaje entre el rango de 0% y 100%.

Figura 41 Eficiencia de ejecución de una jornada laboral (EEJ)

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Nombre/Título del indicador: | Eficiencia de ejecución en una jornada laboral (EEJ)  |
| Descripción                  |   |
| Beneficio/Aplicación:        | Relación entre el tiempo deseado para la ejecución de una orden de producción y el tiempo de ejecución real de una orden de producción. |
| Frecuencia de medida         | Diario  |
| Definición y Cálculo         |   |
| Formula:                     | $EEJ = TJOP/TROP$   |
| Unidad/Dimensión:            | %   |
| Valoración:                  | Min: 0%<br>Max: 100%<br>Tendencia: Cuanto más alto, mejor   |
| Análisis/Profundización:     | Basado en la ejecución de una orden de producción.  |
| Observaciones                |   |
| Notas/Explicación:           |   |
| Grupo de usuario:            | Jefe de planta  |
| Modelo de efecto:            | Modelado dinámico y estructural   |
| Tipo de manufactura:         | Batch   |

Fuente: Método para la aplicación de indicadores clave de desempeño de producción basado en ISO 22400

**Eficiencia ambiental general del equipo:** Es el resultado de un conjunto de indicadores utilizados para representar la capacidad de un proceso de trabajo, teniendo en cuenta su disponibilidad, eficacia, calidad y sostenibilidad. Tiene como unidad de medida el porcentaje que va desde un límite inferior de 0% hasta un límite superior de 100%.

Figura 42 Eficiencia ambiental general del equipo

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Nombre/Título del indicador: | Eficiencia ambiental general del equipo (OEEE)   |
| Descripción                  |  |
| Beneficio/Aplicación:        | Es el resultado de un conjunto de indicadores utilizados para representar la capacidad de un puesto de trabajo, teniendo en cuenta su disponibilidad, rendimiento, calidad y sostenibilidad. |
| Frecuencia de medida         | Bajo demanda, periódicamente, en tiempo real   |
| Definición y Cálculo         |  |
| Formula:                     | $OEEE = OEE * \text{Sostenibilidad}$ $\text{Sostenibilidad} = 1 - \frac{\text{impacto ambiental del equipo}}{\text{impacto ambiental total del sistema}}$                                    |
| Unidad/Dimensión:            | %  |
| Valoración:                  | Min: 0%<br>Max: 100%<br>Tendencia: Cuanto más alto, mejor  |
| Análisis/Profundización:     |  |
| Observaciones                |  |
| Notas/Explicación:           |  |
| Grupo de usuario:            | Operador, Supervisor, Gerencia   |
| Modelo de efecto:            | Modelado dinámico y estructural  |
| Tipo de manufactura:         | Continuo, Batch, Discreto  |

Fuente: Tomada y modificada ISO 22400-2

**Variación de la productividad laboral parcial:** Este indicador muestra la variación porcentual de la cantidad de trabajo principal realizado por el número de horas a la semana laboradas. El cual con una fórmula matemática se comparan los periodos medidos, esto para determinar el nivel de desempeño durante el periodo de evaluación.

Figura 43 Variación productividad laboral parcial

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Nombre/Título del indicador: | Variación productividad laboral parcial  |
| Descripción                  |  |
| Beneficio/Aplicación:        | Medir la relación entre la cantidad de tareas principales completadas por las horas laboradas en la semana por el trabajador.  |
| Frecuencia de medida         | Semanal  |
| Definición y Cálculo         |  |
| Formula:                     | $\text{Variación productividad laboral parcial} = \frac{(\# \text{ de tareas principales completadas})}{(\# \text{ de horas trabajadas en la semana})}$ <p>(1) Reducción Deficiente; = -∞ % – - 51 %<br/>                 (2) Reducción Regular; = -50 % – -1 %<br/>                 (3) Variación Buena; = 0% – 50 %<br/>                 (4) Aumento Excelente; = 51 % – ∞ %</p> |
| Unidad/Dimensión:            | %  |
| Valoración:                  | Min: -∞%<br>Max: ∞%<br>Tendencia: Cuanto más alto, mejor   |
| Análisis/Profundización:     |  |
| Observaciones                |  |
| Notas/Explicación:           |  |
| Grupo de usuario:            | Supervisor, Gerencia   |
| Modelo de efecto:            |  |
| Tipo de manufactura:         | Continuo, Batch, Discreto  |

Fuente: Tomada y modificada DISEÑO DE UN SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO UTILIZANDO INDICADORES CLAVES DEL DESEMPEÑO KPIs.

**Eficacia clave:** Este indicador está centrado en el logro o alcance final, en la realización si se cumplió con lo establecido o simplemente no. El indicador muestra la relación con el cumplimiento del trabajo principal, que es su razón de ser en la institución, respecto a la programación que tiene el trabajador para su principal trabajo, lo cual muestra la eficacia de su labor.

Figura 44 Eficacia clave

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Nombre:</b>                | Eficacia clave   |
| <b>Persona a quien mide:</b>  | Todos los trabajadores   |
| <b>A quien informa:</b>       | Evaluador y superior   |
| <b>Objetivo:</b>              | Verificar la cantidad de veces que cumple correctamente con la principal función del trabajador respecto a la programación realizada.  |
| <b>Descripción:</b>           | Se utiliza para medir la eficacia del trabajador, el cumplimiento de su trabajo principal que es la razón de ser del puesto.   |
| <b>Unidad de medida:</b>      | % Porcentaje   |
| <b>Periodo de medición:</b>   | Semana   |
| <b>Fórmula de cálculo:</b>    | <p>Eficacia</p> $= ( \# \text{ de tarea principal completada} ) / ( \# \text{ de tarea principal programada} ) * 100$ <p>(1) Deficiente; 0 – 69 %<br/> (2) Regular; 70 % – 80 %<br/> (3) Buena; 81 % – 90 %<br/> (4) Excelente; 91 % - 100 %</p> |
| <b>Fuente de información:</b> | Cada trabajador tendrá hojas de control proporcionadas en el periodo de evaluación.  |

Fuente: DISEÑO DE UN SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO UTILIZANDO INDICADORES CLAVES DEL DESEMPEÑO KPIs.

**Fallas en el uso de la tecnología:** Este KPI servirá para adaptar un plan de mantenimiento a la tecnología con la que cuenta cada empleado en su área. También se puede tomar decisiones acerca de la marca del aparato y tratar de no usar esta misma en otras áreas y cambiar de marca y de aparato.

Figura 45 Fallas en el uso de las tecnologías

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Nombre/Título del indicador: | Fallas en el uso de las tecnologías   |
| Descripción                  |   |
| Beneficio/Aplicación:        | Verificar por medio de la tolerancia del trabajador y la cantidad de fallas que presenta la tecnología en el puesto, el mal funcionamiento de la tecnología que afecta el desempeño del empleado.   |
| Frecuencia de medida         | Semanal   |
| Definición y Cálculo         |   |
| Formula:                     | <p>Índice de mal funcionamiento de tecnología = <math>\sum</math> # de fallas de la tecnología en el mes</p> <p>Rango esperado de fallas al mes en la tecnología que afecta el desempeño del trabajador.</p> <p>(4) 0 – 5 fallas; excelente<br/> (3) 6 – 15 fallas; bueno<br/> (2) 16 – 25 fallas; regular<br/> (1) 26 - <math>\infty</math> fallas; deficiente</p> |
| Unidad/Dimensión:            | Unidad  |
| Valoración:                  | <p>Min: 0%</p> <p>Max: <math>\infty</math>%</p> <p>Tendencia: Cuanto más alto, peor</p>   |
| Análisis/Profundización:     |   |
| Observaciones                |   |
| Notas/Explicación:           |   |
| Grupo de usuario:            | Operario, Supervisor  |
| Modelo de efecto:            |   |
| Tipo de manufactura:         | Continuo, Batch, Discreto   |

Fuente: Tomada y modificada DISEÑO DE UN SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO UTILIZANDO INDICADORES CLAVES DEL DESEMPEÑO KPIs.

**Tiempo de mantenimiento correctivo:** Indica que este tiempo pertenece al mantenimiento no planeado, donde involucra a todas las actividades realizadas por parte del personal de operaciones como causante de los daños ocasionados (accidente). También se puede describir como las actividades de restauración, conformadas a causa de una o más fallas imprevistas del equipo donde el equipo se paralizó (falló).

Figura 46 Tiempo mantenimiento correctivo

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Nombre/Título del indicador: | Tiempo mantenimiento correctivo  |
| Descripción                  |  |
| Beneficio/Aplicación:        | Son las actividades de restauración, conformadas a causa de una o más fallas intempestivas del equipo donde el equipo se paralizó (falló). |
| Frecuencia de medida         | Diaria   |
| Definición y Cálculo         |  |
| Formula:                     | Tiempo mantenimiento correctivo =<br>Causa de fallo, daño o accidente/<br>Responsabilidad del operario                                     |
| Unidad/Dimensión:            | Tiempo (minutos, días, semanas)  |
| Valoración:                  | Min: 0<br>Max: ∞<br>Tendencia: Cuanto más alto, peor   |
| Análisis/Profundización:     |  |
| Observaciones                |  |
| Notas/Explicación:           |  |
| Grupo de usuario:            | Operario   |
| Modelo de efecto:            |  |
| Tipo de manufactura:         | Continuo, Batch, Discreto  |

Fuente: Tomada y modificada INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO DE EQUIPO PESADO PARA CONTROL DE RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD.

**Tasa de rendimiento:** Es la relación entre la cantidad de material procesado y el tiempo de procesamiento. Se define en términos de cantidad por unidad de tiempo (por ejemplo, toneladas/hora). En la industria, el término capacidad se usa indistintamente para la tasa de producción y es una forma fundamental de calcular la producción del proceso.

- Tasa de rendimiento planificada (PTR): Es la relación entre la cantidad de procesamiento planificada (PPQ) y el tiempo ocupado planificado (PBT) de un equipo o un proceso. Está dado por la unidad de medida; toneladas por hora (tph). Esto indica qué parte de la capacidad instalada del equipo o del proceso se espera utilizar durante la operación. El valor de PTR también se puede establecer utilizando la Tasa de rendimiento de referencia (RTR), que se define como la relación entre la cantidad máxima de procesamiento instalada y la unidad de tiempo de referencia según las especificaciones del fabricante de un equipo o proceso.
- Tasa de rendimiento real (ATR): Es la relación entre la cantidad de procesamiento real (APQ) y el tiempo ocupado planificado (PBT) del equipo. Unidad de medida: toneladas por hora (tph). Esto indica cuánta capacidad del equipo o del proceso

se utiliza realmente durante la operación. Se pueden lograr mejoras en ATR al disminuir las pérdidas de procesamiento que ocurren durante la operación en tiempo real o al operar el equipo en otra configuración deseada.

Figura 47 Tasa de rendimiento

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Nombre/Título del indicador: | Tasa de rendimiento  |
| Descripción                  |  |
| Beneficio/Aplicación:        | Es la relación entre la cantidad de material procesado y el tiempo de procesamiento. Se define en términos de cantidad por unidad de tiempo (por ejemplo, toneladas/hora). |
| Frecuencia de medida         | Periódicamente, bajo orden de producción.  |
| Definición y Cálculo         |  |
| Formula:                     | $TR = \frac{\text{Cantidad de material procesado}}{\text{Tiempo de procesamiento}}$  |
| Unidad/Dimensión:            | %  |
| Valoración:                  | Min: 0%<br>Max: 100%<br>Tendencia: Cuanto más alto, mejor  |
| Análisis/Profundización:     |  |
| Observaciones                |  |
| Notas/Explicación:           | Indica qué parte de la capacidad instalada del equipo o del proceso se espera utilizar durante la operación  |
| Grupo de usuario:            | Supervisor   |
| Modelo de efecto:            |  |
| Tipo de manufactura:         | Continuo, Batch, Discreto  |

Fuente: Elaboración propia

**Efectividad del proceso (PE):** La definición de efectividad también se puede extender para medir la efectividad del proceso (PE) para comparar el desempeño de dos o más subprocesos involucrados en un sistema de planta de producción de agregados. Está dado por la relación entre las tasas de producción reales y las tasas de producción planificadas. Se expresa como un porcentaje (0-100%). La efectividad del proceso indica el desempeño combinado de trituradoras y cribas junto con otros equipos en una planta de producción de agregados.



Figura 48 Efectividad del proceso

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Nombre/Título del indicador: | Efectividad del proceso   |
| Descripción                  |   |
| Beneficio/Aplicación:        | La efectividad del proceso indica el desempeño combinado de trituradoras y cribas junto con otros equipos en una planta de producción de agregados. |
| Frecuencia de medida         | Periódicamente, bajo orden de producción.   |
| Definición y Cálculo         |   |
| Formula:                     | $PE = \frac{ATR}{PTR}$  |
| Unidad/Dimensión:            | %   |
| Valoración:                  | Min: 0%<br>Max: 100%<br>Tendencia: Cuanto más alto, mejor   |
| Análisis/Profundización:     |   |
| Observaciones                |   |
| Notas/Explicación:           |   |
| Grupo de usuario:            | Supervisor, Gerencia  |
| Modelo de efecto:            |   |
| Tipo de manufactura:         | Continuo, Batch, Discreto   |

Fuente: Elaboración propia

**Rendimiento del producto:** Se define como la relación entre la cantidad del producto deseado y la cantidad total del producto producido calculada en función de la tasa de rendimiento (TR). Se expresa como un porcentaje (0-100%). Esto está relacionado tanto con el rendimiento de la trituradora como con el rendimiento de la criba.

- Rendimiento del producto: para un subproceso dado, es la relación entre la tasa de rendimiento de una buena cantidad de un producto particular i (GQ i TR) y la tasa de rendimiento real (ATR) del proceso. Dependiendo de los requisitos del producto (si el producto es deseado o no), el objetivo de este KPI cambiará.
- Rendimiento del proceso: para un subproceso dado, es la relación entre la tasa de rendimiento del total de productos buenos (GQ i TR) y la tasa de rendimiento real (ATR) del proceso. El objetivo deseado de este KPI es maximizarlo.

Figura 49 Rendimiento del producto

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Nombre/Título del indicador: | Rendimiento del producto   |
| Descripción                  |  |
| Beneficio/Aplicación:        | Se define como la relación entre la cantidad del producto deseado y la cantidad total del producto producido calculada en función de la tasa de rendimiento. |
| Frecuencia de medida         | Periódicamente, bajo orden de producción.  |
| Definición y Cálculo         |  |
| Formula:                     | $PR = \frac{\text{Cantidad del producto deseado}}{\text{Cantidad total del producto producido}}$   |
| Unidad/Dimensión:            | %  |
| Valoración:                  | Min: 0%<br>Max: 100%<br>Tendencia: Cuanto más alto, mejor  |
| Análisis/Profundización:     |  |
| Observaciones                |  |
| Notas/Explicación:           |  |
| Grupo de usuario:            | Supervisor, Gerencia   |
| Modelo de efecto:            |  |
| Tipo de manufactura:         | Continuo, Batch, Discreto  |

Fuente: Elaboración propia

**Duración del inventario:** Indica la proporción entre el inventario final y las ventas promedio del último período e indica cuantas veces dura el inventario que se tiene.

El objetivo es controlar la duración de los productos en el centro de distribución.

Figura 50 Duración del inventario

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Nombre/Título del indicador: | Duración del inventario  |
| Descripción                  |  |
| Beneficio/Aplicación:        | Se define como la relación entre el inventario final sobre las ventas promedio y multiplicado por el número de días del mes. |
| Frecuencia de medida         | Mensual  |
| Definición y Cálculo         |  |
| Formula:                     | Duración de inventario = $\frac{\text{Inventario final}}{\text{Ventas promedio}} * \# \text{ días del mes}$                  |
| Unidad/Dimensión:            | Unidad   |
| Valoración:                  | Min: 0<br>Max: Capacidad de almacenamiento   |
| Análisis/Profundización:     |  |
| Observaciones                |  |
| Notas/Explicación:           |  |
| Grupo de usuario:            | Supervisor, Gerencia   |
| Modelo de efecto:            |  |
| Tipo de manufactura:         | Continuo, Batch, Discreto  |

Fuente: Tomado y modificado Indicadores de gestión logística.

**Índice de efectividad general del proceso:** De manera similar al índice OEE, la definición se puede extender al Índice de efectividad general del proceso (OPE) para comparar dos o más subprocesos involucrados en la producción de agregados. El índice OPE indica el efecto combinado de la disponibilidad del proceso (PA), la efectividad del proceso (PE) y el rendimiento del proceso (PY).

Figura 51 Índice de efectividad general del proceso

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Nombre/Título del indicador: | Índice de efectividad general del proceso  |
| Descripción                  |  |
| Beneficio/Aplicación:        | OPE indica el efecto combinado de la disponibilidad del proceso (PA), la efectividad del proceso (PE) y el rendimiento del proceso (PY). |
| Frecuencia de medida         | Bajo demanda, periódicamente, en tiempo real   |
| Definición y Cálculo         |  |
| Formula:                     | $OPE = PA * PE * PY$   |
| Unidad/Dimensión:            | %  |
| Valoración:                  | Min: 0%<br>Max: 100%<br>Tendencia: Cuanto más alto, mejor  |
| Análisis/Profundización:     |  |
| Observaciones                |  |
| Notas/Explicación:           |  |
| Grupo de usuario:            | Operador, Supervisor, Gerencia   |
| Modelo de efecto:            | Modelado dinámico y estructural  |
| Tipo de manufactura:         | Continuo, Batch, Discreto  |

Fuente: Tomado y modificado Indicadores de gestión logística.

## Anexo D

### Flujos de información y datos funcionales

El flujo de información o comunicación dentro de una organización hace referencia al movimiento de comunicaciones e instrucciones dentro de esta, cada una con un flujo diferente dependiendo hacia donde se dirige, su tamaño, estructura y prioridad. El éxito de una empresa depende del flujo efectivo que manejen es sus comunicaciones y de la información que ocurre entre las partes interesadas, sean internas o externas de la organización.

Teniendo en cuenta las diferentes funciones que se llevan a cabo dentro de cada módulo propuesto en el estándar ISA 95.003 y el estudio del flujo de la información que se encuentran en el área de producción, se diseñaron las siguientes tablas.

La siguiente Tabla 2 muestra el flujo de información que se da entre los diferentes módulos y las diferentes funciones relacionadas con el área de producción.

Tabla 2 Flujo de datos funcional

| <b>Módulo</b>                  | <b>Función</b>  |
|--------------------------------|---|
| 1.0 Procesamiento de pedidos   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesamiento, aceptación y confirmación de pedidos de clientes.</li> <li>• Previsión de ventas.</li> <li>• Tramitación de renunciaciones y reservas.</li> <li>• Informe de beneficio bruto</li> <li>• Confirmar orden de producción.</li> </ul>   |
| 2.0 Programación de producción | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar el plan de producción.</li> <li>• Identificar las necesidades de materias primas a largo plazo.</li> <li>• Determinar el plan de empaque del producto final.</li> <li>• Determinar los productos disponibles para la venta.</li> </ul>  |
| 3.0 Control de producción      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar la conversión de materias primas en productos finales, de acuerdo con planes de producción y estándares de producción.</li> <li>• Realizar actividades de ingeniería de la planta y actualizar el plan del proceso.</li> <li>• Requisitos de distribución y materia prima.</li> <li>• Elaborar informes de desempeño y costo.</li> <li>• Evaluar las limitaciones de capacidad y calidad.</li> <li>• Auto verificación y diagnóstico de equipos de producción y control.</li> <li>• Crear estándares de producción e instrucciones para procesamientos operativos estándar, recetas y manejo de equipos de procesamiento específicos.</li> </ul> |

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
|                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las funciones principales incluyen: ingeniería de soporte de procesos, control de operaciones, plan de operaciones, entre otras.</li> </ul>   |
| 4.0 Control de materiales y energía | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestionar inventario, transferencia y calidad de materiales y energía.</li> <li>• De acuerdo con las necesidades a corto y largo plazo, proponer requisitos de adquisición de materiales y energía.</li> <li>• Calcular y reportar saldos de inventario y pérdida de materias primas y utilización de energía.</li> <li>• Recibir alimentación y suministro de energía y solicitar pruebas de garantía de calidad.</li> <li>• Notificar la adquisición de materiales y suministros energéticos aceptados.</li> <li>• El procesamiento de datos incluye: solicitudes de pedidos de materiales y energía, confirmación entrante de materiales y energía recibidos, informes de inventario de materiales y energía, instrucciones de transmisión manual y automática para el control de la operación.</li> </ul> |
| 5.0 Adquisiciones                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicitar materias primas, suministros, repuestos, herramientas, equipos y otros materiales necesarios a los proveedores.</li> <li>• Monitorear el progreso de las adquisiciones e informar al comprador.</li> <li>• Una vez recibida la mercancía y aprobada, emitir la facturación de pago recibida.</li> </ul>   |

|  |  |
|--|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerimientos de la unidad de recolección y procesamiento de materias primas, repuestos, entre otros, con el fin de realizar pedidos a proveedores.</li> </ul>   |
| 6.0 Garantía de calidad                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensayos y clasificación de materiales.</li> <li>• Establecer estándares de calidad de materiales.</li> <li>• Emitir normas a los laboratorios de fabricación y ensayo de acuerdo a los requisitos técnicos, de marketing y de servicio al cliente.</li> <li>• Recopilar y mantener datos sobre la calidad del material.</li> <li>• Liberar materiales para su uso posterior (entrega/ procesamiento posterior).</li> <li>• Los productos certificados se producen de acuerdo con las condiciones estándar del proceso.</li> <li>• Verificar los datos del producto y los requisitos del cliente y las rutinas de control de calidad estadísticos para garantizar la calidad antes del envío.</li> <li>• Transferir las desviaciones de material a la ingeniería de procesos para su reevaluación y actualización del proceso.</li> <li>• El procesamiento de los datos incluye: resultados de pruebas de garantía de calidad, aprobación para liberar materiales, estándares aplicables y requisitos del cliente para la calidad del material.</li> </ul> |
| 7.0 Gestión de inventario de productos | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestionar el inventario de productos terminados.</li> </ul>   |

|   |  |
|---|--|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacer reservas para productos específicos de acuerdo con las instrucciones de venta de productos.</li> <li>• Generar el producto final empaquetado de acuerdo al plan de entrega.</li> <li>• Informar el estado del inventario al plan de producción.</li> <li>• Informar el saldo y la pérdida al costeo del producto.</li> <li>• Coordinar con departamentos de gestión de transporte de productos para organizar la carga real de la mercancía.</li> </ul>   |
| 8.0 Contabilidad de costos del producto | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcular y reportar el costo total del producto.</li> <li>• Informe de los resultados de los costos a la producción para su ajuste.</li> <li>• Establecer objetivos de costos de producción.</li> <li>• Recolectar materias primas, mano de obra, energía y otros costos para transmitirlos a la contabilidad.</li> <li>• Calcular e informar los costos totales de producción e informar los resultados de costos de producción para su ajuste.</li> <li>• Establecer objetivos para el suministro de costes para el suministro y distribución de materiales y energía.</li> </ul> |
| 9.0 Gestión del transporte de productos | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizar el transporte de productos de acuerdo con los requisitos de pedido aceptados.</li> <li>• Negociar y realizar pedidos con la empresa de transporte.</li> <li>• Aceptar artículos de transporte en el lugar y entregar materiales de envío.</li> </ul>  |



|   |   |
|---|---|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar los documentos de envío.</li> <li>• Confirmar el envío y emitir la factura al contador general.</li> <li>• Informar los costos de transporte al costo del producto.</li> </ul>  |
| 10.0 Gestión de mantenimiento               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar mantenimiento a las instalaciones existentes.</li> <li>• Proporcionar un plan de mantenimiento preventivo.</li> <li>• Brindar monitoreo de quipos para evitar fallas, incluidos procesamientos de autocomprobación y diagnóstico.</li> <li>• Solicitar una orden de compra de materiales y repuestos.</li> <li>• Desarrollar un informe de costos de mantenimiento y coordinar el trabajo del contrato externo.</li> <li>• Proporcionar información sobre el estado de rendimiento y confiabilidad y la retroalimentación técnica para la ingeniería de soporte de procesos.</li> </ul> |
| 11.0 Investigación, desarrollo e ingeniería | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar nuevos productos.</li> <li>• Definir los requisitos del proceso.</li> <li>• Definir los requisitos del producto relacionados con la producción del producto.</li> </ul>  |
| 12.0 Marketing y ventas                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Generar plan de ventas.</li> <li>• Generar el plan de marketing.</li> <li>• Determinar los requisitos del cliente para los productos.</li> <li>• Determinar los requisitos y estándares del producto.</li> <li>• Interacción con los clientes.</li> </ul>  |

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se incluye la Tabla 3 que contiene las relaciones para los flujos de información del modelo de administración de operaciones de producción.

Tabla 3 Flujos de información

| <b>Función</b>                                   | <b>Objetivo</b>  | <b>Enlace</b> |
|--|--|---------------|
| Plan de producción                               | Contiene información sobre los resultados de producción actuales y completados de la ejecución planificada (por ejemplo, qué hacer, cantidad, cómo hacer, tiempo)  | 3.0 → 2.0     |
| Capacidad de producción                          | Define las capacidades actualmente enviadas, disponibles e inalcanzables de la instalación de producción (por ejemplo, materiales, equipos, mano de obra, energía) | 3.0 → 2.0     |
| Requisitos de pedido de materiales y energía     | Define las necesidades futuras de materiales y energía para satisfacer las necesidades a corto y largo plazo.  | 4.0 → 5.0     |
| Horario  | Contiene información sobre la producción (por ejemplo, qué producto, cantidad, tiempo).  | 2.0→3.0       |
| Confirmación del pedido de ingresos              | Es la notificación material o energética que se ha recibido, sin cruzar la interfaz entre la empresa y el dominio de control.                                      | 4.0→5.0       |
| Necesidades de materiales, energía a largo plazo | Es una definición cronológica de los materiales y la energía necesarios para la producción planificada, y no hay un modelo de objeto.                              | 2.0→4.0       |

|  |  |         |
|--|--|---------|
| Necesidades de materiales, energía a corto plazo | Es la demanda de los recursos necesarios para la producción actual planificada o ejecutada (por ejemplo, incluidos los requisitos de material de fecha límite, materiales de reserva, indicadores de consumo real, reservas abiertas, consumo de ajuste) | 3.0→4.0 |
| Inventario de materiales y energía               | Son los materiales y la energía que se pueden utilizar para la planificación y la producción a corto plazo en la actualidad. Se trata de materias primas.  | 4.0→3.0 |
| Objetivo de costos de producción                 | Objetivos de rendimiento de producción basados en recursos, que pueden estar relacionados con productos o procesos.  | 8.0→3.0 |
| Rendimiento y costo de producción                | Es el uso real y el resultado relacionado con una actividad de producción específica. El resultado se puede determinar por producto, subproducto, subproducto y residuo.   | 3.0→8.0 |
| Recibos de energía y materiales entrantes        | Es la notificación de que se ha recibido el material o la energía y la información adicional requerida para la contabilidad de costos, generalmente no a través de la interfaz entre la empresa y el dominio de control.                                 | 4.0→8.0 |
| Resultados de garantía de calidad                | Es el resultado de pruebas de control de calidad en materias   | 6.0→7.0 |

|                                      |  |          |
|--------------------------------------|--|----------|
|                                      | primas, trabajos en curso o productos.   |          |
| Estándares y necesidades del cliente | Es un valor específico de los atributos del producto que satisface las necesidades del cliente. Esta información puede generar cambios o adiciones en los materiales, equipos, atributos del personal y pruebas relacionadas.  | 6.0→3.0  |
| Requisitos de productos y procesos   | Define cómo hacer el producto.   | 11.0→6.0 |
| Exención del producto terminado      | Es una aprobación para desviaciones de las especificaciones normales del producto.   | 1.0→6.0  |
| Solicitud de exención en el proceso  | Se refiere a una solicitud de exención de los procedimientos normales de producción debido a desviaciones en los materiales, equipos o estándares de calidad mientras se mantienen las especificaciones normales del producto. La respuesta a la solicitud se incluye en los resultados de garantía de calidad | 3.0→6.0  |
| Inventario de productos terminados   | Es información sobre el inventario actual de productos terminados, mantenida por el control de inventario de productos. Esta información se puede utilizar para programar una nueva producción y servir como retroalimentación a la producción previamente planificada.  | 7.0→2.0  |

|   |  |               |
|---|--|---------------|
| Datos de proceso                                    | Información sobre el proceso de producción, relacionada con productos específicos y solicitudes de producción, y se puede utilizar para garantizar la calidad como parte de la función de garantía de calidad; también se puede utilizar para el control de inventario de productos como parte de la entrega de productos terminados | 3.0→7.0 y 6.0 |
| Programa de embalaje                                | Consiste en fusionar uno o más artículos de producción de SKU (unidad de gestión de stock)   | 2.0→7.0       |
| Productos y tecnología en proceso                   | Incluyendo procedimientos operativos estándar, fórmulas, límites críticos de seguridad y métodos de análisis, que pueden ser generados en respuesta a una solicitud de operación, o generados por RD&E para nuevos productos y nuevos procesos.  | 11.0→3.0      |
| Solicitud de información sobre productos y procesos | Es una solicitud de definición de producto y de proceso nueva o revisada.  | 3.0→11.0      |
| Solicitud de mantenimiento                          | Es una solicitud de funciones de mantenimiento (Solicitud planificada debido a eventos inesperados).   | 3.0→10.0      |
| Respuesta de mantenimiento                          | Estado registrado o finalización del   | 10.0→3.0      |

|                            |   |         |
|----------------------------|---|---------|
|                            | mantenimiento de rutina, planificado o no planificado.                                |         |
| Orden de fabricación       | Es información sobre pedidos de clientes aceptados y define el trabajo de la fábrica. | 1.0→2.0 |
| Confirmación de liberación | Es información sobre el envío real del producto.                                      | 7.0→9.0 |

Fuente: Elaboración propia

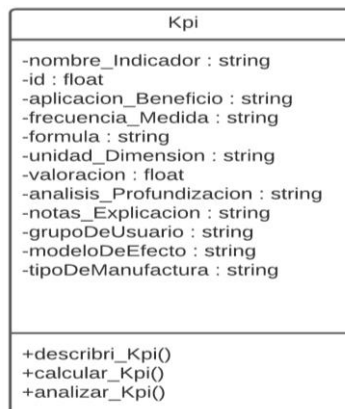
## Anexo E

### Modelado estructural para el área de producción e indicadores clave de rendimiento

Los diagramas de clases en Lenguaje Unificado de Modelado (UML), son un tipo de diagramas estáticos que brindan la descripción estructural de un sistema mostrando las clases del sistema, estas clases se representan con rectángulos que muestran el nombre de la clase y opcionalmente sus operaciones y atributos, son muy importantes en el desarrollo del software debido a que brinda al desarrollador las características necesarias para la ejecución de la programación.

En la Figura 40, se describe el diagrama de clases de KPIs de producción para ejecutar el desarrollo de la metodología y la realización de los diagramas en las diferentes notaciones graficas en el proceso de producción. Esta representa la clase KPI, la cual contiene cada uno de sus atributos y métodos, lo que permite obtener una visión general del esquema, mejor comprensión y detalle necesario a implementar en una estructura o programa específico.

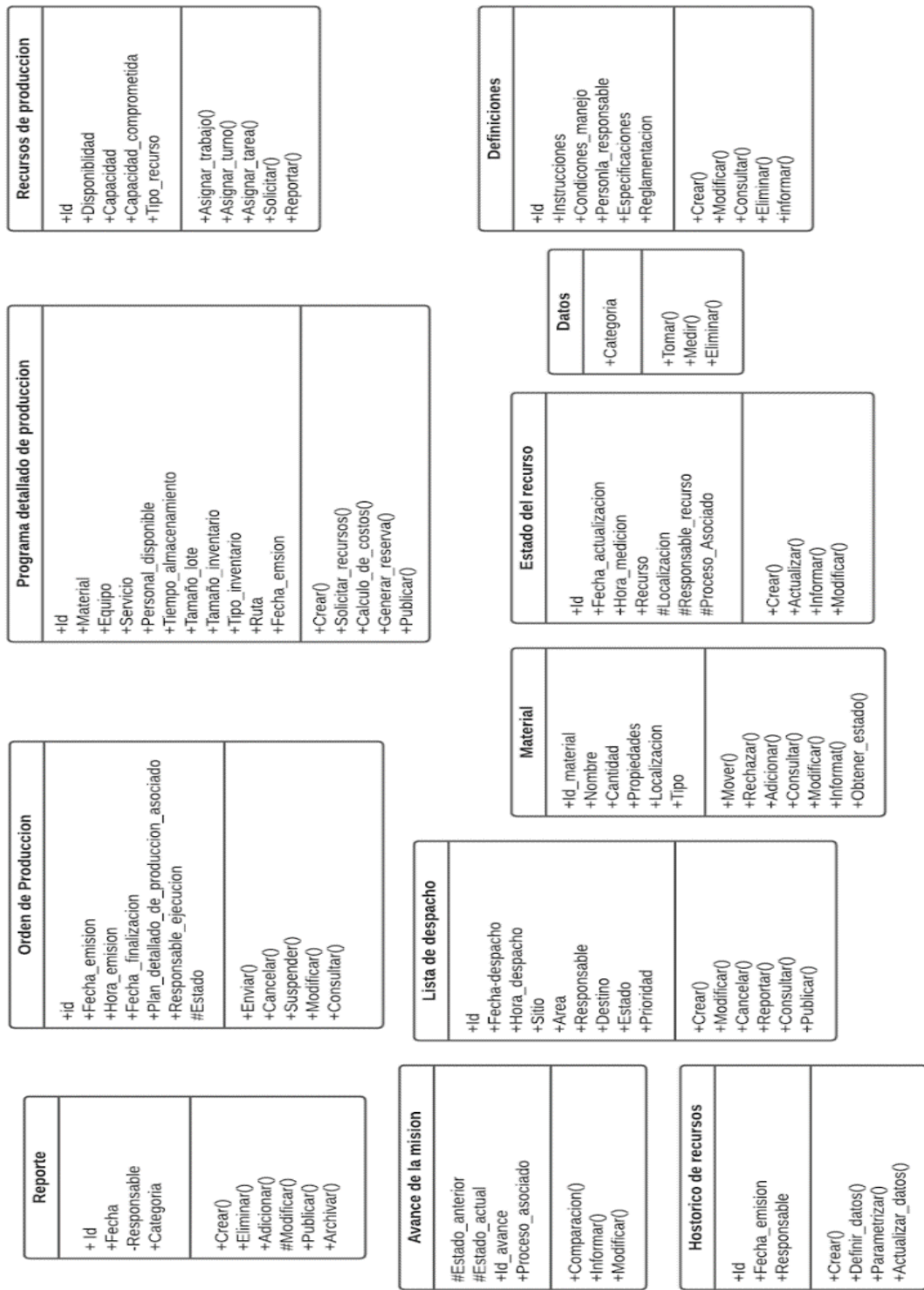
Figura 52 Modelo para KPIs de producción



Fuente: Propia

La figura 41, permite identificar las clases o actividades relevantes necesarias a ser realizadas por el Modelo Administración de Operaciones de Producción, para cumplir con el objetivo de producción. Por lo tanto, el modelo expuesto define una serie de clases, desde programa detallado de producción, el cual integra las clases, orden de producción, recursos de producción, estado del recurso, reportes, datos, definiciones y demás, de modo que cada una describe los atributos y métodos a ser utilizados en producción, no obstante los requisitos u objetivos de cada empresa definirá la información realmente intercambiada.

Figura 53 Definición de clases modelos administración de operaciones de producción

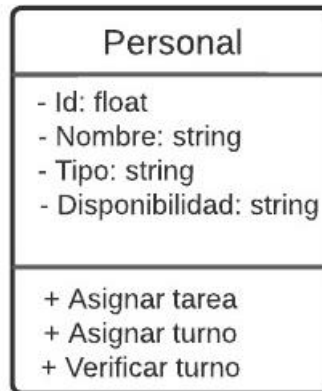


Fuente: Propia



Adicionalmente en la Figura 42, se muestra el diagrama para el modelo de personal en el área de producción, esto con el fin de ayudar al entendimiento de la información para el personal que lo requiera. Este modelo es uno de los más importantes y necesarios en una empresa, para ello se deberá tener en cuenta varios factores como por ejemplo su disponibilidad, evitando con esto una mala asignación de recursos que ocasionen pérdidas en tiempos muertos en la ejecución de actividades.

Figura 54 Diagrama entidad personal



Fuente: Propia

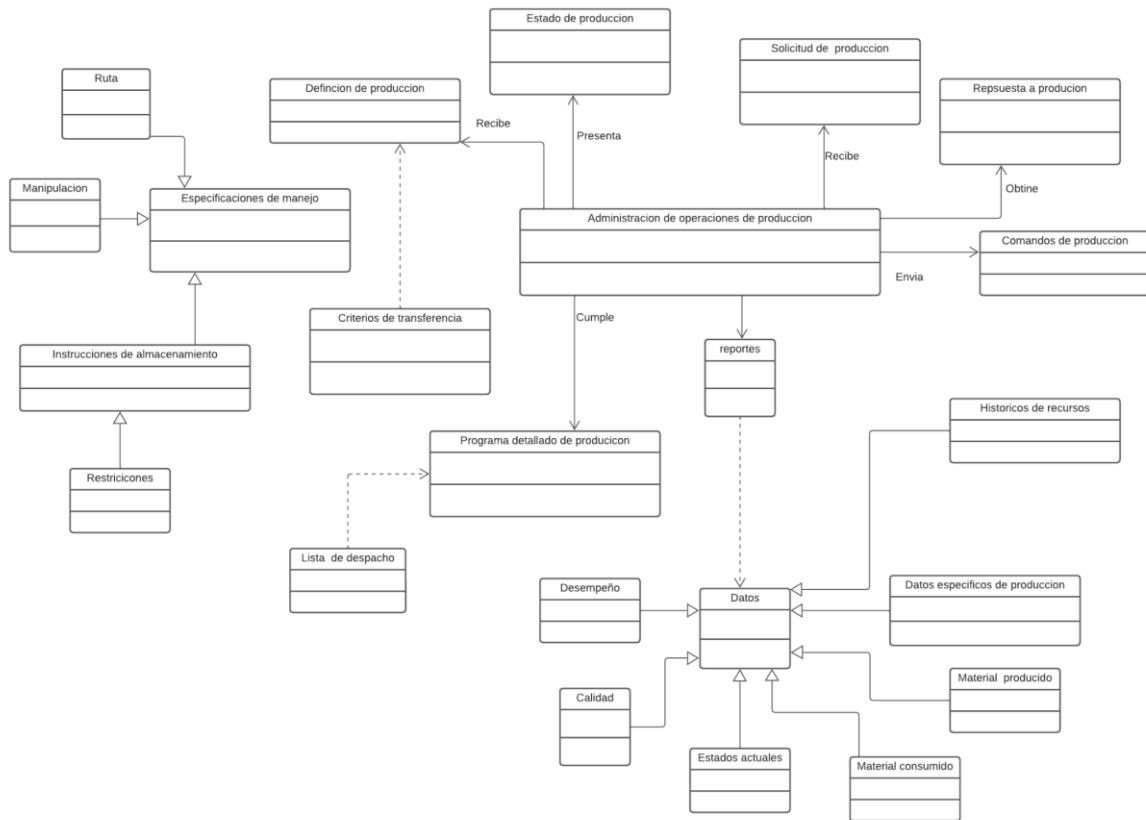
El modelo expuesto en la Figura 43, presenta el diagrama de clases de Administración de Operaciones de Producción, el cual debe cumplir órdenes generadas dentro de sí, las cuales se llevan a cabo gracias a sus diferentes actividades o métodos de ejecución. Estas acciones, permiten el manejo y manipulación de los diferentes recursos que lleva la organización, programa detallado de producción, definición de producción, solicitud de producción, respuestas de producción, así como también datos específicos de producción, los cuales describen los datos que se manejan en producción para dar cumplimiento a sus actividades, entre estos: datos de desempeño, calidad, estados actuales, material consumido, material producido, datos específicos de producción, históricos de recursos. Las actividades de producción intercambian información entre sí, al tener acceso en tiempo real al piso de planta, coordinan los recursos detallados y alojan las actividades principales para realizar la producción, como despacho, seguimiento, visualización, recopilación y análisis de datos.

En donde estos datos son relevantes para llevar a cabo los distintos reportes al área de producción. La definición de la clase Datos, permite abordar la información que ocurre entre cada una de las actividades de producción, esta información puede ser solicitada por las distintas funciones con las que interactúa la producción.

Dentro de las actividades de producción, se reciben las definiciones de inventario, especificaciones de manejo y criterios de transferencia dependen de estas definiciones. Las especificaciones de manejo, indican movimientos de producción, manipulación: que

hace referencia a especificaciones especiales en el manejo de materiales e instrucciones de almacenamiento.

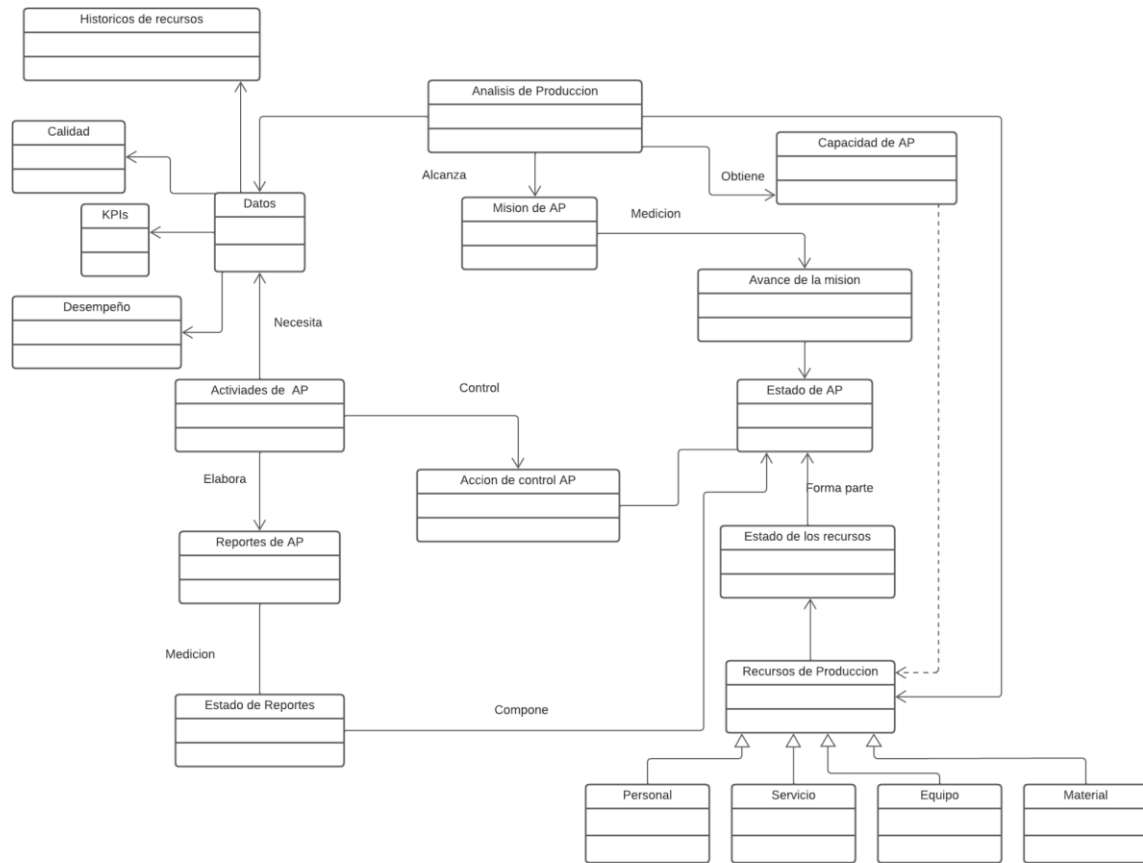
Figura 55 Diagrama de clases de Administración de Operaciones de Producción



Fuente: Propia

Por otro lado la Figura 44, ilustra el diagrama de clases análisis de Administración de Operaciones de Producción, dentro del diagrama se exponen acciones y actividades específicas para el análisis de la producción, desde un nivel de datos el cual comprende, datos de calidad, KPIs, datos de desempeño, históricos de recursos, estos a su vez necesitan conocer las actividades de análisis de producción para la elaboración de reportes. Además, se hace necesario representar la misión que maneja dentro del control de la producción, sus actividades y acciones de control, así como los recursos de producción: personal, servicio, equipo y material, estos son esenciales para conocer el estado de los mismos y posterior medición en la evolución de la misión. Estas acciones son necesarias para representar tal actividad y realizar posibles mejoras.

Figura 56 Diagrama de clases Análisis de Administración de Operaciones de Producción



Fuente: Propia

Para llevar a cabo el diseño de los requisitos y características deseadas, se propone el uso por medio de la metodología de IDEF0, un lenguaje estandarizado, emplea una construcción de modelado bastante simple e intuitiva, que consiste en cuadros que representan funciones, flechas de entrada, salida, control y mecanismo, lo que significan flujo de información y materiales. Por lo cual los modelos son bien estructurados, fáciles de entender, fáciles de modificar y usar, además pueden extenderse a cualquier nivel de detalle, por otro lado, son modelos flexibles, escalables y adaptables a diferentes situaciones y condiciones.

Posteriormente, se exponen los modelos de cada uno de los indicadores de desempeño (KPIs) representados en IDEF0 y el del área de producción, los cuales ilustran sus entradas, controles, recursos y salidas.

En la Figura 45, se representa como es la interacción con todas las áreas relacionadas a la producción, mediante la toma de datos necesarios para su ejecución, como los datos que brinda para dar respuesta y validación a quien corresponda y lo requiera. En este diagrama se encuentran entradas como órdenes de trabajo que provienen de áreas como mantenimiento, inventario, venta y compras, calidad, entre otras; estas áreas solicitan el movimiento de material para realizar la ejecución de una orden, dependiendo del área que lo requiera.

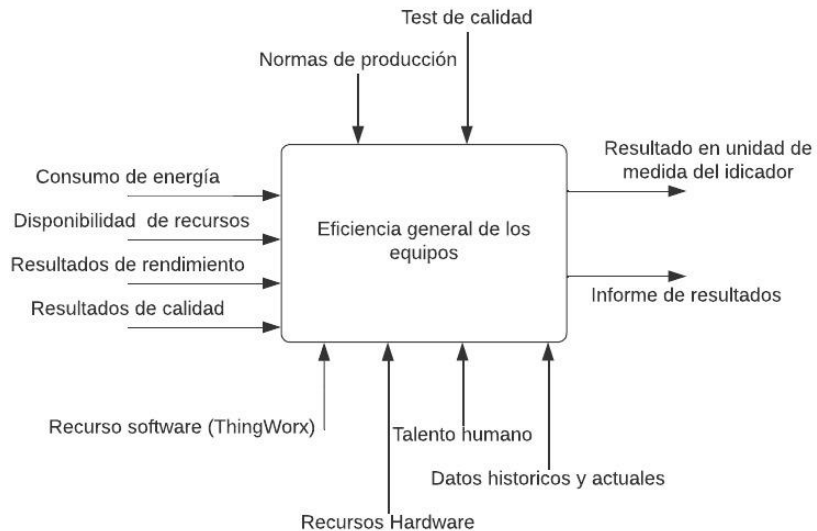
Figura 57 Diagrama IDEF0 de Producción



Fuente: Propia

La figura 46, representa el índice de eficiencia general de los equipos (OEE), este se utiliza para identificar las causas de los desperdicios en un proceso, lo que permite solucionarlos, aumentar la productividad y estabilizar los niveles de eficiencia. Este indicador transforma los flujos de información entrantes como lo son; la disponibilidad de los recursos, los resultados de rendimiento, los resultados de calidad, entre otros, permitiéndole obtener resultados medibles y una valoración de la eficiencia de los equipos a través de informes de resultados, con lo cual aporta beneficios en función de la optimización del proceso de producción.

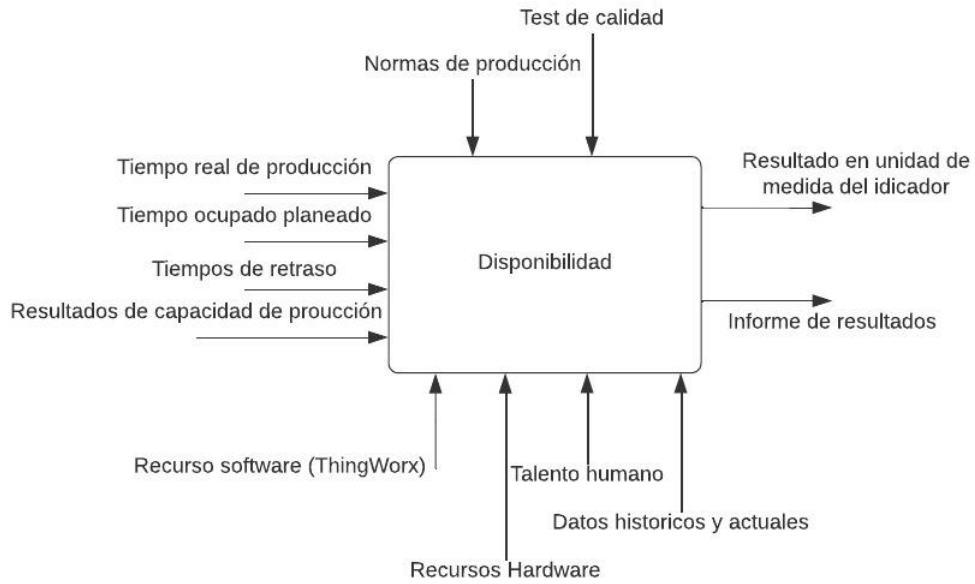
Figura 58 Diagrama IDE0 Índice de eficiencia general de los equipos



Fuente: Propia

En la Figura 47, se muestra el diagrama para el indicador de disponibilidad. Lo que toda empresa busca es que este indicador sea mayor a un noventa por ciento, lo que indicaría que los procesos que se ejecutan en la planta no han venido presentando averías, fallos o accidentes que involucren paradas en la producción. Este indicador transforma la información de entrada como; tiempo real de producción, tiempos de retraso, entre otros y permite generar informes de resultados y una valoración a través de una unidad de medida cuantificable, para su posterior análisis e informe de desempeño.

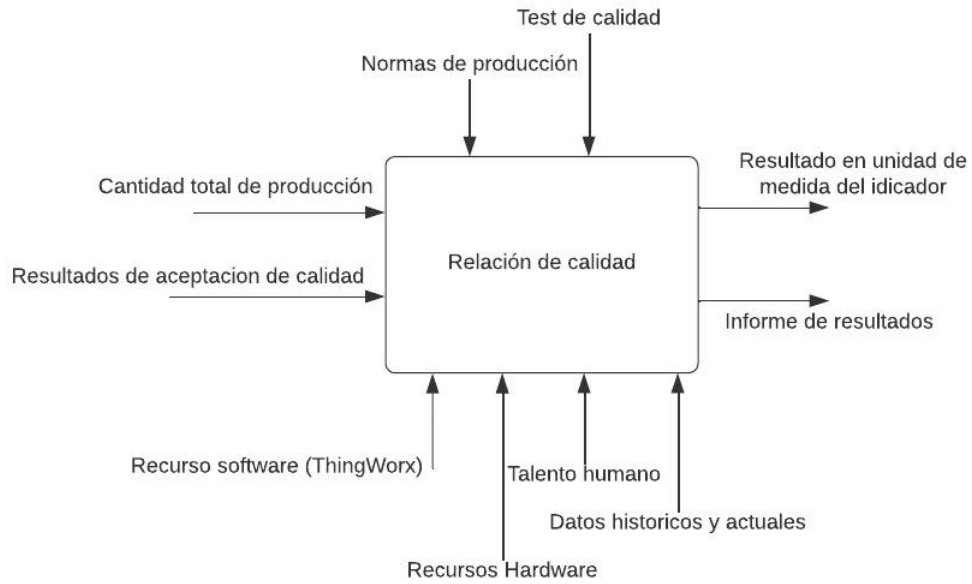
Figura 59 Diagrama IDEF0 Disponibilidad



Fuente: Propia

En la Figura 48, se representa el indicador de relación de calidad el cual permite medir el nivel de cumplimiento de las especificaciones establecidas para una determinada actividad o proceso productivo. Involucra información como la cantidad total de producción y los resultados de aceptación de la calidad para aportar información que se traduce en informes de resultados y una valoración en una unidad de medida cuantificable, para su análisis y seguimiento dentro de los procesos del área de producción.

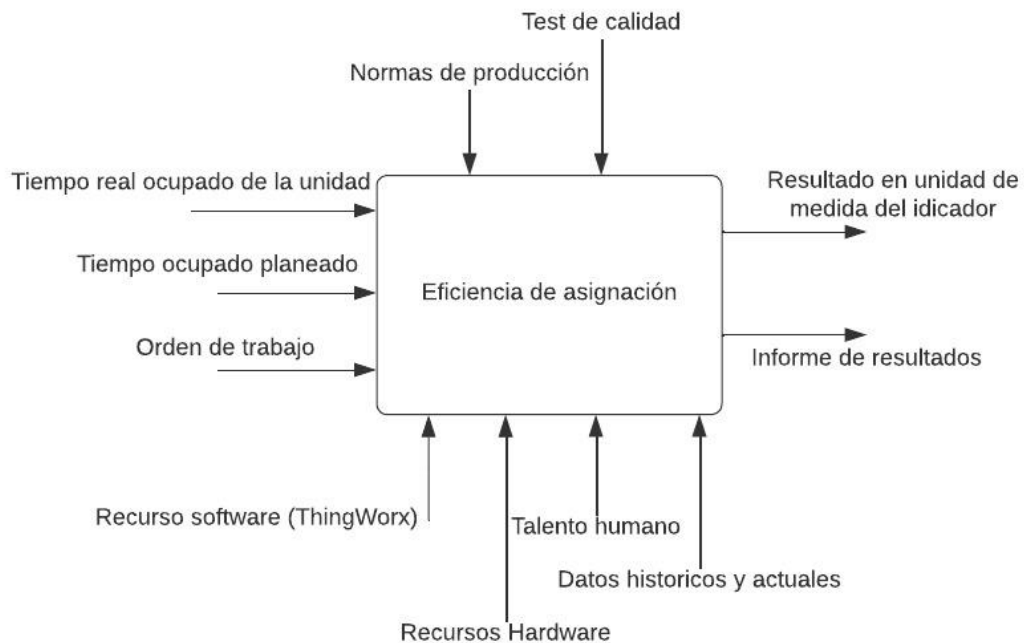
Figura 60 Diagrama IDEF0 Relación de calidad



Fuente: Propia

En la Figura 49, se presenta el diagrama del indicador de eficiencia de asignación, este transforma el flujo de información de entrada a partir de elementos como: el tiempo de ocupación planeado y la orden de trabajo, los cuales generan un resultado cuantificable a partir de un proceso o en este caso el resultado expresado en una unidad de medida, sujeto a unos recursos, reglas o factores externos que deberán tenerse en cuenta.

Figura 61 Diagrama IDEF0 Eficiencia de asignación

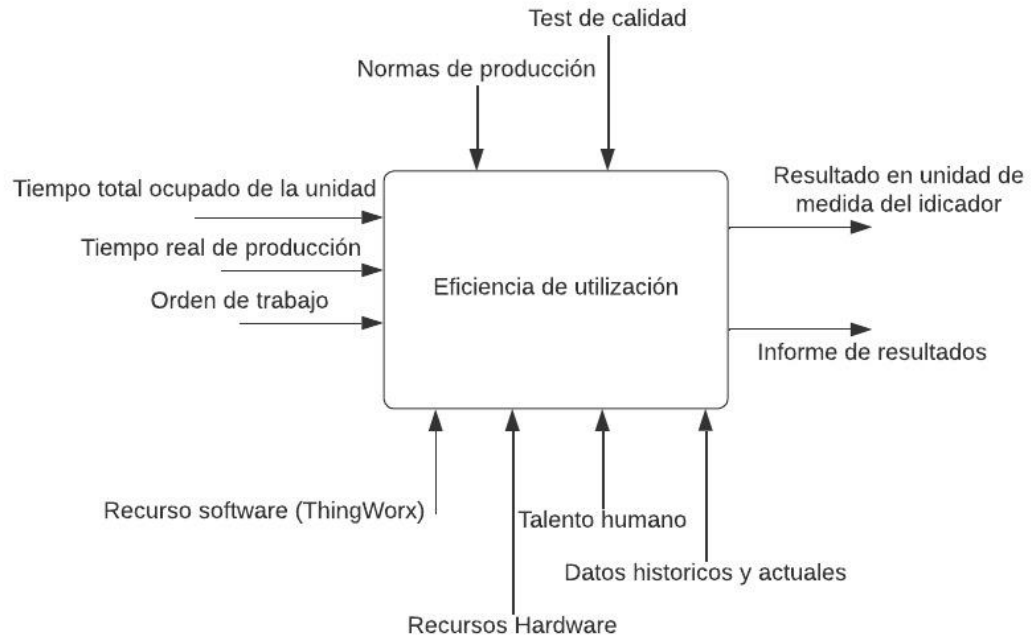


Fuente: Propia

La Figura 50, representa el diagrama para el indicador de eficiencia de utilización, en el cual el flujo de información de entrada refiere elementos o datos, presentes en relación a la utilización de los, equipos, tales como: el tiempo total ocupado de la unidad, el tiempo real de producción y la orden de producción los cuales posteriormente son transformados por una función de salida representados en un valor medible, a partir del cual es posible analizar y evaluar la información, para la toma de decisiones apropiadas.



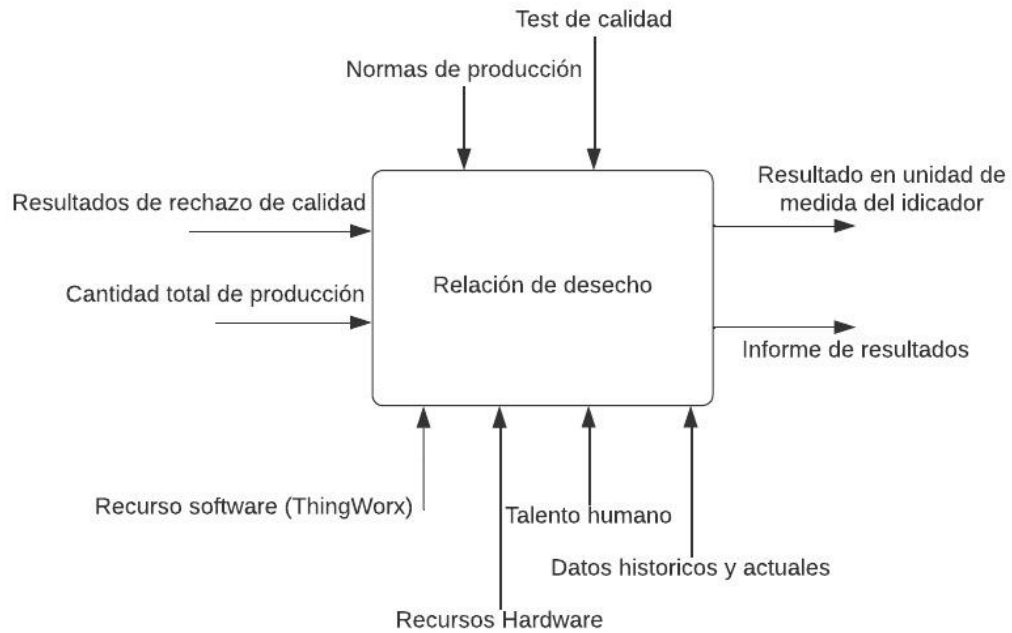
Figura 62 Diagrama IDEF0 Eficiencia de utilización



Fuente: Propia

En la Figura 51, se indica el diagrama para el indicador de relación de desecho, este involucra información como la cantidad total de producción y los resultados de rechazo de la calidad para aportar información que se traduce en informes de resultados y una valoración en una unidad de medida cuantificable, para su análisis y seguimiento dentro de los procesos del área de producción.

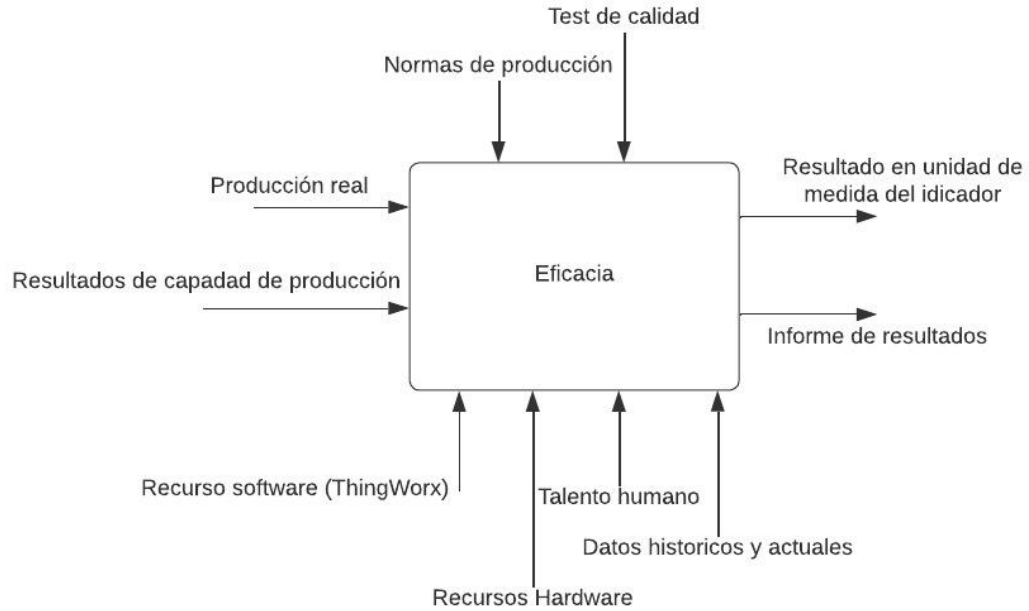
Figura 63 Diagrama IDEF0 Relación de desecho



Fuente: Propia

En la Figura 52, se representa el diagrama para el indicador de eficacia, en el cual el flujo de información de entrada hace referencia a la eficacia de los equipos, tales como: la producción real y los resultados de la capacidad de producción, los cuales posteriormente son transformados por una función de salida representados en un valor cuantificable, a partir del cual es posible analizar y evaluar la información, para la optimización del proceso productivo.

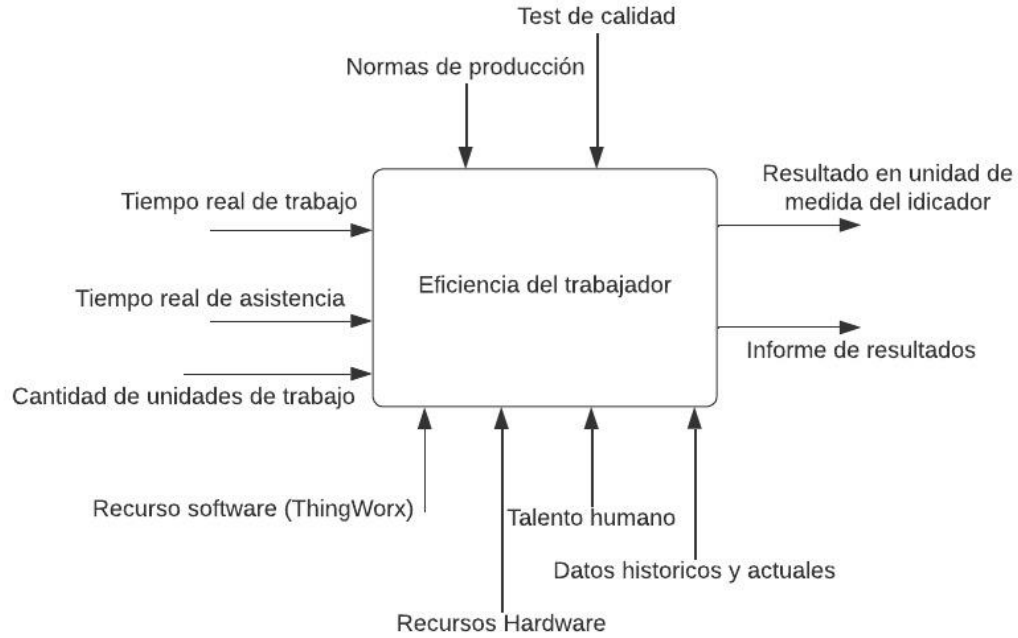
Figura 64 Diagrama IDEF0 Eficacia



Fuente: Propia

En la Figura 53, se representa el diagrama para el indicador de eficiencia del trabajador, el flujo de información de entrada refiere datos, presentes en relación a la productividad laboral, tales como: tiempo real de asistencia, tiempo real de trabajo y la cantidad de unidades de trabajo, los cuales posteriormente son transformados por una función de salida en un valor medible, a partir del cual es posible analizar la información, para la toma de decisiones apropiadas.

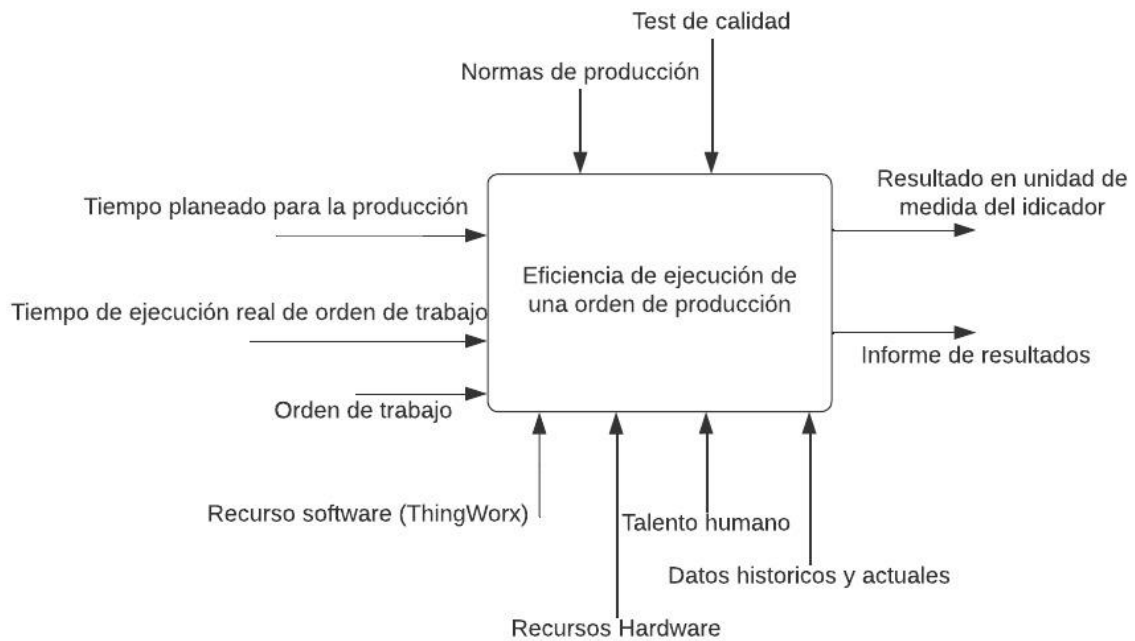
Figura 65 Diagrama IDEF0 Eficiencia del trabajador



Fuente: Propia

La Figura 54, muestra el diagrama para el indicador de eficiencia de ejecución de una orden de producción. Este indicador transforma los flujos de información entrantes como lo son; tiempo planeado para la producción, tiempo de ejecución real de la orden de trabajo, entre otros, permitiéndole obtener resultados medibles y una valoración de la eficiencia de ejecución de la tareas a través de informes de resultados, con lo cual aporta beneficios en función de la optimización del proceso de producción.

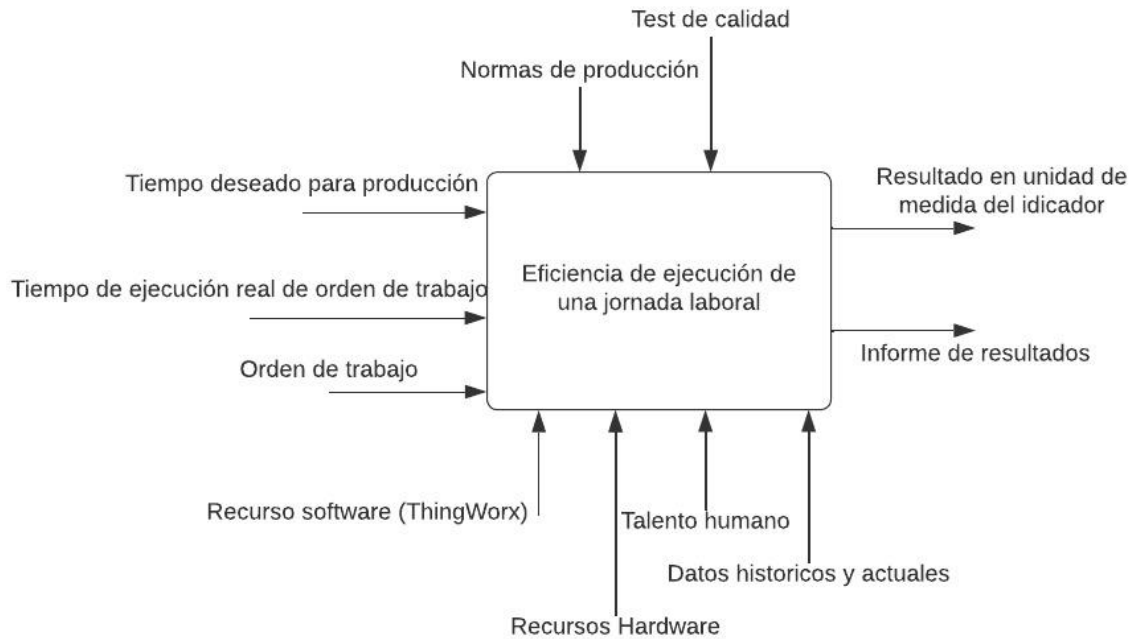
Figura 66 Diagrama IDEF0 Eficiencia de ejecución de una orden de producción



Fuente: Propia

En la Figura 55, ilustra el diagrama para el indicador de eficiencia de ejecución de una jornada laboral, el cual transforma los flujos de información entrantes como lo son; tiempo deseado para la producción, tiempo de ejecución real de la orden de trabajo, entre otros, permitiéndole obtener resultados cuantificables a través de informes de resultados, con lo cual aporta beneficios en función de la optimización del proceso de producción y a la toma de buenas decisiones.

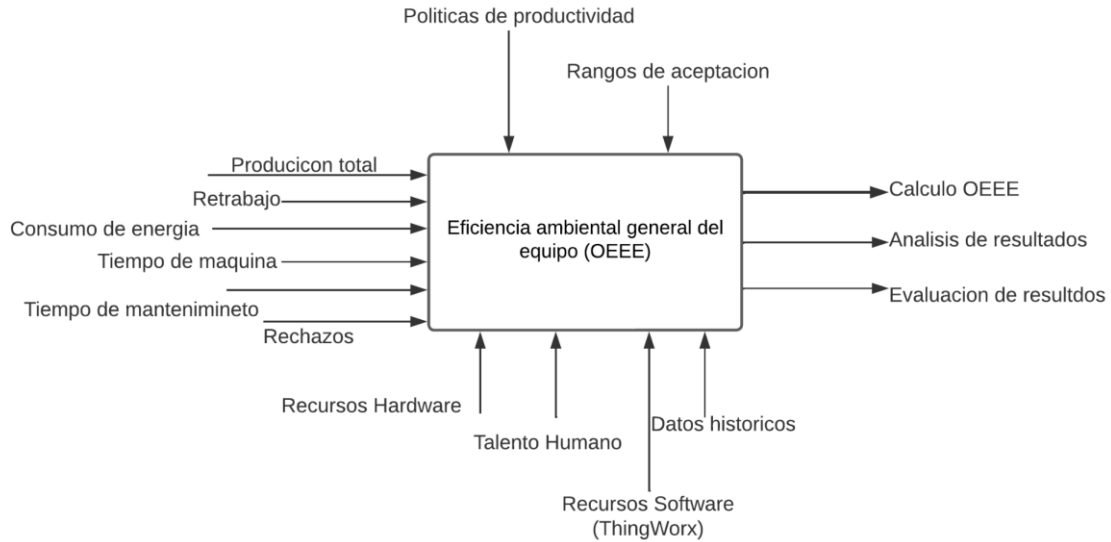
Figura 67 Diagrama IDEF0 Eficiencia de ejecución de una jornada laboral



Fuente: Propia

En la Figura 56, se ilustra el diagrama para el indicador de eficiencia ambiental general del equipo en IDEF0, este representa una actividad medible, cuya función consiste en transformar el conjunto de entradas, en un conjunto de salidas, empleando recursos bajo algunas restricciones o reglas específicas. De manera similar el indicador Eficiencia ambiental general del equipo, transforma el flujo de información de entrada a partir de elementos como: consumo de energía, tiempos de mantenimiento, total de la producción, y demás, los cuales generan un resultado cuantificable a partir de un proceso o en este caso el cálculo del OEEE, sujeto a unos recursos, reglas o factores externos que deban tenerse en cuenta.

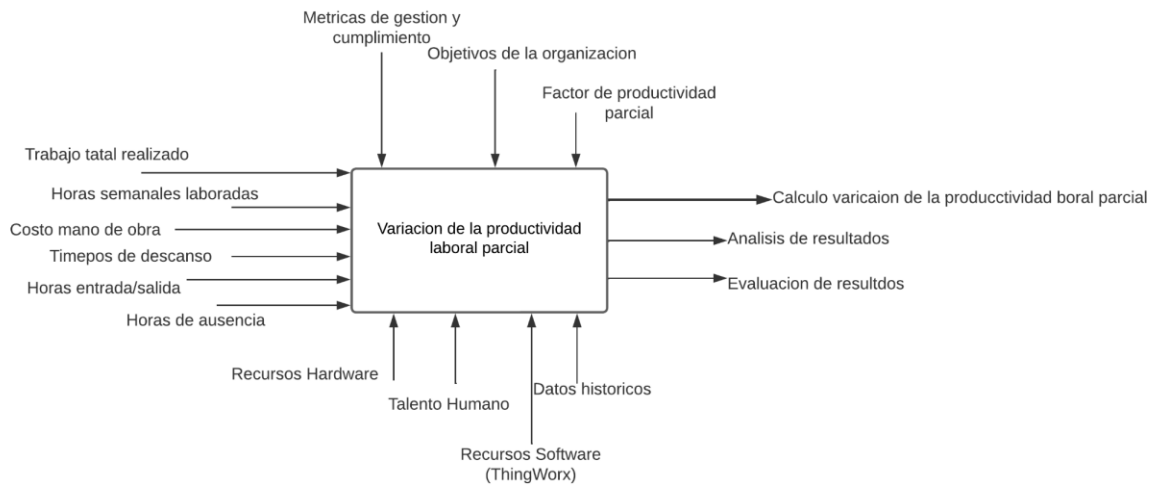
Figura 68 Diagrama IDEF0 Eficiencia ambiental general del equipo



Fuente: Propia

La Figura 57, ilustra el diagrama para el indicador de variación de la productividad laboral parcial, el flujo de información de entrada refiere elementos o datos, presentes en relación a la productividad laboral, tales como: horas semanales laboradas, trabajo total realizado, costo mano de obra, etc, los cuales posteriormente son transformados por una función de salida, como el cálculo de la variación de la productividad laboral, en un valor medible, a partir del cual es posible analizar y evaluar la información, para la toma de decisiones apropiadas.

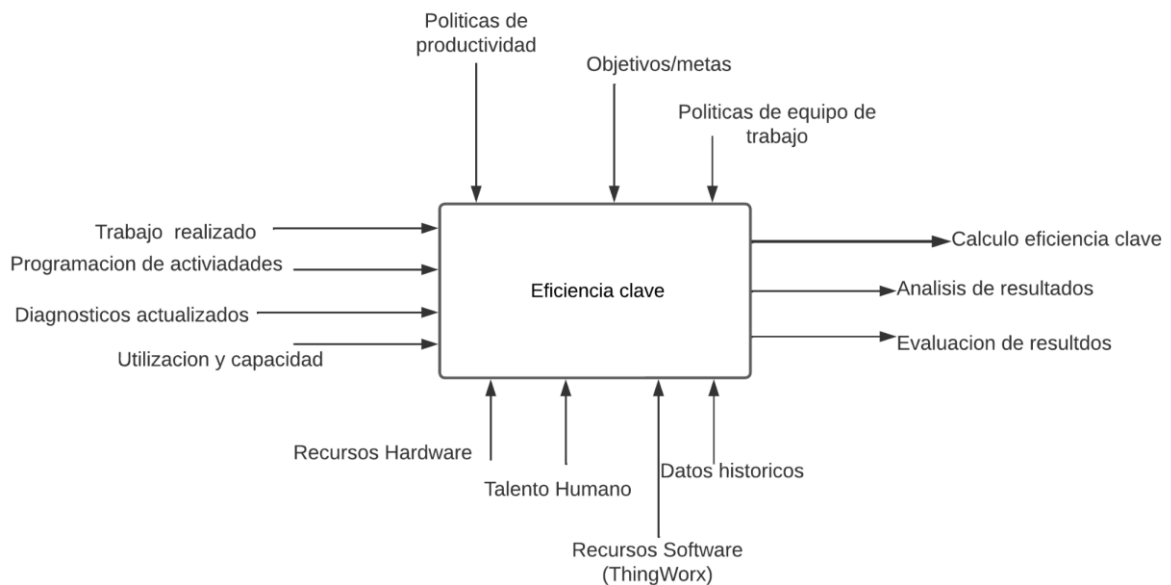
Figura 69 Diagrama IDEF0 Variación de la productividad laboral parcial



Fuente: Propia

La Figura 58, representa el diagrama para el indicador de eficiencia clave, en donde se puede identificar una serie de entradas, originando una salida principal “cálculo de la eficiencia clave”, salidas secundarias como el análisis y evaluación de los resultados producidos. En efecto, el producto esperado, dará a conocer el grado en que se cumplieron los objetivos previstos.

Figura 70 Diagrama IDEF0 Eficiencia clave

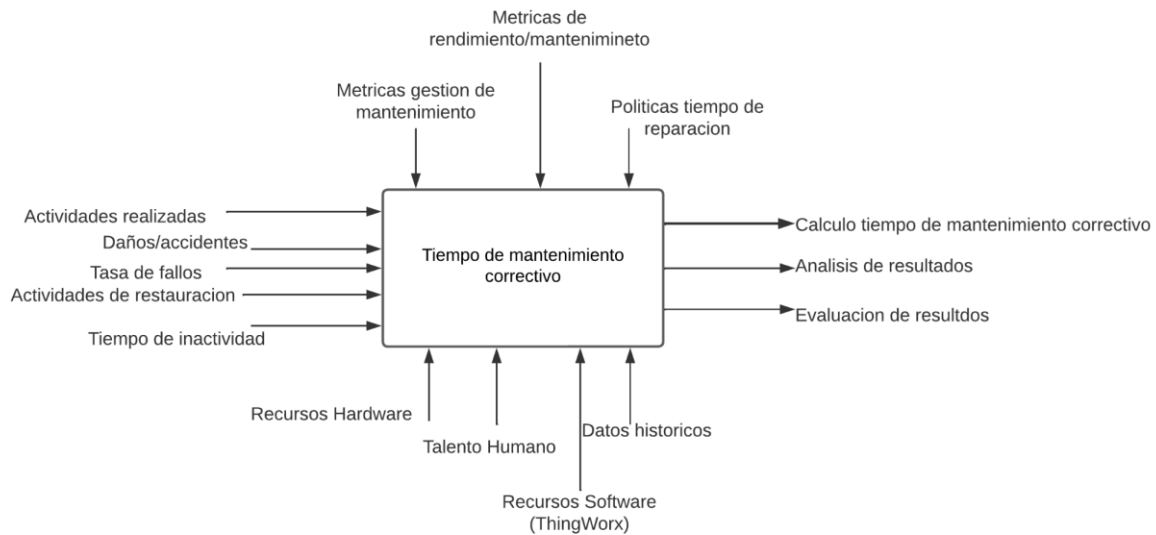




Fuente: Propia

En la Figura 59, se ilustra el diagrama para el indicador de tiempo de mantenimiento correctivo, como una función, la cual recibe el conjunto de entradas descritas, como: actividades realizadas, daños o accidentes, tasa de fallos, actividades de restauración, tiempo de inactividad y demás información requerida que se ajuste a las características deseadas del modelo. A fin de obtener una proporción, que indique un valor tangible sobre el tiempo de mantenimiento correctivo efectuado, a partir del cual es posible comprobar la productividad del equipo y establecer estrategias de optimización.

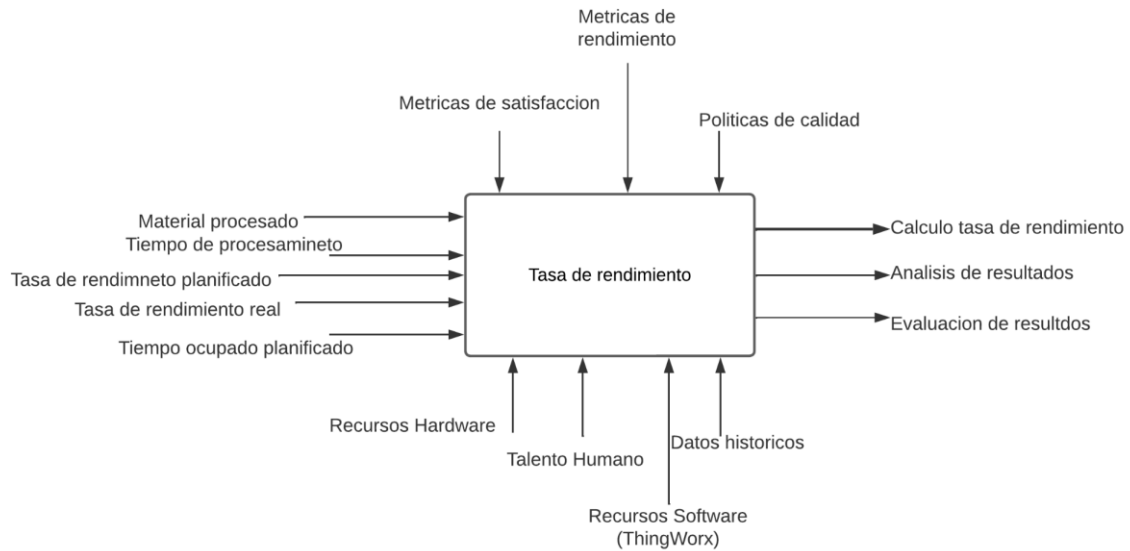
Figura 71 Diagrama IDEF0 Tiempo de mantenimiento correctivo



Fuente: Propia

La Figura 60, representa el diagrama del indicador de tasa de rendimiento, pese a que puede abarcar una amplia variedad de información de entrada, principalmente se centra en actividades relacionadas a los procesos internos, los cuales tienen relación directa con el tiempo de procesamiento, factores importantes como, tasa de rendimiento real y planificado, información que posteriormente es procesada y que conduce a obtener una medición en relación a cómo se está desempeñando la tasa de rendimiento, asociada a dicho proceso.

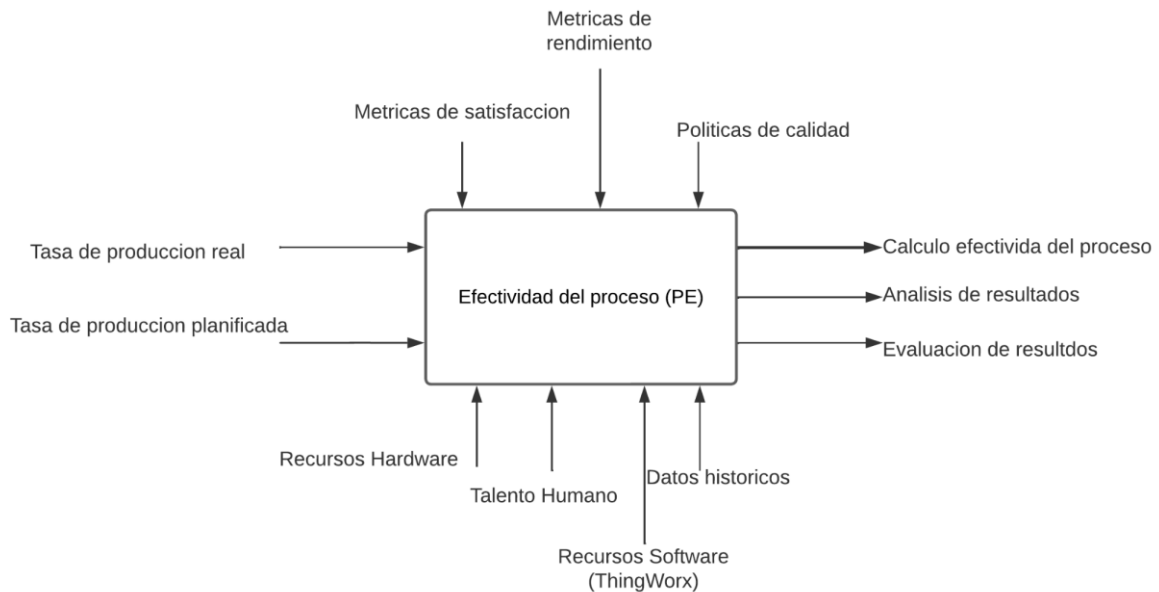
Figura 72 Diagrama IDEF0 Tasa de rendimiento



Fuente: Propia

La Figura 61, ilustra el diagrama para el indicador de efectividad del proceso, el cual a través de una salida central, en este caso denominada como, "calculo efectividad del proceso" permite conocer el grado en que se han conseguido los resultados esperados, a partir de una información determinada de llegada.

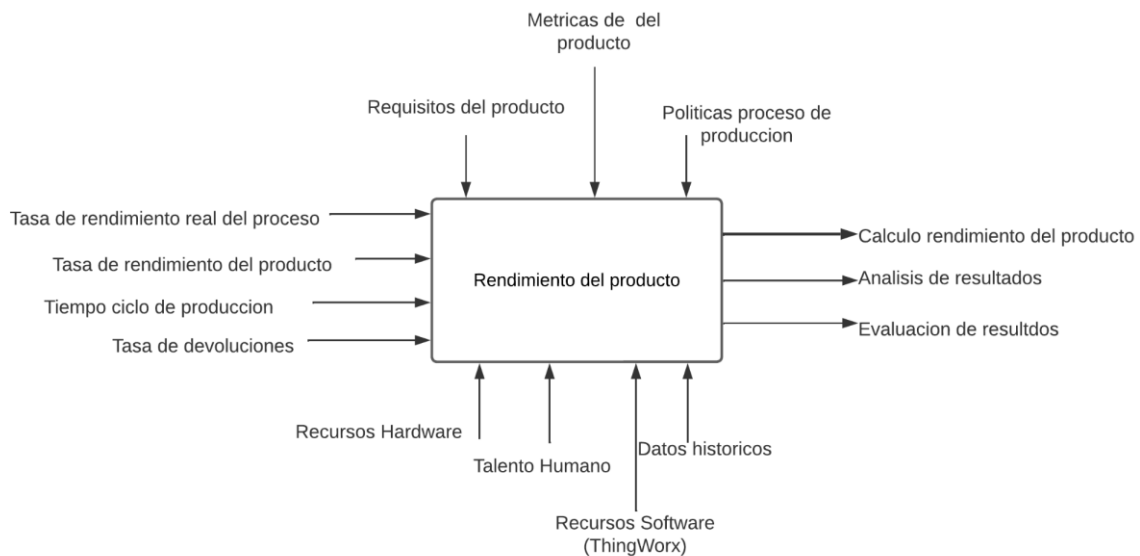
Figura 73 Diagrama IDEF0 Efectividad del proceso



Fuente: Propia

La Figura 62, ilustra el diagrama para el indicador de rendimiento del producto, que por medio de un conjunto de información correspondiente, supone actividades, decisiones y acciones del proceso, equivalentes a una medida cuantificable para ser analizada y evaluada. Estimar el rendimiento del producto permitirá orientar el diseño de nuevos productos, así, los productos que se venden menos pueden dejar de fabricarse o modificarse, y evitar cometer los mismos errores al diseñar nuevos productos.

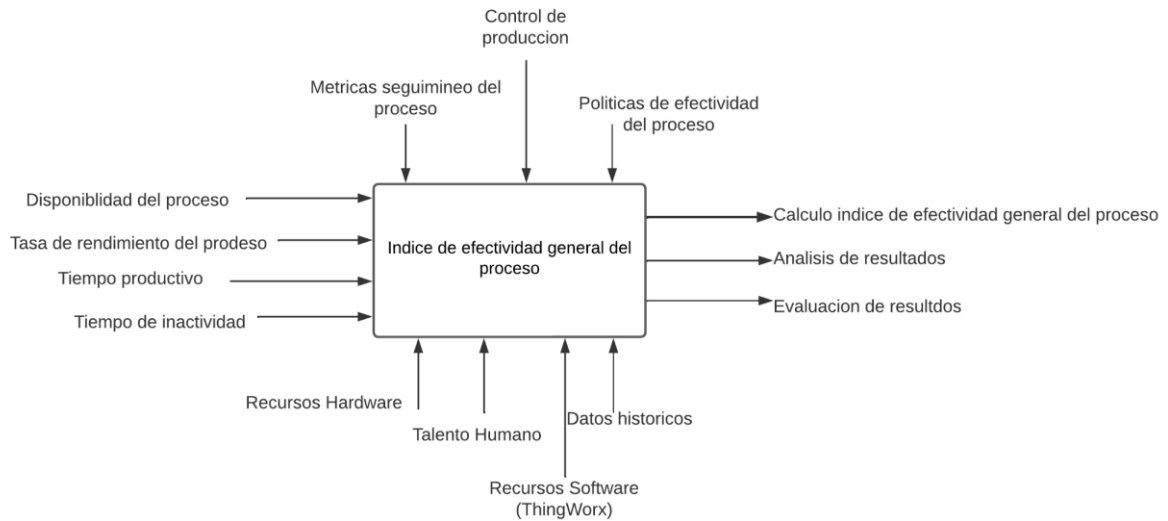
Figura 74 Diagrama IDEF0 Rendimiento del producto



Fuente: Propia

En la Figura 63, se ilustra el diagrama para el indicador de índice de efectividad del proceso, permite conocer el estado de dicha actividad, medir características específicas y observables con el fin de mostrar los cambios y progreso que se está llevando a cabo. Es decir, se analiza si se alcanzaron los objetivos propuestos, en otras palabras, se puede traducir como el equilibrio entre un grado de eficiencia y eficacia, consiguiendo llevar a cabo el máximo trabajo propuesto para dicho proceso.

Figura 75 Diagrama IDEF0 Índice de efectividad general del proceso



Fuente: Propia

## Anexo F

### Modelado Dinámico de Producción

Las notaciones gráficas se utilizan a menudo para mejorar la comunicación textual o verbal, brindando a las partes interesadas la posibilidad de ver realmente el tema de la discusión. Esto es particularmente cierto dentro de organizaciones complejas, en las que se pueden usar notaciones gráficas para representar Procesos de Negocio (BP) y, por lo tanto, visualizar y razonar sobre las prácticas de trabajo [1].

Un proceso comercial (BP) es un conjunto de uno o más procedimientos o actividades vinculados que se ejecutan siguiendo un orden predefinido, normalmente dentro del contexto de una estructura organizacional que define roles o relaciones funcionales. La gestión de procesos empresariales (BPM) proporciona control del entorno de proceso de una empresa para mejorar la agilidad y el rendimiento operativo. El modelo de procesos de Negocio, en cambio, se define como el periodo de tiempo en que las descripciones manuales y/o automatizadas de un proceso se definen y/o modifican electrónicamente [2].

El objetivo principal de la Notación de Modelado de Procesos de Negocio (BPMN) es proporcionar una notación que sea fácilmente comprensible para los usuarios comerciales. BPMN fue publicado originalmente en 2004 por Business Process Modeling Initiative como una notación gráfica, para representar el diseño gráfico de los procesos comerciales. El número cada vez mayor de adopciones por parte de las empresas y el creciente interés en esta notación provocaron la adopción de BPMN como estándar OMG

en 2006 [1]. BPMN proporciona una notación gráfica para representar un proceso de negocio, y tiene cuatro categorías de elementos gráficos para construir diagramas: Objetos de flujo, Objetos de conexión, Carriles y Artefactos. Los Objetos de Flujo representan todas las acciones que pueden ocurrir dentro de un proceso de negocio determinando su comportamiento. Se componen de eventos, actividades y puertas de enlace. La conexión de objetos proporciona tres formas diferentes de conectar varios objetos entre sí: flujo de secuencia, flujo de mensajes y asociación. Los Carriles brindan la capacidad de agrupar los elementos de modelado primarios. Los carriles tienen dos elementos a través de los cuales los modeladores pueden agrupar otros elementos: piscinas y carriles. Finalmente, los artefactos se utilizan para proporcionar información adicional sobre el proceso que no afecta el flujo. Ellos son: Objeto de Datos, Grupo y Anotación. A continuación, se describen algunos de sus elementos.

**Objetos de Flujo:** Son los elementos principales descritos dentro de BPMN y consta de tres elementos principales: Eventos, Actividades y Puertas de enlace o Compuertas, de modo que los modeladores no tienen que aprender y reconocer una gran cantidad de formas diferentes. Los tres objetos de flujo son:

**Eventos:** Están representados gráficamente por un círculo y describen algo que sucede. Estos afectan el flujo del proceso y generalmente son creados por una causa. Los eventos son círculos con centros abiertos para permitir que los marcadores internos diferencien diferentes factores desencadenantes o resultados. Hay tres tipos de eventos:

- **Evento Inicial:** Actúa como un disparador de un proceso. Se representa gráficamente por un círculo de línea delgada relleno de color verde.
- **Evento Final:** Indica el final de un proceso. Está representado gráficamente por un círculo de línea gruesa relleno del color rojo.
- **Evento Intermedio:** Indica que algo sucede entre el evento inicial y el evento final. Está representado gráficamente por un círculo de doble línea simple relleno de color naranja.

**Actividades:** Se representan por un rectángulo de vértices redondeados y describe el tipo de trabajo que será realizado.

**Tarea:** Una tarea representa una sola unidad de trabajo que no es o no se puede dividir a un mayor nivel de detalle de procesos de negocio sin diagramación de los pasos de un procedimiento.

**Subproceso:** Se utiliza para ocultar o mostrar otros niveles de detalle de procesos de negocio. Cuando se minimiza un subproceso, se indica con un signo más contra de la línea inferior del rectángulo, cuando se expande el rectángulo redondeado permite mostrar todos los objetos de flujo, los objetos de conexión, y artefactos. Tiene, de forma autocontenida, sus propios eventos de inicio y fin; y los flujos de proceso del proceso padre no deben cruzar la frontera.

Transacción: Es una forma de subproceso en la cual todas las actividades contenidas deben ser tratadas como un todo. Las transacciones se diferencian de los subprocesos expandidos por estar rodeado por un borde de doble línea.

Compuertas (Control de Flujo).

Se representan por una figura romboidal y determinan si se bifurcan o se combinan las rutas dependiendo de las condiciones expresadas.

Objetos de conexión: Los objetos de conexión permitirán conectar cada uno de los objetos de flujo. Se encuentran tres tipos:

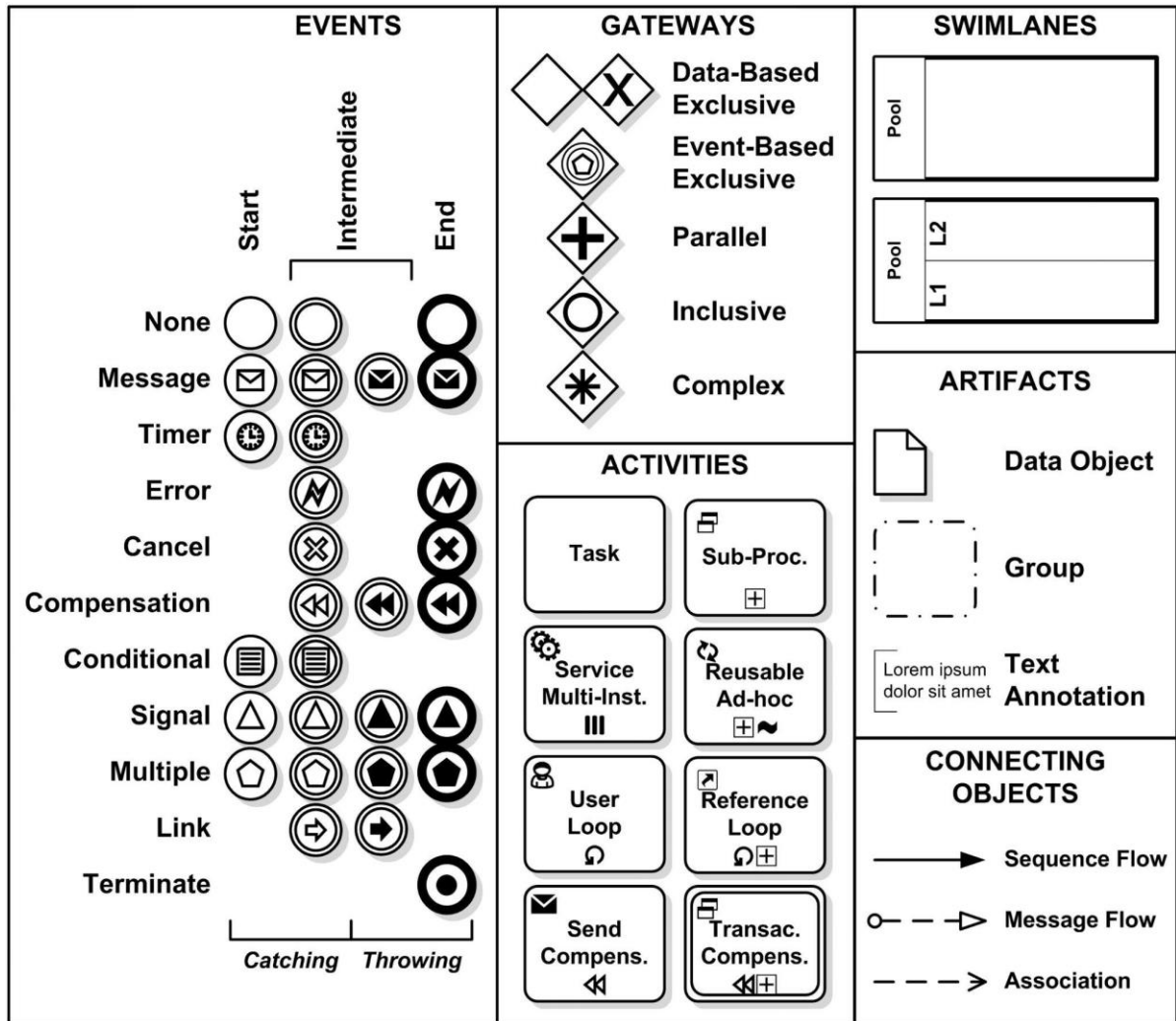
- Flujo de Secuencia: Está representado por línea simple continua y flechada; y muestra el orden en que las actividades se llevarán a cabo.
- Flujo de Mensaje: Está representado por una línea discontinua con un círculo no relleno al inicio y una punta de flecha no rellena al final. Esto nos dice, que el flujo de mensaje atraviesa la frontera organizativa, no podrá ser utilizado para conectar actividades o eventos.
- Asociaciones: Se representan por una línea de puntos. Se suele usar para conectar artefactos o un texto a un objeto de flujo y puede indicar muchas direccionalidades usando una punta de flecha no rellena (hacia el artefacto para representar a un resultado, desde el artefacto para representar una entrada, y los dos para indicar que se lee y se actualiza).

Carriles de Nado: Estos son un mecanismo visual de actividades organizadas y categorizadas, basados en organigramas funcionales cruzados, consta de dos tipos:

- Piscina: Representa a los participantes principales de un proceso, separados por las diferentes organizaciones. Esta podrá contener uno o más carriles.
- Carril: Usado para organizar y categorizar las actividades dentro de una piscina de acuerdo con su función o rol, se representa como un rectángulo estrecho de ancho o de alto de la piscina. Un carril contiene objetos de flujo, objetos de conexión y artefactos
- Artefactos: Los Artefactos permiten que los desarrolladores lleven algo más de información en cada uno de los modelos desarrollados. De esta manera se hace más legible su lectura e interpretación.

La Figura 64, muestra un resumen de la mayoría de elementos de BPMN.

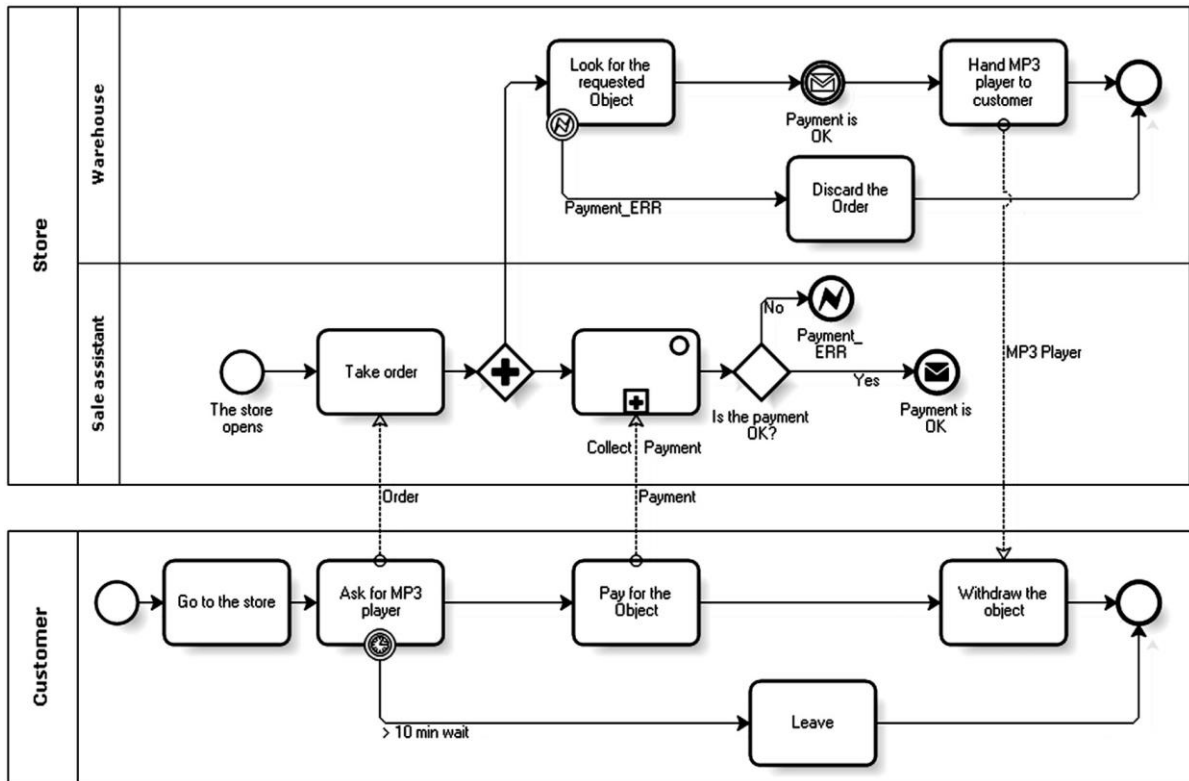
Figura 76 Elementos de BPMN



Fuente: Tomado de BPMN: Una introducción al estándar

La Figura 65, muestra un ejemplo simple de proceso de colaboración.

Figura 77 Proceso de colaboración



Fuente: Tomado de BPMN: Una introducción al estándar

El modelado dinámico permite la identificación y representación de aspectos en un proceso relacionados con el tiempo y el control del sistema. Mediante un modelo dinámico, es posible observar el comportamiento del sistema como respuesta a estímulos externos e internos, logrando estructurar y organizar actividades relacionadas de forma integrada en el alcance de los objetivos.

Para el desarrollo del presente trabajo, se decide realizar el diseño bajo la notación de BPMN, debido a que, se trata de un estándar que ha sido adoptado por la mayoría de las suites BPM y modeladores de procesos de negocio.

A continuación, se presentan algunos de los resultados obtenidos en el modelado dinámico de las funciones de Producción.

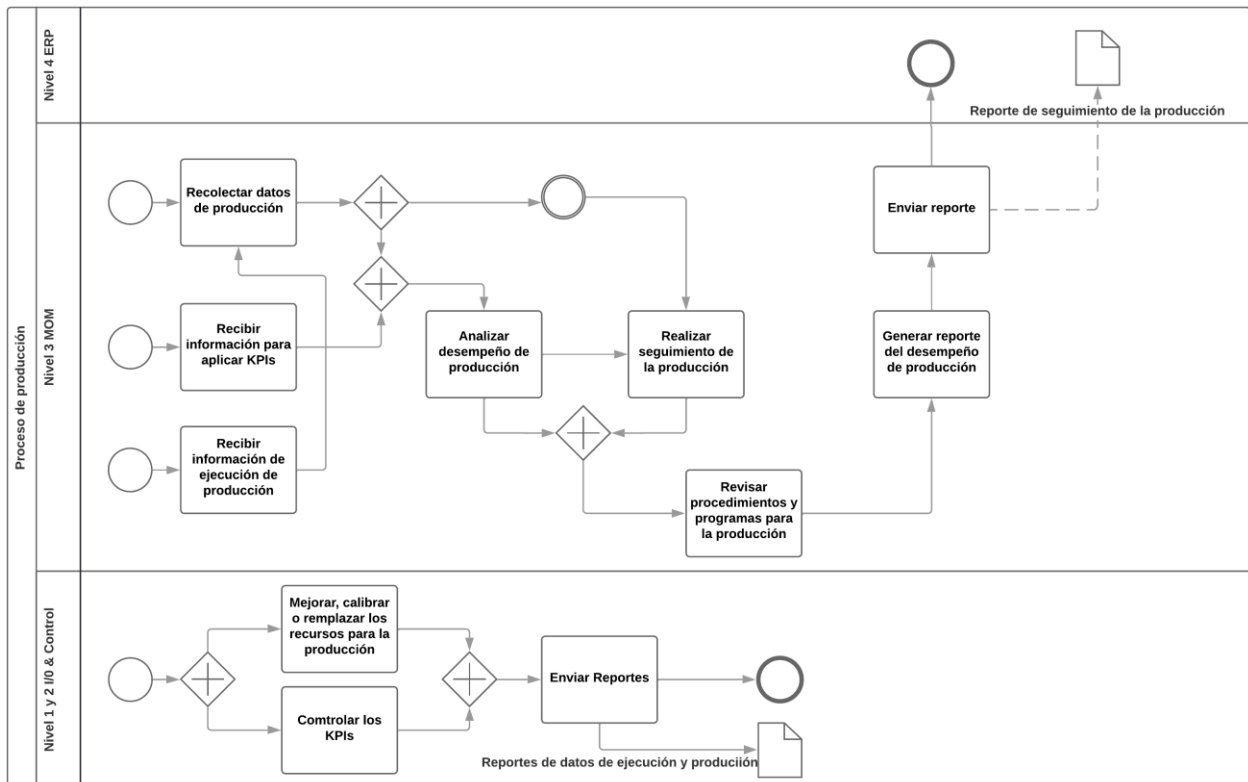
Se debe tener en cuenta que para el desarrollo de los modelos no se consideró un caso de estudio en particular, sino que fueron realizados de forma genérica. No se define si los recursos utilizados para el desarrollo de las tareas dentro de los BPMN son software, hardware, personal u otro, por esto en cada una de las tareas; a excepción de aquellas que implican la llegada o envío de mensajes de manera digital realizadas automáticamente, sin que esto implique la restricción de tareas manuales.



## Diagrama BPMN KPIs en el Modelo de Administración de Operaciones de Producción

A continuación, se presenta el diagrama para el uso y selección de KPIs en el modelo de administración de operaciones, este se realiza de manera general en el que se acoplan los flujos de información entrelazados en las diferentes áreas en las operaciones de producción, llevando datos relevantes para que se optimice el proceso productivo y se emplee para planeaciones futuras o acciones pertinentes en caso de que se requieran.

Figura 78 KPIs en el Modelo de Administración de Operaciones de Producción



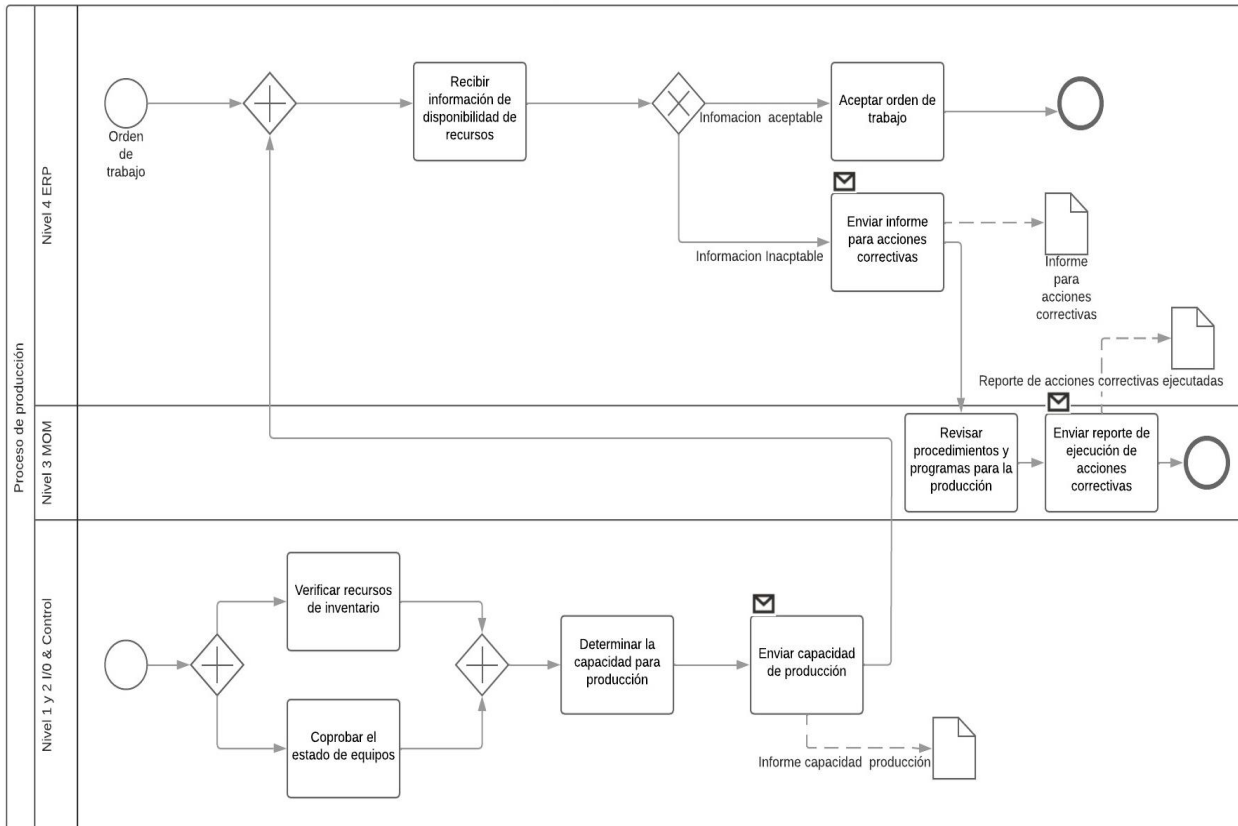
Fuente: Elaboración propia

## Diagrama BPMN Control de la Capacidad de recursos de producción

Una actividad que se ejecuta constantemente es el reporte de informe relacionado con el estado de los recursos, se reporta de forma programada o por una petición de información. También se debe informar sobre los datos de existencias y hacer reportes sobre: datos locales de existencias, movimientos de material, y actualizaciones sobre el material en existencia. Se realiza una revisión de recursos (Disponibilidad de personal, materiales y energía) y se crea una lista de faltantes, la cual sirve de apoyo en el momento de solicitar nuevos recursos al área de compras. Una de las tareas de esta función es generar solicitudes para la compra de material, basadas en requerimientos sean a largo

o corto plazo, para ello, primero se recogen estas exigencias y se envía la orden de expedición. Una vez se termina la etapa se recibe el material.

Figura 79 Control de la capacidad de recursos de producción



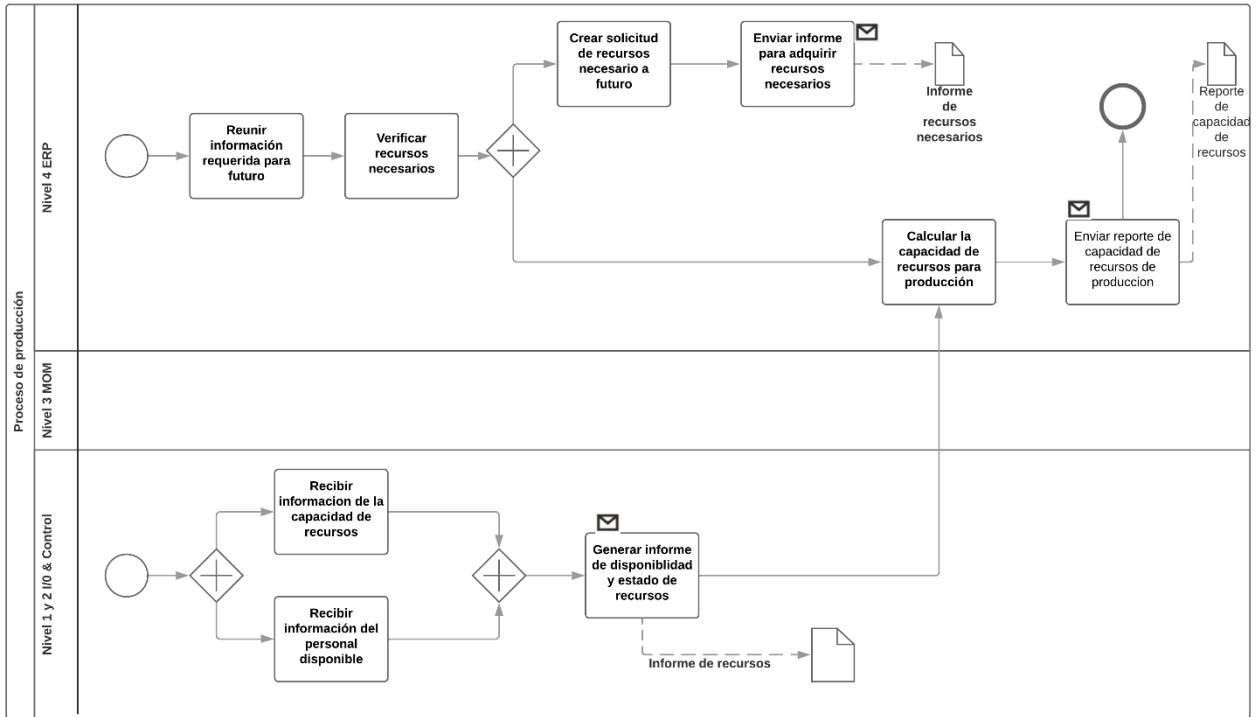
Fuente: Elaboración propia

### Diagrama BPMN Administración de recursos de producción

La administración de recursos de producción define el conjunto de actividades que administra la información sobre los recursos necesarios para las operaciones de producción y las relaciones entre los recursos.

Los recursos están dados por máquinas, herramientas, mano de obra (con conjunto de habilidades específicas), materiales y energía, tal como se puede encontrar expresado a su vez en los modelos objetos proporcionados en el estándar ANSI/ISA 95.00.01. El control directo de estos recursos para cumplir con los requerimientos de producción se realiza en otras actividades, tales como despacho de la producción y administración de ejecución de la producción.

Figura 80 Administración de recursos de producción



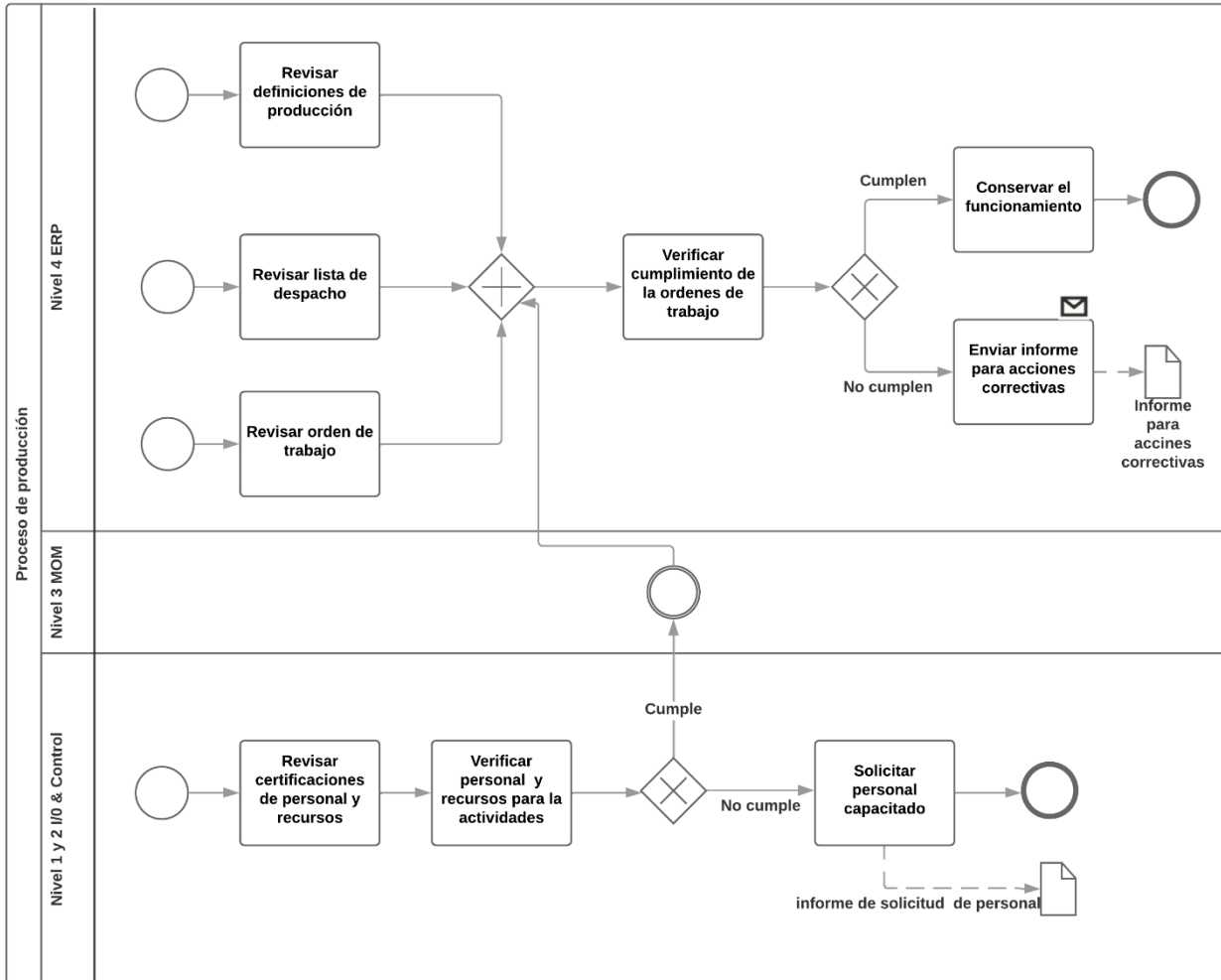
Fuente: Elaboración propia

### Diagrama BPMN Administración de ejecución de la producción

La Administración de Ejecución de la producción se define como el conjunto de actividades que valida la realización de los diferentes trabajos dentro del área de producción, validando que se realicen a cabalidad y sin ningún inconveniente.

Todo movimiento es documentado e informado a la parte de control de las diferentes áreas involucradas para conocer el progreso de las órdenes. Si se cumple con la calidad de la producción, se manda una confirmación favorable; pero si no cumple con la calidad, es necesario informar el problema para que se puedan tomar las medidas necesarias que involucran procesos de otras áreas.

Figura 81 Administración de ejecución de la producción



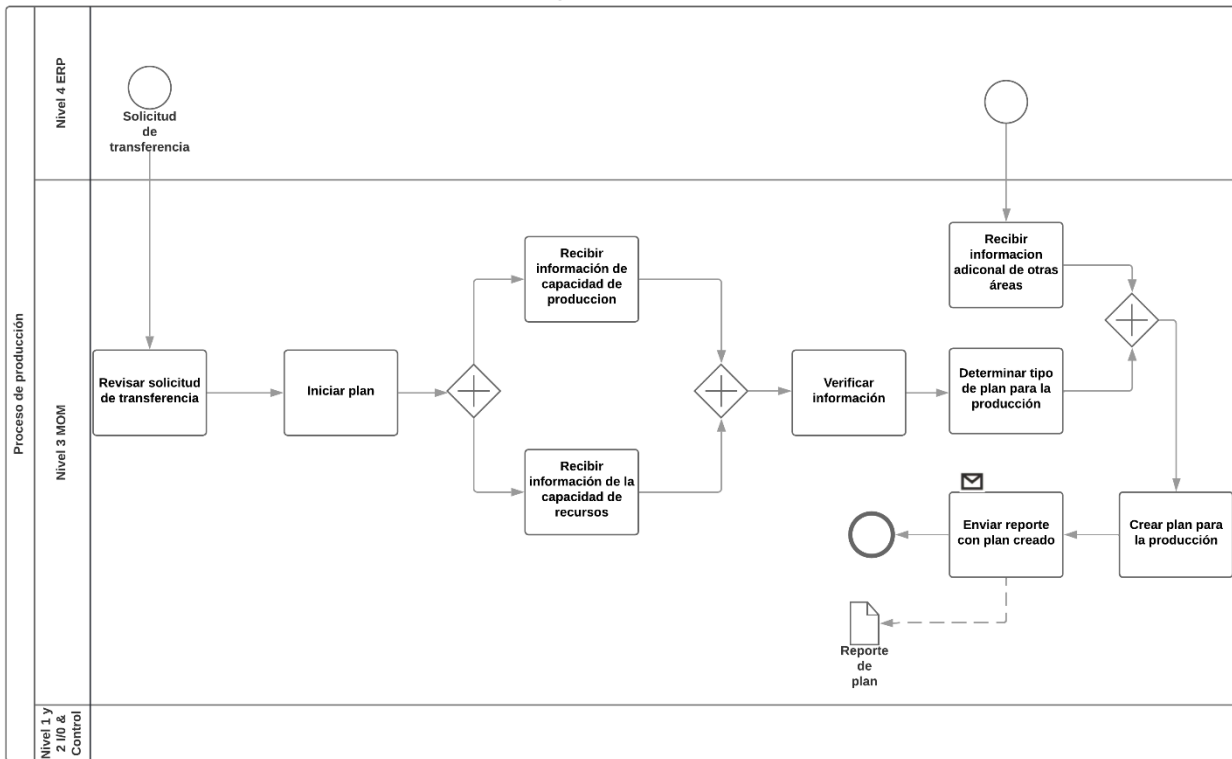
Fuente: Elaboración propia

### Diagrama BPMN Programación detallada de la producción

En este caso la programación detallada de la producción establece un conjunto de actividades que toman el programa de producción y determinan el uso óptimo de los recursos locales para cumplir con los requisitos del programa de producción.

Este puede incluir ordenar las solicitudes para una configuración, limpieza o mantenimiento mínimo de algún equipo que así lo requiera, también puede fusionar las actividades para un uso óptimo del equipo y dividir las solicitudes cuando sea necesario debido al tamaño de los lotes o las tareas de producción limitadas. La programación detallada de la producción tiene en cuenta las situaciones locales y la disponibilidad de recursos.

Figura 82 Programación detallada de la producción



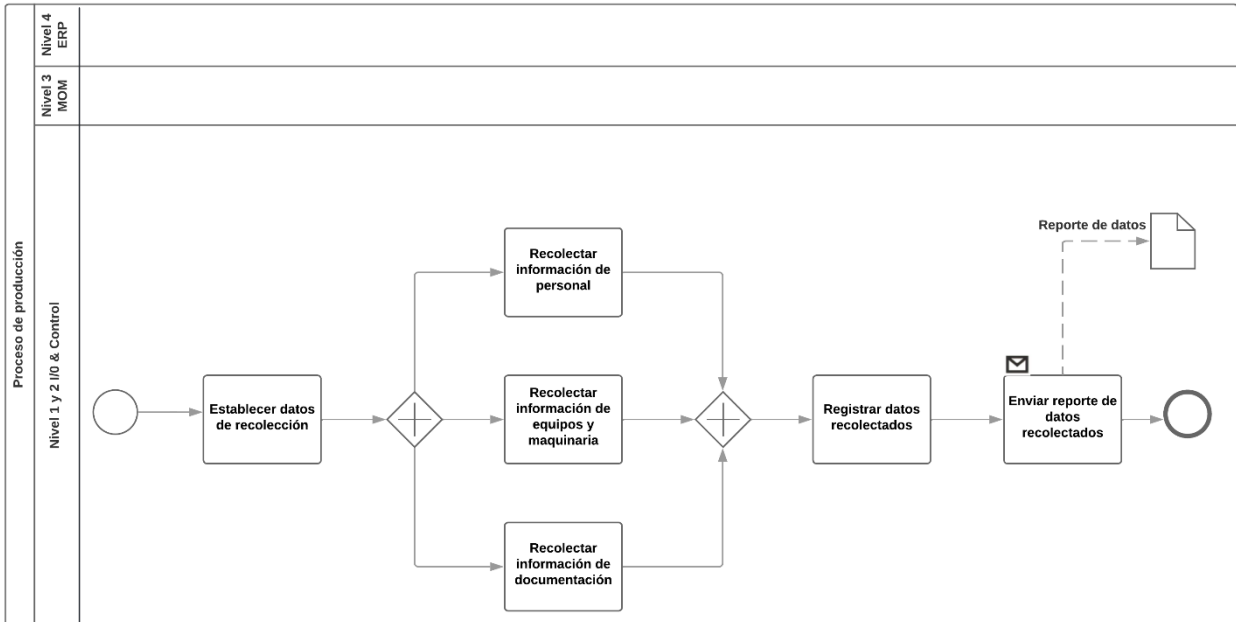
Fuente: Elaboración propia

### Diagrama BPMN Recolección de datos de producción

La recolección de datos se basa inherentemente en el tiempo o en eventos, y se agregan datos de tiempo o eventos para dar contexto a la información recopilada.

Además esta área define cómo se debe hacer la recopilación de actividades que recopilan, compilan y administran datos de producción para procesos de trabajo específicos o solicitudes de producción específicas. Los sistemas de control de fabricación generalmente manejan información de procesos como cantidades (peso, unidad, etc.) y propiedades asociadas (velocidad, temperatura, etc.) y con información de equipos como estados de controladores, sensores y actuadores, es por tal razón que es indispensable recopilar la información en el proceso productivo.

Figura 83 Recolección de datos de producción



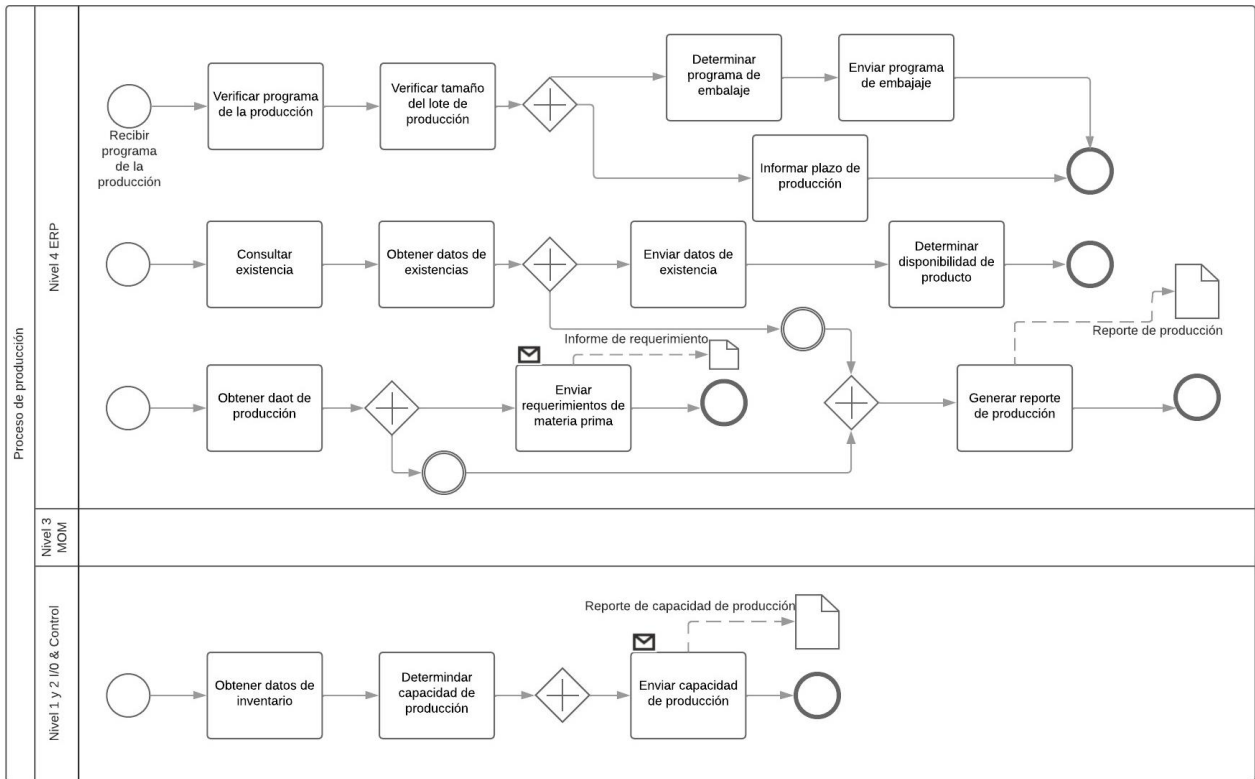
Fuente: Elaboración propia

### Diagrama BPMN Programa de la producción

Una de las áreas dentro de una empresa manufacturera con la que producción guarda más relación es la de inventario, la producción requiere de inventario para realizar a cabalidad sus actividades, debido a que, si no se tiene conocimiento de la disponibilidad de los recursos, o peor aún, no se cuenta con los materiales necesarios para la ejecución de una orden de producción, esta no podría realizarse provocando grandes pérdidas económicas a la organización. Teniendo en cuenta lo anterior, se deberá tener presente que es necesario el tipo de programa de producción, y la cantidad de producción requerida.

Para realizar un reporte pertinente en el área de producción es necesario obtener información sobre datos existentes de producto terminado y en proceso, e identificar requerimientos necesarios y capacidad de la materia prima dentro del inventario. El reporte que se genera al finalizar la actividad hace referencia al material necesario para ejecutar la orden de producción, y a la capacidad de producción con los recursos disponibles con los que se cuentan.

Figura 84 Programa de producción



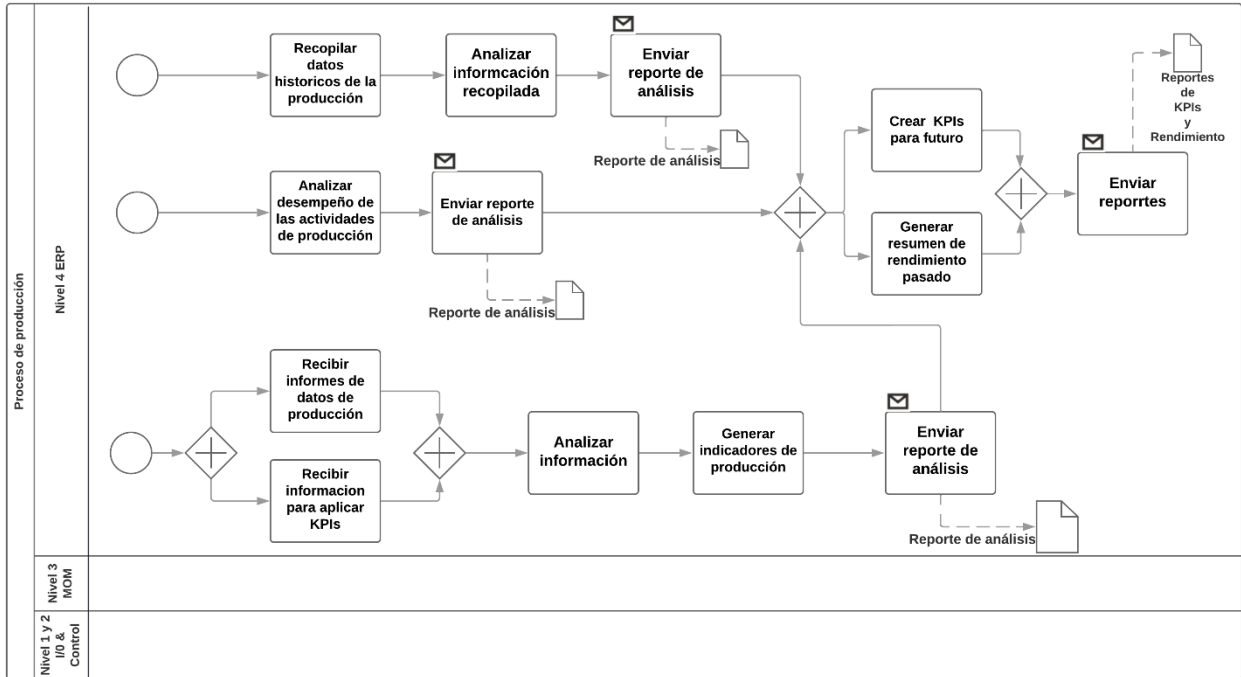
Fuente: Elaboración propia

### Diagrama BPMN Análisis de desempeño de la producción

El análisis del desempeño de la producción establece el conjunto de actividades que analizan y reportan información sobre el desempeño a los sistemas comerciales de una empresa. Esto incluirá el análisis de la información de los tiempos de ciclo de la unidad de producción, la utilización de recursos, la utilización de equipos, el rendimiento de los equipos, la eficiencia de los procedimientos y la variabilidad de la producción.

Las relaciones entre estos análisis y otros también se pueden utilizar para desarrollar informes de KPIs. Es debido a esto que esta información puede ser utilizada para optimizar la producción y el uso de los recursos.

Figura 85 Análisis de desempeño de la producción



Fuente: Elaboración propia

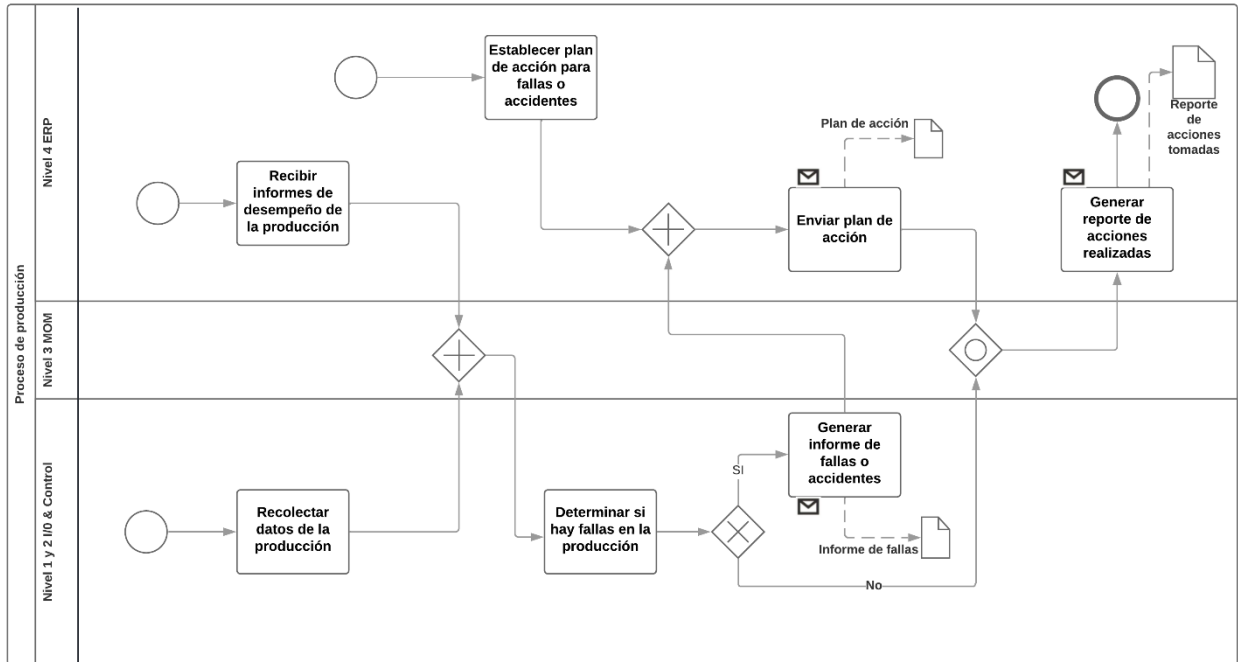
### Diagrama BPMN Seguimiento de la producción

El seguimiento de la producción se define como la recopilación de actividades que preparan la respuesta de producción para el nivel 4 de la empresa (ERP). Esto incluye resumir y reportar información sobre el personal y el equipo realmente utilizado para producir el producto, el material consumido y el material producido y otros datos de producción relevantes, como los costos, el rendimiento y los resultados de análisis.

El seguimiento de la producción también proporciona información sobre la programación detallada de la producción y actividades de programación del nivel 4 de la empresa (ERP), para que los programas se puedan actualizar en función de las condiciones actuales.



Figura 86 Seguimiento de la producción



Fuente: Elaboración propia

## Anexo G

### Desarrollo de visualización de interfaz grafica

En la Tabla 4, se describen en filas las “cosas” existentes y a su vez en columnas se describen las propiedades que poseen estas “cosas”, es de esta manera que se puede determinar que existen algunas de estas propiedades en común para diferentes “cosas” y así poder relacionarlas de manera más eficiente a través de lo que los desarrolladores nos expresan como “platillas de cosa” y “formas de cosa”.

Tabla 4 Matriz de componentes

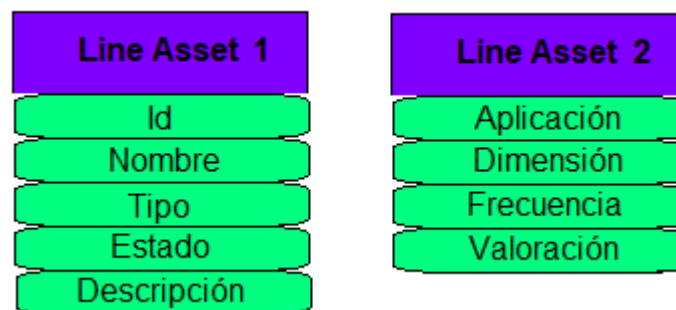
| Thing         | Id | Nom<br>bre | Ti<br>po | Des<br>crip<br>ción | Fo<br>rm<br>ula | Canti<br>dad | Es<br>ta<br>do | Fec<br>ha | Apli<br>caci<br>ón | Dim<br>ensi<br>ón | Fre<br>cuen<br>cia | Valo<br>raci<br>ón |
|---------------|----|------------|----------|---------------------|-----------------|--------------|----------------|-----------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Product<br>os | X  | X          | X        | X                   |                 | X            | X              |           |                    |                   |                    |                    |

|                         |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------------------|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|
| Materia<br>s<br>Primas  | X | X | X | X |  | X | X |   |   |   |   |   |
| Equipos                 | X | X | X | X |  |   | X |   |   |   |   |   |
| Desplaz<br>amiento<br>s | X | X |   | X |  |   |   | X |   |   |   |   |
| KPIs<br>OEE             |   |   |   |   |  |   |   |   | X | X | X | X |
| KPIs<br>Trabaja<br>dor  |   |   |   |   |  |   |   |   | X | X | X | X |
| KPIs<br>Ejecució<br>n   |   |   |   |   |  |   |   |   | X | X | X | X |
| KPIs<br>Proceso         |   |   |   |   |  |   |   |   | X | X | X | X |
| KPIs<br>Rendimi<br>ento |   |   |   |   |  |   |   |   | X | X | X | X |

Fuente: Elaboración propia

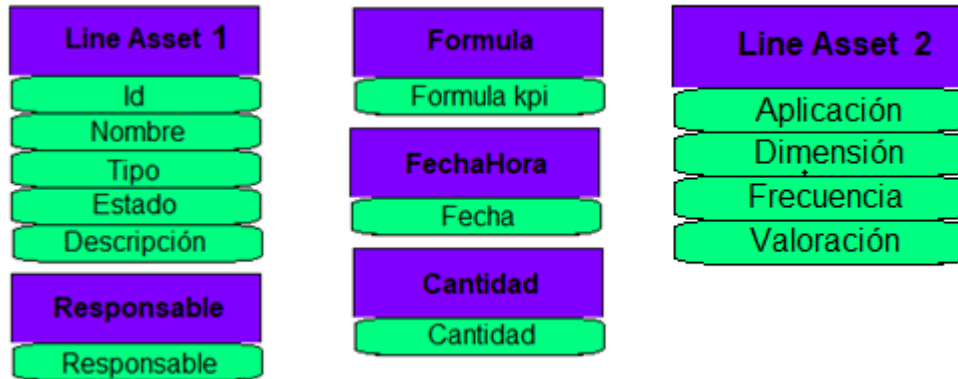
Seguido a esto la recomendación es la de priorizar las propiedades que más se comparten entre las “cosas” como lo pudimos observar en la Tabla 4, luego procedemos a la creación de grupos en el que se va a destacar el que posea mayor cantidad de propiedades como se muestra en la Figura 75.

Figura 87 Grupo de propiedades



Una vez se crean las plantillas base iniciales para los grupos más grandes, el resto de los grupos se pueden agregar seleccionando el tipo de entidad apropiado, como se observa en la Figura 76.

Figura 88 Plantillas



Fuente: Elaboración propia

Una vez definidos los componentes que se implementarán, se procede a crear las interfaces de usuario o tableros de información correspondientes al conjunto de KPIs y el proceso de producción. A continuación se describe lo correspondiente a los diferentes tableros diseñados en el desarrollo del proyecto.

### **Tablero interfaz gráfica de KPIs para una unidad de trabajo**

El diseño propuesto está compuesto por una sección de “gauges” o indicadores por cada KPI, gráficos de barras y líneas, además de una tabla de información.

Dada la complejidad para el desarrollo de este tablero se exponen a continuación una serie de pasos de manera gráfica, en los que se visualiza a través de figuras cual es la información que se incorpora y se crea dentro de la plataforma de ThingWorx para la construcción del respectivo tablero.

- **Creación de Plantilla de cosa – Plantilla KPIs**

En la Figura 77, se ilustra la información recolectada y necesaria con la que se elabora la entidad de “plantilla de cosa” a la cual se relacionaran los datos posteriormente a una entidad de “cosa” para que así exista un flujo adecuado de información. Las propiedades aquí descritas son obtenidas gracias a la construcción de la matriz de componentes y a los modelos de datos estructurales en la investigación del proyecto.

Figura 89 Plantilla de cosa KPIs

Thing Template: PlantillaKpi To Do Save Cancel More

General Information | **Properties and Alerts** | Services | Events | Subscriptions | Permissions | Change History | View Relationships

**Properties** | Alerts | Filter | Choose category

My Properties Add Duplicate Delete

| Name                | Actions | Source | Default Value | Alerts | Category | Additional Info |
|---------------------|---------|--------|---------------|--------|----------|-----------------|
| -T Aplicacion       |         |        |               | + 0    |          |                 |
| -T Dimension        |         |        |               | + 0    |          |                 |
| -T FrecuenciaMedida |         |        |               | + 0    |          |                 |
| # Valoracion        |         |        |               | + 0    |          | 0 to 100 %      |

> Generic

Fuente: Plataforma ThingWorx

- **Creación de Cosa**

Inicialmente se procede a la creación de las diferentes entidades de “cosa”, las cuales representan a los KPIs dentro del área de producción, estas entidades van a estar vinculadas a la entidad anteriormente creada “plantilla de cosa” en forma de herencia, ya que de este modo permite contar con las propiedades intrínsecas que posee un KPI, a su vez cada una de estas entidades de “cosa” poseen información a través de propiedades únicas que permiten establecer datos relevantes para determinar el estado de la producción.

Figura 90 Cosa eficiencia de utilización

Thing: EficienciaDeUtilizacion To Do Save Cancel More

General Information | **Properties and Alerts** | Services | Events | Subscriptions | Permissions | Change History | View Relationships

**Properties** | Alerts | Filter | Choose category

My Properties Add Duplicate Delete Manage Bindings Refresh

| Name                  | Actions | Source | Default Value | Value | Alerts | Category | Additional Info |
|-----------------------|---------|--------|---------------|-------|--------|----------|-----------------|
| 123 EficienciaUtxCel  |         |        |               | 62    | + 0    |          |                 |
| 123 EficienciaUtxUnd  |         |        |               | 76    | + 0    |          |                 |
| 123 EficienciaUtxUnd2 |         |        |               | 54    | + 0    |          |                 |
| 123 EficienciaUtxUnd3 |         |        |               | 67    | + 0    |          |                 |
| 123 EficienciaUtxUnd4 |         |        |               | 52    | + 0    |          |                 |

Inherited Properties

- > PlantillaKpi
- > FormulaEficienciaDeUtilizacion

Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 91 Cosa eficiencia de asignación

Thing: EficienciaDeAsignacion To Do Save Cancel More

General Information **Properties and Alerts** Services Events Subscriptions Permissions Change History View Relationships

Properties | Alerts

My Properties + Add Duplicate Delete Manage Bindings Refresh

| Name                    | Actions | Source | Default Value | Value | Alerts | Category | Additional Info |
|-------------------------|---------|--------|---------------|-------|--------|----------|-----------------|
| 123 EficienciaAsigxCel  |         |        |               | 68    | 0      |          |                 |
| 123 EficienciaAsigxUnd  |         |        |               | 55    | 0      |          |                 |
| 123 EficienciaAsigxUnd2 |         |        |               | 65    | 0      |          |                 |
| 123 EficienciaAsigxUnd3 |         |        |               | 54    | 0      |          |                 |
| 123 EficienciaAsigxUnd4 |         |        |               | 56    | 0      |          |                 |

Inherited Properties

- PlantillaKpi
- FormulaEficienciaDeAsignacion

Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 92 Cosa eficiencia del trabajador

Thing: EficienciaDelTrabajador To Do Save Cancel More

General Information **Properties and Alerts** Services Events Subscriptions Permissions Change History View Relationships

Properties | Alerts

My Properties + Add Duplicate Delete Manage Bindings Refresh

| Name                          | Actions | Source | Default Value | Value | Alerts | Category | Additional Info |
|-------------------------------|---------|--------|---------------|-------|--------|----------|-----------------|
| 123 EficienciaTrabajadorxCel  |         |        |               | 70    | 0      |          |                 |
| 123 EficienciaTrabajadorxUnd  |         |        |               | 62    | 0      |          |                 |
| 123 EficienciaTrabajadorxUnd2 |         |        |               | 70    | 0      |          |                 |
| 123 EficienciaTrabajadorxUnd3 |         |        |               | 56    | 0      |          |                 |
| 123 EficienciaTrabajadorxUnd4 |         |        |               | 67    | 0      |          |                 |

Inherited Properties

- PlantillaKpi
- FormulaEficienciaDelTrabajador

Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 93 Cosa eficacia clave

Thing:EficaciaClave To Do Save Cancel More

General Information Properties and Alerts Services Events Subscriptions Permissions Change History View Relationships

Properties Alerts Filter Choose category

My Properties Add Duplicate Delete Manage Bindings Refresh

| Name                   | Actions | Source | Default Value | Value | Alerts | Category | Additional Info |
|------------------------|---------|--------|---------------|-------|--------|----------|-----------------|
| 123 EficaciaClavexCel  |         |        |               | 73    | 0      |          |                 |
| 123 EficaciaClavexUnd  |         |        |               | 65    | 0      |          |                 |
| 123 EficaciaClavexUnd2 |         |        |               | 56    | 0      |          |                 |
| 123 EficaciaClavexUnd3 |         |        |               | 68    | 0      |          |                 |
| 123 EficaciaClavexUnd4 |         |        |               | 72    | 0      |          |                 |

Inherited Properties

- PlantillaKpi
- FormulaEficaciaClave

Fuente: Plataforma ThingWorx

Adicionalmente a este tipo de entidades de “cosa”, se construye otras entidades de “cosa” en la cual los datos expresados en tablas de información o de datos deberán ir vinculados como se observa a continuación.

Figura 94 Datos eficiencia de producción

Tab\_KPis: DatosEficienciaTxCel

DatosEficienciaTxCel

DatosEficienciaTxCel (4) Add

| Actions | ID | KPI                       | Periodo                 | Promedio |
|---------|----|---------------------------|-------------------------|----------|
|         | 1  | Eficiencia del trabajador | 2022-01-27 00:00:00.000 | 56       |
|         | 2  | Eficacia clave            | 2022-02-24 00:00:00.000 | 67       |
|         | 3  | Eficiencia de utilización | 2022-03-24 00:00:00.000 | 65       |
|         | 4  | Eficiencia de asignación  | 2022-04-23 00:00:00.000 | 53       |

Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 95 Información de datos creados

Thing:Tab\_KPIS To Do Save Cancel More

General Information Properties and Alerts Services Events Subscriptions Permissions Change History View Relationships

My Properties Add Duplicate Delete Manage Bindings Refresh

| Name                  | Actions | Source                    | Default Value             | Value                     | Alerts | Category | Additional Info             |
|-----------------------|---------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------|----------|-----------------------------|
| DatosEfectividadPxCel |         | DatosEfectividadPxCel (4) | DatosEfectividadPxCel (4) | DatosEfectividadPxCel (4) | 0      |          | Tab_Efectividad             |
| DatosEfectividadPxUnd |         | DatosEfectividadPxUnd (4) | DatosEfectividadPxUnd (4) | DatosEfectividadPxUnd (4) | 0      |          | Tab_EfectividadPxUnd        |
| DatosEficienciaExCel  |         | DatosEficienciaExCel (4)  | DatosEficienciaExCel (4)  | DatosEficienciaExCel (4)  | 0      |          | Tab_EficienciaCel           |
| DatosEficienciaExUnd  |         | DatosEficienciaExUnd (4)  | DatosEficienciaExUnd (4)  | DatosEficienciaExUnd (4)  | 0      |          | Tab_EficienciaExUnd         |
| DatosEficienciaTxCel  |         | DatosEficienciaTxCel (4)  | DatosEficienciaTxCel (4)  | DatosEficienciaTxCel (4)  | 0      |          | EficienciaTxCel             |
| DatosEficienciaTxUnd  |         | DatosEficienciaTxUnd (4)  | DatosEficienciaTxUnd (4)  | DatosEficienciaTxUnd (4)  | 0      |          | Tab_EficienciaTxUnd         |
| DatosOEEExCel         |         | DatosOEEExCel (4)         | DatosOEEExCel (4)         | DatosOEEExCel (4)         | 0      |          | Tab_DatosOEEExCel           |
| DatosOEEExUnd         |         | DatosOEEExUnd (4)         | DatosOEEExUnd (4)         | DatosOEEExUnd (4)         | 0      |          | Tab_OEEExUnd                |
| DatosRendimientoCel   |         | DatosRendimientoCel (4)   | DatosRendimientoCel (4)   | DatosRendimientoCel (4)   | 0      |          | Tab_Rendimiento             |
| DatosRendimientoUnd   |         | DatosRendimientoUnd (4)   | DatosRendimientoUnd (4)   | DatosRendimientoUnd (4)   | 0      |          | Tab_RendimientoUnd          |
| InfoEfectividadPxCel  |         | InfoEfectividadPxCel (4)  | InfoEfectividadPxCel (4)  | InfoEfectividadPxCel (4)  | 0      |          | Tab_DatosEfectividad        |
| InfoEfectividadPxUnd  |         | InfoEfectividadPxUnd (4)  | InfoEfectividadPxUnd (4)  | InfoEfectividadPxUnd (4)  | 0      |          | EfectividadProcesoxUnidad   |
| InfoEfectividadTxCel  |         | InfoEfectividadTxCel (4)  | InfoEfectividadTxCel (4)  | InfoEfectividadTxCel (4)  | 0      |          | Tab_EficienciaTxCel         |
| InfoEficienciaExCel   |         | InfoEficienciaExCel (4)   | InfoEficienciaExCel (4)   | InfoEficienciaExCel (4)   | 0      |          | Tab_DatosEficiencia         |
| InfoEficienciaExUnd   |         | InfoEficienciaExUnd (4)   | InfoEficienciaExUnd (4)   | InfoEficienciaExUnd (4)   | 0      |          | Eficiencia_EjecucionxUnidad |
| InfoEficienciaTxUnd   |         | InfoEficienciaTxUnd (4)   | InfoEficienciaTxUnd (4)   | InfoEficienciaTxUnd (4)   | 0      |          | EtrabajadonxUnidad          |

Fuente: Plataforma ThingWorx

- Creación de tablas de información, tablas de datos, “data shape” y “value stream”

El siguiente paso que se desarrolla es la creación de tablas de datos e información para poder mostrar datos sobre gráficos o elementos de visualización de valores, sumados a esto, se requiere crear “data shape” o forma de datos para dar formato a estos valores, y finalmente se procede a crear lo que se conoce como “value stream” dentro de la plataforma, que esto es una ubicación de almacenamiento para los cambios de propiedad.

Figura 96 Tablas de información y de datos

Tab\_KPIs: DatosEficienciaTxUnd X

DatosEficienciaTxUnd

DatosEficienciaTxUnd (4) + Add

| Actions | KPI                       | Periodo                 | Promedio |
|---------|---------------------------|-------------------------|----------|
|         | Eficiencia del trabajador | 2022-01-28 00:00:00.000 | 65       |
|         | Eficacia clave            | 2022-02-24 00:00:00.000 | 63       |
|         | Eficiencia de utilización | 2022-03-25 00:00:00.000 | 67       |
|         | Eficiencia de asignación  | 2022-04-21 00:00:00.000 | 56       |

Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 97 Datos por unidad de trabajo

Data Shape: Tab\_EficienciaTxUnd To Do ▼ Save Cancel More ▼

General Information  Field Definitions  Permissions  Change History  View Relationships

---

**Field Definitions**

+ Add  Duplicate  Delete

| <input type="checkbox"/> | Order | Name         | Actions | Additional Info |
|--------------------------|-------|--------------|---------|-----------------|
| <input type="checkbox"/> | ◆ +   | -T- KPI      |         |                 |
| <input type="checkbox"/> | ◆ +   | 123 Promedio |         |                 |
| <input type="checkbox"/> | ◆ +   | Periodo      |         |                 |

Fuente: Plataforma ThingWorx

- **Creación de “Mashup”**

Este es un entorno de arrastrar y soltar, que permite crear rápida y fácilmente una visualización de datos. El diseño está compuesto por una sección de “gauges” o indicadores por cada KPI, gráficos de barras y líneas, además de una tabla de información.



Figura 98 Tablero de unidad de trabajo



Fuente: Plataforma ThingWorx

- Vinculación de datos**

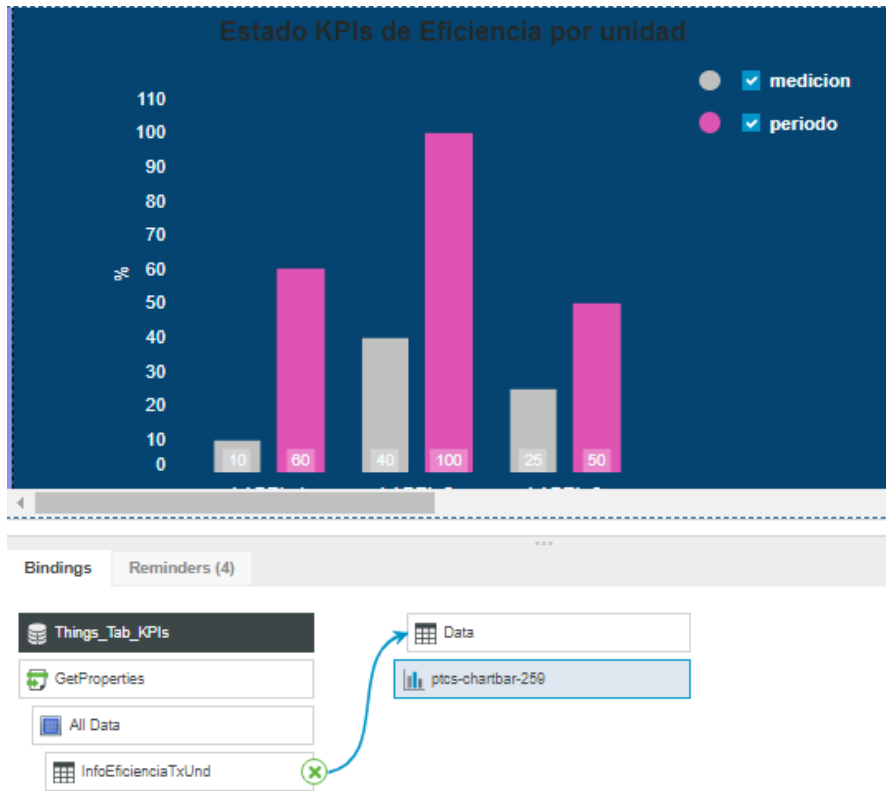
Finalmente para poder visualizar la información requerida por los usuarios, se debe asociar la fuente de datos a los “widgets” plasmados en el diseño anteriormente mostrado.

Figura 99 Vínculo de datos



Fuente: Plataforma ThingWorx

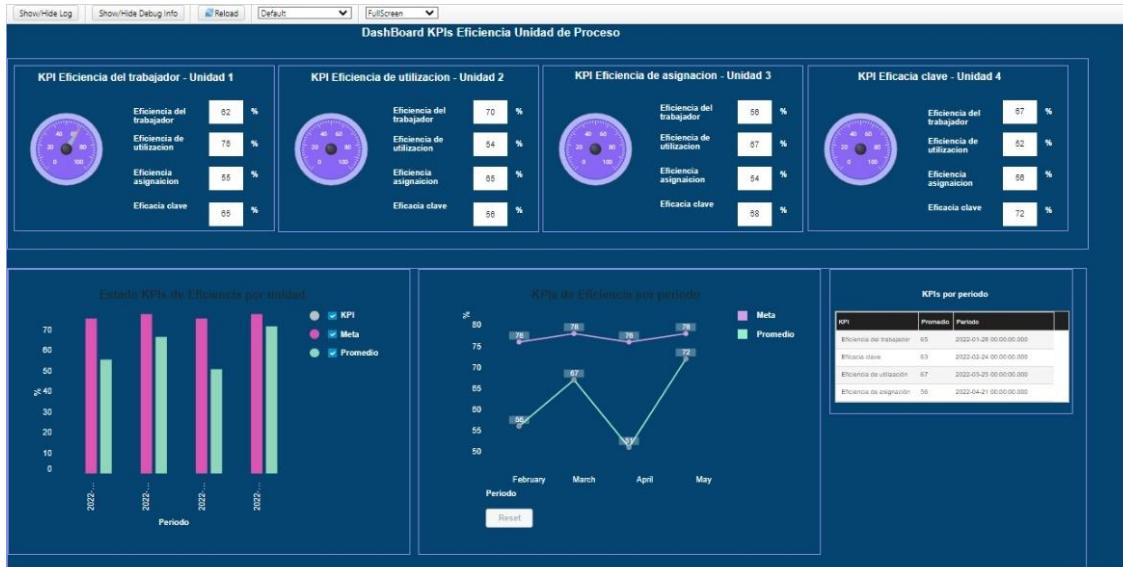
Figura 100 Vínculo de datos



Fuente: Plataforma ThingWorx

Finalmente, en la Figura 89, se observa el diseño de elaboración para el tablero de unidad de trabajo.

Figura 101 Tablero para unidad de trabajo

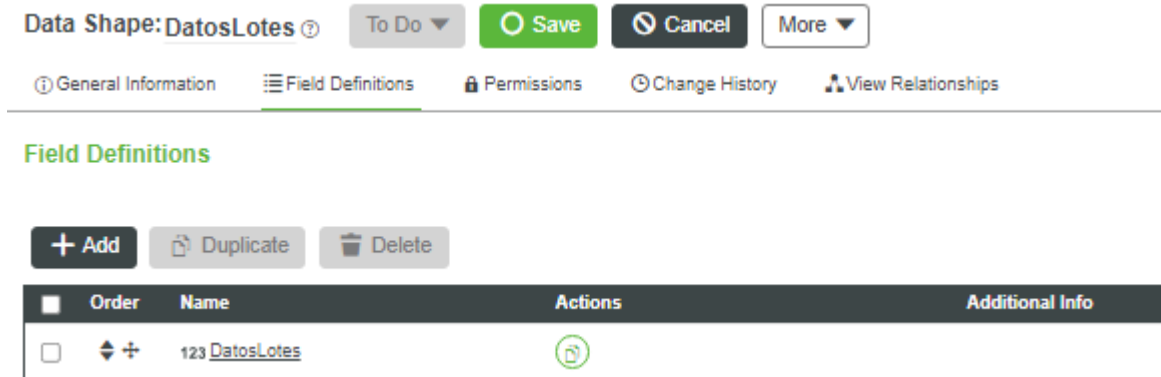


Fuente: Plataforma ThingWorx

### Tablero control de la producción

Adicionalmente a la información detallada en el desarrollo del proyecto se construyen entidades como tablas de información o de datos, “Cosas” y otros dos tableros de información que se incorporan al diseño del prototipo como se indican a continuación.

Figura 102 Tabla de datos



Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 103 Cosa administración de definición de producto

Thing: AdministracionDeDefinicionDeProducto To Do Save Cancel More

General Information **Properties and Alerts** Services Events Subscriptions Permissions Change History View Relationships

Inherited Properties

OrdenesDeProduccion

| Name            | Actions | Source | Default Value | Value                   | Alerts | Category | Additional Info |                                     |                                     |  |
|-----------------|---------|--------|---------------|-------------------------|--------|----------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| -T- Descripción |         |        |               | Set value               | 0      |          |                 | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |  |
| -T- Estado      |         |        |               | Set value               | 0      |          |                 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| FechaHora       |         |        |               | 2022-08-01 17:07:51.247 | 0      |          |                 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| # Id            |         |        |               | 0                       | 0      | Codigo   |                 | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |  |
| # LoteA         |         |        |               | 0                       | 0      | Unidad   |                 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| # LoteB         |         |        |               | 0                       | 0      | Unidad   |                 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| # LoteC         |         |        |               | 0                       | 0      | Unidad   |                 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| -T- Nombre      |         |        |               | Set value               | 0      |          |                 | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |  |
| -T- Responsable |         |        |               | Set value               | 0      |          |                 | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |  |

Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 104 Cosa administración de recursos de producción

Thing: AdministracionDeRecursosDeProduccion To Do Save Cancel More

General Information **Properties and Alerts** Services Events Subscriptions Permissions Change History View Relationships

Inherited Properties

EstadoMateriasPrimas

| Name              | Actions | Source | Default Value | Value                   | Alerts | Category | Additional Info |                                     |                                     |  |
|-------------------|---------|--------|---------------|-------------------------|--------|----------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| -T- Descripción   |         |        |               | Set value               | 0      |          |                 | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |  |
| -T- Estado        |         |        |               | Set value               | 0      |          |                 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| FechaHora         |         |        |               | 2022-08-01 15:46:07.846 | 0      |          |                 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| # Id              |         |        |               | 0                       | 0      | Codigo   |                 | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |  |
| -T- MateriaPrimaA |         |        |               | Set value               | 0      |          |                 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| -T- MateriaPrimaB |         |        |               | Set value               | 0      |          |                 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| -T- MateriaPrimaC |         |        |               | Set value               | 0      |          |                 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| -T- Nombre        |         |        |               | Set value               | 0      |          |                 | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |  |
| -T- Responsable   |         |        |               | Set value               | 0      |          |                 | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |  |

Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 105 Cosa control de calidad

Thing: ControlDeCalidad To Do Save Cancel More

General Information **Properties and Alerts** Services Events Subscriptions Permissions Change History View Relationships

| Name                         | Actions | Source                           | Default Value | Value                 | Alerts | Category | Additional Info | 🔒 | ☰ |
|------------------------------|---------|----------------------------------|---------------|-----------------------|--------|----------|-----------------|---|---|
| -T- PersonalEquipoMaquinaria | 🔗       | 👍 <span>EstadoDePerson...</span> |               | 📝 PlantillaProduccion | +      | 0        |                 | 🔒 | ☰ |
| -T- ProductoIntermedio       | 🔗       | 👍 <span>EstadoDeProduc...</span> |               | 📝 PlantillaProduccion | +      | 0        |                 | 🔒 | ☰ |
| -T- ProductoTerminado        | 🔗       | 👍 <span>EstadoDeProduc...</span> |               | 📝 PlantillaProduccion | +      | 0        |                 | 🔒 | ☰ |

▼ Inherited Properties

▼ EstadoMateriasPrimas

| Name              | Actions | Source | Default Value | Value                        | Alerts | Category | Additional Info | 🔒 | ☰ |
|-------------------|---------|--------|---------------|------------------------------|--------|----------|-----------------|---|---|
| -T- Descripcion   | 🔗       |        |               | 📝 Control de producto int... | +      | 0        |                 | 🔒 | ☰ |
| -T- Estado        | 🔗       |        |               | 📝 En revision                | +      | 0        |                 | 🔒 | ☑ |
| 📅 FechaHora       | 🔗       |        |               | 📝 2022-08-01 16:37:36.538    | +      | 0        |                 | 🔒 | ☑ |
| # Id              | 🔗       |        |               | 📝 2163832                    | +      | 0        | Codigo          | 🔒 | ☑ |
| -T- MateriaPrimaA | 🔗       |        |               | 📝 Laminda de aluminio d...   | +      | 0        |                 | 🔒 | ☑ |
| -T- MateriaPrimaB | 🔗       |        |               | 📝 Lamina de acero de 3mm     | +      | 0        |                 | 🔒 | ☑ |

Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 106 Cosa despacho de productos

Thing: DespachoDeProductos To Do Save Cancel More

General Information **Properties and Alerts** Services Events Subscriptions Permissions Change History View Relationships

| Name        | Actions | Source                            | Default Value | Value                 | Alerts | Category | Additional Info | 🔒 | ☰ |
|-------------|---------|-----------------------------------|---------------|-----------------------|--------|----------|-----------------|---|---|
| -T- Factura | 🔗       | 👍 <span>ConfirmacionFac...</span> |               | 📝 PlantillaProduccion | +      | 0        |                 | 🔒 | ☑ |

▼ Inherited Properties

▼ EmbajeDeProductos

| Name            | Actions | Source | Default Value | Value                     | Alerts | Category | Additional Info | 🔒 | ☰ |
|-----------------|---------|--------|---------------|---------------------------|--------|----------|-----------------|---|---|
| -T- Descripcion | 🔗       |        |               | Set value                 | +      | 0        |                 | 🔒 | ☑ |
| -T- Estado      | 🔗       |        |               | Set value                 | +      | 0        |                 | 🔒 | ☑ |
| 📅 FechaHora     | 🔗       |        |               | 📝 2022-08-01 16:56:18.935 | +      | 0        |                 | 🔒 | ☑ |
| # Id            | 🔗       |        |               | 📝 0                       | +      | 0        | Codigo          | 🔒 | ☑ |
| # LoteProductoA | 🔗       |        |               | 📝 0                       | +      | 0        | Unidad          | 🔒 | ☑ |
| # LoteProductoB | 🔗       |        |               | 📝 0                       | +      | 0        | Unidad          | 🔒 | ☑ |
| # LoteProductoC | 🔗       |        |               | 📝 0                       | +      | 0        | Unidad          | 🔒 | ☑ |
| -T- Nombre      | 🔗       |        |               | Set value                 | +      | 0        |                 | 🔒 | ☑ |

Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 107 Cosa estado de personal equipos y maquinaria

Thing: EstadoDePersonalEquipos&Maquinaria To Do Save Cancel More

[General Information](#) [Properties and Alerts](#) [Services](#) [Events](#) [Subscriptions](#) [Permissions](#) [Change History](#) [View Relationships](#)

| Name                                     | Actions | Source | Default Value | Value   | Alerts | Category | Additional Info |  |  |  |
|--|---------|--------|---------------|---------|--------|----------|-----------------|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> -T- EquipoA     |         |        |               | Optimo  | 0      |          |                 |  |  |  |
| <input type="checkbox"/> -T- EquipoB     |         |        |               | Reparar | 0      |          |                 |  |  |  |
| <input type="checkbox"/> -T- MaquinariaA |         |        |               | Optima  | 0      |          |                 |  |  |  |
| <input type="checkbox"/> -T- MaquinariaB |         |        |               | Optima  | 0      |          |                 |  |  |  |
| <input type="checkbox"/> -T- Personal    |         |        |               | Ocupado | 0      |          |                 |  |  |  |

∨ Inherited Properties

∨ PlantillaProduccion

| Name                   | Actions | Source | Default Value | Value            | Alerts | Category | Additional Info |  |  |  |
|------------------------|---------|--------|---------------|------------------|--------|----------|-----------------|--|--|--|
| -T- <u>Descripcion</u> |         |        |               | <u>Set value</u> | 0      |          |                 |  |  |  |
| -T- <u>Estado</u>      |         |        |               | <u>Set value</u> | 0      |          |                 |  |  |  |
| # <u>Id</u>            |         |        |               | 0                | 0      |          | Codigo          |  |  |  |
| -T- <u>Nombre</u>      |         |        |               | <u>Set value</u> | 0      |          |                 |  |  |  |

Figura 108 Cosa estado de producto intermedio

Thing: EstadoDeProductoIntermedio To Do Save Cancel More

General Information **Properties and Alerts** Services Events Subscriptions Permissions Change History View Relationships

Properties | Alerts

My Properties Add Duplicate Delete Manage Bindings Refresh

| Name                                   | Actions | Source | Default Value | Value        | Alerts | Category | Additional Info |  |  |  |
|--|---------|--------|---------------|--------------|--------|----------|-----------------|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> -T- ProductoA |         |        |               | Acceptable   | 0      |          |                 |  |  |  |
| <input type="checkbox"/> -T- ProductoB |         |        |               | Inacceptable | 0      |          |                 |  |  |  |

Inherited Properties

PlantillaProduccion

| Name            | Actions | Source | Default Value | Value                      | Alerts | Category | Additional Info |  |  |  |
|-----------------|---------|--------|---------------|----------------------------|--------|----------|-----------------|--|--|--|
| -T- Descripción |         |        |               | Control de producto int... | 0      |          |                 |  |  |  |
| -T- Estado      |         |        |               | En revision                | 0      |          |                 |  |  |  |
| # Id            |         |        |               | 123456                     | 0      |          | Codigo          |  |  |  |
| -T- Nombre      |         |        |               | Marco Reforzado            | 0      |          |                 |  |  |  |

Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 109 Cosa estado de productos terminado

Thing: EstadoDeProductoTerminado To Do Save Cancel More

General Information **Properties and Alerts** Services Events Subscriptions Permissions Change History View Relationships

Properties | Alerts

My Properties Add Duplicate Delete Manage Bindings Refresh

| Name                                   | Actions | Source | Default Value | Value     | Alerts | Category | Additional Info |  |  |  |
|--|---------|--------|---------------|-----------|--------|----------|-----------------|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> -T- ProductoA |         |        |               | Set value | 0      |          |                 |  |  |  |
| <input type="checkbox"/> -T- ProductoB |         |        |               | Set value | 0      |          |                 |  |  |  |

Inherited Properties

PlantillaProduccion

| Name            | Actions | Source | Default Value | Value     | Alerts | Category | Additional Info |  |  |  |
|-----------------|---------|--------|---------------|-----------|--------|----------|-----------------|--|--|--|
| -T- Descripción |         |        |               | Set value | 0      |          |                 |  |  |  |
| -T- Estado      |         |        |               | Set value | 0      |          |                 |  |  |  |
| # Id            |         |        |               | 0         | 0      |          | Codigo          |  |  |  |
| -T- Nombre      |         |        |               | Set value | 0      |          |                 |  |  |  |

Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 110 Cosa inventario de productos

Thing:InventarioProductosLote To Do Save Cancel More

[General Information](#) [Properties and Alerts](#) [Services](#) [Events](#) [Subscriptions](#) [Permissions](#) [Change History](#) [View Relationships](#)

**Properties** | **Alerts**

My Properties + Add Duplicate Delete Manage Bindings Refresh

| Name  | Actions | Source | Default Value | Value                           | Alerts | Category | Additional Info            |  |  |  |
|---|---------|--------|---------------|---------------------------------|--------|----------|----------------------------|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> <a href="#">DatosLotes</a> |         |        |               | <a href="#">DatosLotes</a> (10) | 0      |          | <a href="#">DatosLotes</a> |  |  |  |
| <input type="checkbox"/> <a href="#"># Numeros</a>  |         |        |               | 3700                            | 0      |          |                            |  |  |  |

Inherited Properties

[FechaHora](#)

| Name                      | Actions | Source | Default Value | Value                   | Alerts | Category | Additional Info |  |  |  |
|---------------------------|---------|--------|---------------|-------------------------|--------|----------|-----------------|--|--|--|
| <a href="#">FechaHora</a> |         |        |               | 2022-10-26 23:19:56.790 | 0      |          |                 |  |  |  |

Fuente: Plataforma ThingWorx



Figura 111 Cosa orden de trabajo

Thing: OrdenDeTrabajo To Do Save Cancel More

[General Information](#)
[Properties and Alerts](#)
[Services](#)
[Events](#)
[Subscriptions](#)
[Permissions](#)
[Change History](#)
[View Relationships](#)

**Properties** | **Alerts**

My Properties
+ Add
Duplicate
Delete
Manage Bindings
Refresh

| Name                | Actions | Source | Default Value | Value | Alerts | Category | Additional Info |                                     |                                     |  |
|---------------------|---------|--------|---------------|-------|--------|----------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| # ElaborarProductoA |         |        |               | 0     | 0      |          | Unidad          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| # ElaborarProductoB |         |        |               | 0     | 0      |          | Unidad          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |

Inherited Properties

- PlantillaProduccion
- FechaHora
 

| Name      | Actions | Source | Default Value | Value                   | Alerts | Category | Additional Info |                                     |                                     |  |
|-----------|---------|--------|---------------|-------------------------|--------|----------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| FechaHora |         |        |               | 2022-08-01 16:15:58.676 | 0      |          |                 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
- Responsible

Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 112 Cosa programa de producción

Thing: ProgramaDeProduccion To Do Save Cancel More

[General Information](#)
[Properties and Alerts](#)
[Services](#)
[Events](#)
[Subscriptions](#)
[Permissions](#)
[Change History](#)
[View Relationships](#)

**Properties** | **Alerts**

My Properties
+ Add
Duplicate
Delete
Manage Bindings
Refresh

| Name        | Actions | Source                 | Default Value | Value | Alerts | Category | Additional Info |                                     |                                     |  |
|-------------|---------|------------------------|---------------|-------|--------|----------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| # Productos |         | ∞ ProductosDisponib... |               | 0     | 0      |          |                 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |

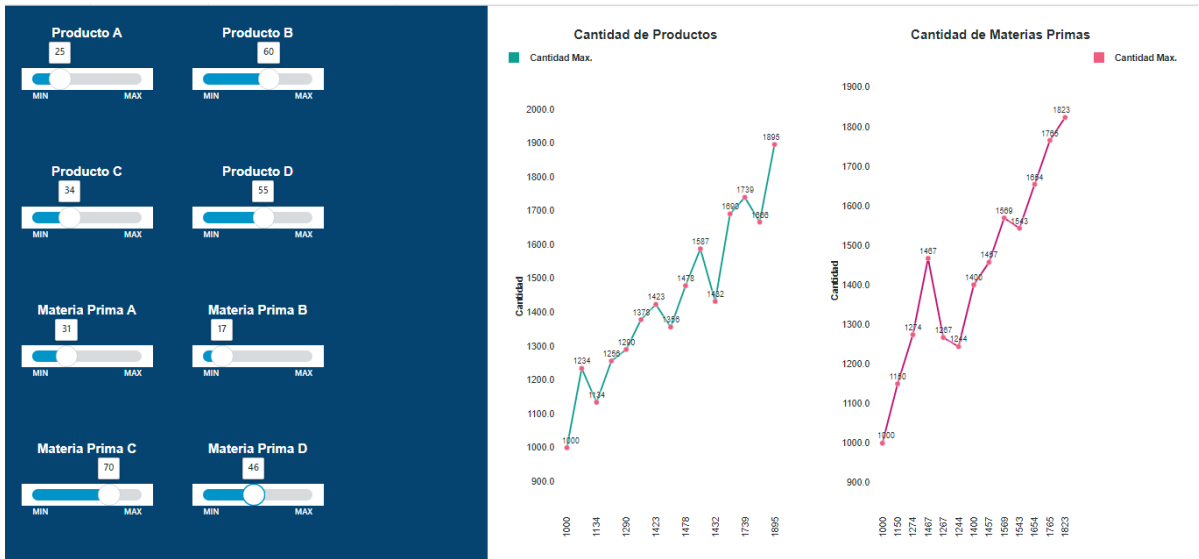
Inherited Properties

- MateriasPrimasDisponibles
- Cantidad
 

| Name       | Actions | Source | Default Value | Value | Alerts | Category | Additional Info |                                     |                                     |  |
|------------|---------|--------|---------------|-------|--------|----------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| # Cantidad |         |        |               | 700   | 2      |          | Unidad          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |

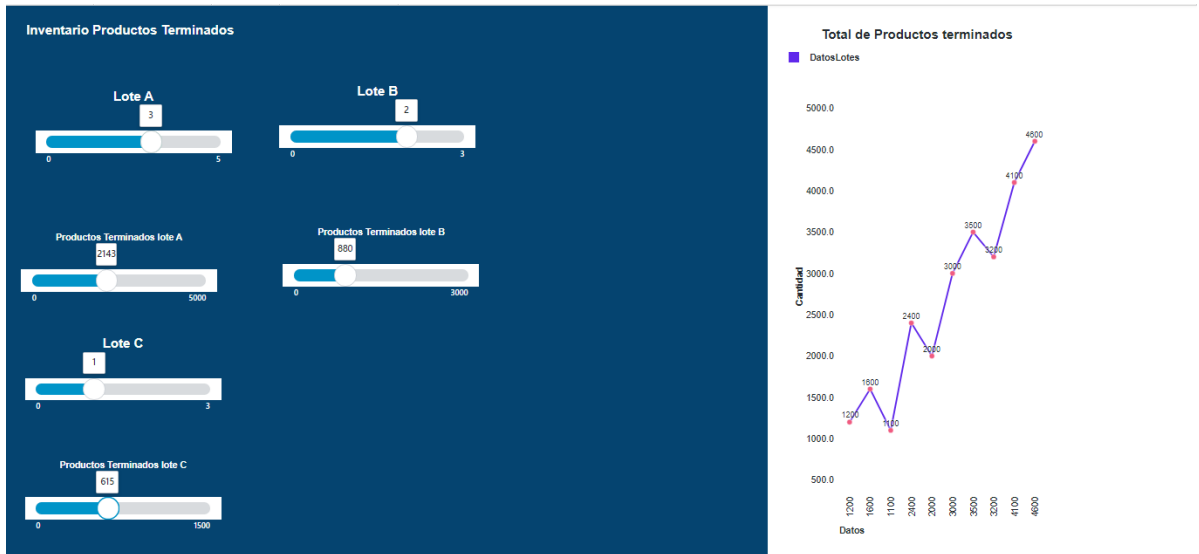
Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 113 Tablero estado de materiales



Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 114 Tablero inventario de productos



Fuente: Plataforma ThingWorx

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Corradini, F., Ferrari, A., Fornari, F., Gnesi, S., Polini, A., Re, B. & Spagnolo, G. (2018). "*A Guidelines framework for understandable BPMN models*". From: ScienceDirect: <https://www.sciencedirect-com.acceso.unicauca.edu.co/science/article/pii/S0169023X1630341X>
- [2]. Chinosi, M. & Trombetta, A. (2012). "*BPMN: An introduction to the standard*". From: ScienceDirect: <https://www.sciencedirect-com.acceso.unicauca.edu.co/science/article/pii/S0920548911000766>