



UNIVERSIDAD DEL CAUCA

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

Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de ingeniero en
automática industrial

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

Anny Yulieth Ausecha Ausecha
Edgar Alexander Collazos Valencia

**PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE REPORTE PARA EL
ÁREA DE PRODUCCIÓN EN UN ENTORNO DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL
INDUSTRIAL**

Informe presentado a la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
de la Universidad del Cauca para la obtención del Título de

Ingeniero en: Automática Industrial

Modalidad: Trabajo de investigación

Director:
Mag. Oscar Amaury Rojas Alvarado

Popayán, Cauca 2022

Agradecimientos

En esta etapa de mi vida quiero agradecer primero a Dios que me da la oportunidad de llegar hasta este momento de mi vida, a mis padres por su infinito esfuerzo, paciencia y comprensión que han tenido en este proceso, a mi director de tesis, Mg Oscar Amaury Rojas por estar siempre atento y disponible para brindar su valioso conocimiento y asesoría al desarrollo de este proyecto, a la Universidad del Cauca por el espacio que me brindo y sus enseñanzas como profesional y persona, a mi compañera de tesis, quien a pesar de las dificultades supo tener paciencia y motivación para seguir adelante con este proyecto.

Muchas gracias. Edgar Alexander Collazos Valencia.

Me gustaría agradecer especialmente a Dios en primer lugar, quien me ha sostenido y acompañado en cada etapa de mi vida, y me ha permitido llegar hasta la culminación de este propósito. A mi familia, padres y hermanos, particularmente a mi madre, por su amor, trabajo y sacrificio, a mi hermana, compañera de vida, soportes y pilares fundamentales. A todo aquellos que formaron parte de este proceso, a mi tutor, por su dirección, disposición y el apoyo necesario para el desarrollo de este proyecto. A la Universidad del Cauca y a todos los docentes, que influyeron en mi formación como persona y profesionalmente.

Muchas gracias. Anny Yulieth Ausecha.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	10
ESTADO DEL ARTE	11
OBJETIVOS.....	15
Objetivo general	15
Objetivos específicos	15
MARCO TEÓRICO	15
CAPÍTULO I RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	18
1. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE LOS SISTEMAS DIGITALES EN LA INDUSTRIA DE MANUFACTURA.....	18
1.1 Importancia de los sistemas de información en la industria manufacturera.....	18
1.1.1 Pros y contras del uso de sistemas de información.....	19
1.1.2 Objetivo de los sistemas de información.....	21
1.2 Estudio de la información para la gestión del proceso de producción.	21
1.2.1 Tipos de producción en la industria de manufactura.....	23
1.2.2 Etapas claves dentro del proceso de producción.....	23
1.3 Análisis de la información para la generación de reportes en un entorno de transformación digital.....	24
1.3.1 Indicadores clave de rendimiento frente a los sistemas de generación de reportes.....	26
1.3.2 ISO 22400.....	28
1.3.3 Informes KPIs y métricas.....	29
1.4 Estándar ANSI/ISA 95.....	32
1.4.1 Aplicaciones del estándar ANSI/ISA 95.....	32
1.4.2 Análisis del modelo de administración de operaciones para la producción.....	33
CAPÍTULO II SELECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	36
2. DESARROLLO MEDIANTE LA METODOLOGÍA DESIGN THINKING.....	36
2.1. Design Thinking – Empatizar.	38
2.2. Design Thinking – Definir	40
2.2.1 Selección del problema etapa convergencia y divergencia.....	40

2.3 Design Thinking – Idear.....	42
2.4 Design Thinking- Prototipar.....	43
2.4.1 Diagramas estructurales.....	44
2.4.2 Diagramas dinámicos.....	44
2.4.3 Software de Implementación.....	46
2.4.4. Planeación por actividades.....	47
2.5 Desarrollo del método para aplicación de KPIs de producción, basado en la norma ISO 22400 y el estándar ANSI/ISA 95.	48
2.5.1 Caracterizar el estándar ISO 22400.....	48
2.5.2 Definición de criterios y características para la selección y uso de KPIs en empresas de manufactura.....	53
2.6 Definición de pasos para la aplicación de KPIs en el área de producción.....	56
2.6.1 Conceptualización de KPIs.....	59
2.7 Modelo administración de operaciones de producción.	63
2.7.1 Aplicación de KPIs en el modelo administración de operaciones de producción.....	65
CAPÍTULO III IMPLEMENTACIÓN DE INFORMACIÓN.....	69
3. DESING THINKING – EJECUTAR.....	69
3.1 Arquitectura del prototipo para la generación de reportes en el área de producción.	69
3.2 Análisis para el área de producción.	69
3.3 Información para el modelado de las actividades de administración de operaciones de producción.....	70
3.4 Modelado de producción en notación gráfica.	71
3.4.1 Diagrama de clases de KPIs y del sistema de producción.....	72
3.4.2 Diagrama de clases Administración de Operaciones de Producción.	73
3.5 Modelado estructural mediante IDEF0.....	74
3.5.1 Diagrama IDEF0 de KPIs de producción.....	75
3.6 Modelado dinámico de producción.	77
3.6.1 Modelado estructural mediante BPMN de las actividades de administración de operaciones de producción.....	78
3.7 Implementación del prototipo de generación de reportes en el área de producción.	80
3.7.1 Metodología aplicable para el desarrollo del prototipo en ThingWorx.....	80
3.7.2 Tablero interfaz gráfica de KPIs para una célula de trabajo.....	88
3.7.3 Tablero cálculo KPIs.....	96

3.7.4 Tablero control de la producción.....	103
3.7.5 Toma de datos e información.....	108
APORTE TEORICO DEL ESTUDIO.....	110
CONCLUSIONES.....	111
RECOMENDACIONES.....	111
REFERENCIAS	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Principios de sistemas de información: enfoque administrativo	25
Figura 2 Jerarquía funcional de los sistemas de Automatización según ISA 95	28
Figura 3 Modelo de administración de operaciones de producción	34
Figura 4 CPS	36
Figura 5 Desing Thinking.....	37
Figura 6 Tablero MIRO	39
Figura 7 Relación de ideas escogidas.....	40
Figura 8 Tablero guía de clasificación	41
Figura 9 Tablero guía de ideación	42
Figura 10 Tablero guía de planeación	43
Figura 11 Interfaz del Modelo de actividad de administración de definición del producto.....	45
Figura 12 Interfaz del Modelo de actividad de administración de recursos de producción	46
Figura 13 Ruta de desarrollo	48
Figura 14 Estructura abstracta de un KPI.....	50
Figura 15 Relaciones de diagrama de modelo de efecto	51
Figura 16 Diagrama de modelo de efecto - Eficiencia del trabajador.....	53
Figura 17 Pasos para la selección de KPIs	53
Figura 18 Modelo de administración de operaciones de producción	64
Figura 19 Relación entre la actividad de análisis y la selección y uso de KPIs.....	66
Figura 20 Información suministrada por la actividad de seguimiento de producción	67
Figura 21 Uso de KPIs en el modelo de administración de operaciones de producción.....	68
Figura 22 Modelo para KPIs de producción	72
Figura 23 Diagrama entidad personal	73
Figura 24 Definición de clases Modelo de Administración de Operaciones de Producción.....	74
Figura 25 Diagrama IDEF0 Eficiencia general de los equipos	75
Figura 26 Diagrama IDEF0 Disponibilidad	76
Figura 27 Diagrama IDEF0 Relación de calidad	77
Figura 28 Diagrama BPMN Control de la capacidad de recursos de producción	78
Figura 29 Diagrama BPMN Administración de recursos de producción.....	79
Figura 30 Componentes del sistema	85
Figura 31 Grupo de propiedades.....	86
Figura 32 Diagrama de flujo de decisión de entidad	86
Figura 33 Plantillas	87
Figura 34 Plantilla de cosa KPIs.....	89
Figura 35 Cosa Disponibilidad.....	90
Figura 36 Cosa Eficacia.....	90
Figura 37 Cosa Relación de calidad.....	90

Figura 38 Cosa Eficiencia general de los equipos.....	91
Figura 39 Cosa Tab_KPIS	91
Figura 40 Datos eficiencia general de los equipos	92
Figura 41 Datos de creación.....	92
Figura 42 Tab_Datos Eficiencia general de los equipos	93
Figura 43 Tablero de célula para KPIS OEE.....	94
Figura 44 Vínculo de datos.....	94
Figura 45 Tablora para célula de trabajo.....	95
Figura 46 Tablero para unidad de trabajo	96
Figura 47 Plantilla de cosa KPIS.....	97
Figura 48 Cosas creadas.....	98
Figura 49 Formula de la entidad cálculo.....	99
Figura 50 Forma de cosa formula KPIS	99
Figura 51 Servicio cálculo.....	100
Figura 52 Tablero cálculo de KPIS.....	101
Figura 53 Vínculo de datos.....	102
Figura 54 Tablero cálculo de KPIS.....	102
Figura 55 Formas de cosa.....	103
Figura 56 Plantilla de cosa	104
Figura 57 Cosas creadas.....	105
Figura 58 Control de recursos	106
Figura 59 Estado de materiales.....	106
Figura 60 Mashup creado.....	107
Figura 61 Vínculo de datos.....	107
Figura 62 Menú principal	108
Figura 63 Asignación de información	109

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 ISO 22400 Indicadores clave de desempeño	30
Tabla 2 Características del software ThingWorx	47
Tabla 3 Estructura para registro de KPIs y definición de atributos	50
Tabla 4 Eficiencia del trabajador	52
Tabla 5 KPIs seleccionados	59
Tabla 6 KPI - Índice de eficiencia general de los equipos (OEE)	61
Tabla 7 KPI - Disponibilidad	62
Tabla 8 KPI - Relación de calidad	63
Tabla 9 Flujo de datos funcional	70
Tabla 10 Flujos de información	71
Tabla 11 Matriz de componentes	85

INTRODUCCIÓN

La creciente difusión de las tecnologías digitales, especialmente en los sistemas de producción, está dando lugar a un nuevo paradigma industrial, denominado Industria 4.0 (I4.0), que implica cambios disruptivos en la forma en que las empresas organizan la producción y crean valor. Las organizaciones dispuestas a aprovechar las oportunidades de I4.0 deben innovar sus procesos y modelos de negocio [1]. Por tanto, la transformación digital representa una de las estrategias clave para integrar la tecnología digital en todas las áreas de negocio, favoreciendo el aumento de los beneficios, la productividad y la agilidad de la empresa. No se trata solo de un cambio tecnológico, sino de un cambio cultural que requiere una mejora organizativa, de procesos y económica [2]. Además, el internet de las cosas (IoT) proporcionan múltiples datos en serie de tiempo acerca de los atributos del rendimiento del proceso, donde se destacan los informes ya sea de mantenimiento, rendimiento u operativos que permiten mantener un control de forma remota mediante la recopilación e integración de datos relevantes en tiempo real por medio de sensores IoT [3].

La integración de negocios y fabricación en un entorno de industria 4.0, son un proceso determinante para las empresas de manufactura, lo cual requiere información correcta, actualizaciones oportunas y precisas sobre la producción real desde la fabricación hasta el resto del negocio [4]. La integración requiere que el proceso comercial y el proceso de fabricación intercambien información, en donde modelos MES, ERP, estándares como ISA-95 e ISA 88, ofrecen importantes beneficios, al adoptar flexibilidad con un óptimo intercambio de información, interoperabilidad y escalabilidad en el manejo de la información.

De este modo para poder asumir este tipo de desafíos, no siempre basta con contar con una amplia variedad de personal con habilidades; las compañías se han visto obligadas a convertirse en empresas ágiles y eficientes usando técnicas y procesos de monitoreo, así como, realizando mejoras en los procesos internos. Lo cual implica optar por el uso de técnicas y tecnologías que sean flexibles, de buen rendimiento y que posean herramientas que permitan una adopción rápida por parte de sus trabajadores, desarrolladores y administradores [5].

Por ende, los reportes son una parte importante en la industria ya que ayudan a encontrar errores operativos en las zona de trabajo y además de recolectar datos para poder solucionar estos, como lo expone en [6], el cual explica por medio de un método de clasificación automático, las causas de accidentes en una zona de construcción, según un modelo basado en C-BiLSTM y recolección de información para crear informes de fallos, además de clasificarlos en categorías predefinidas. Paralelamente, el uso de un método de análisis de hechos adecuado junto con un método de análisis correcto y el software de visualización de datos adecuado daría como resultado un uso óptimo de la

información para la aspiración futura del éxito del proyecto e informes de progreso del proyecto y evaluación del desempeño [7].

En algunas investigaciones se ha encontrado que existen muchos fallos en la creación de estos reportes, ya que hasta ahora no se ha formalizado una estructura completa y estandarizada de creación de reportes. Además, de una buena depuración de la información para su desarrollo, se realizan búsquedas para hallar estos errores y poder solucionarlos [8], como ejemplo está el estudio de Jian Sun [9], el cual hace una investigación para cuantificar errores existentes en los reportes de problemas e identificarlos, ya que estos los invalidaban como información relevante para la empresa.

Teniendo en cuenta los estudios encontrados acerca de todos los errores que se pueden presentar en la generación de reportes, se pretende dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las características de un sistema de generación de reportes para el área de producción en un entorno de Transformación Digital Industrial?, dado que con su desarrollo e investigación se puede destacar la importancia de la estandarización, digitalización e integración de información para la toma de decisiones basado en los reportes.

ESTADO DEL ARTE

Los sistemas de generación de reportes o de gestión de informes facilitan la distribución de la información a los distintos niveles de la estructura organizativa, facilitando a cada tipo de usuarios la información que requieren según las necesidades en cada momento. Un componente determinante en estos sistemas, es la información que se genera y uno de sus mayores beneficios es la posibilidad de utilizarlos en la toma de decisiones. En [10], se menciona que las herramientas avanzadas pueden mejorar el rendimiento de la toma de decisiones, dado que el diseñar y organizar los flujos de información y los procedimientos de procesamiento de datos, representa un aspecto complejo en muchas organizaciones. Según [11], uno de los requisitos indispensables en los sistemas de información, es poder mostrar los resultados de la gestión de la información con diferentes grados de complejidad, exactitud y detalle que satisfaga las exigencias requeridas.

Por otro lado [12], afirma que el cumplimiento de los requisitos individuales de los clientes se está convirtiendo en un factor cada vez más importante para determinar la competitividad de una empresa, y aquellas que adopten un concepto de fábrica inteligente se convertirán en líderes en este campo. Por tal motivo, la Industria 4.0 supone la preparación de una fabricación inteligente informatizada, garantizando flexibilidad y alta eficiencia de producción, integración de diferentes actividades y comunicación efectiva entre un cliente y un productor. De acuerdo con [13], el concepto de Industria 4.0 une logros tecnológicos de los últimos años con una visión de futuros sistemas de producción inteligentes y automatizados, en los que se conecta un mundo real con uno virtual, asegurando un uso más eficiente de la información disponible [14]. Expone que, las

herramientas de TI satisfacen la necesidad de pensar en nuevas oportunidades para la creación de valor dentro del sector industrial, dirigiéndose cada vez más al cliente, en consecuencia su consigna se centra en los datos para mejorar la cadena de valor industrial. Por lo tanto, la transformación digital se convierte en un importante instrumento de mejora en los procesos industriales.

Entre tanto, para hacer frente a las grandes competiciones y rentabilidad que demandan actualmente las empresas, a menudo se utilizan medidas de rendimiento. Según lo manifiesto en [15,16], la medición y la mejora de la productividad van de la mano, porque no se puede mejorar lo que no se puede medir, dada las grandes fluctuaciones en la demanda de producción, es necesario que los sistemas de fabricación tengan una capacidad de reacción rápida y este requisito puede garantizarse mediante la medición del rendimiento llegando a la conclusión de que el monitoreo de los procesos empresariales y la planta de producción es una de las formas de lograr una mejor eficiencia, rendimiento y visión en general.

[17,18], señalan que, las empresas se enfrentan a diferentes indicadores clave de rendimiento (KPI), que ayudan a formalizar y representar los objetivos de operación, y son herramientas poderosas en los procesos de gestión, actualmente están definidos por las normas ISO 22400-Automatización de sistemas e integración, para la gestión de operaciones de manufactura, de hecho, las descripciones semánticas de los KPI se basan en los modelos de datos, que es una implementación XML de modelos desarrollados por la organización internacional Manufacturing Enterprise Solution Association (MESA). La medición del desempeño permite aclarar problemas de rendimiento, comparar la situación actual con los objetivos y proporcionar pasos exactos hacia la eliminación de los problemas [19,20].

Sin embargo [21], menciona que, estos indicadores han sido implementados principalmente en procesos comerciales, por lo cual aún existe un campo amplio de aplicación y exploración en el área de gestión de procesos de producción, además expone que uno de los principales problemas alrededor de los indicadores de desempeño, consiste en encontrar la información relevante entre un conjunto de datos para tomar las medidas oportunas. Otra limitación implica el no emplear una actualización rápida para una gestión óptima de los procesos, para poder adaptarse a los cambios del mercado, y por ende carecen de información, según lo expuesto por Wang Pang y He Wei en [22]. Además estos autores, estudian la implementación de estos indicadores, en el cálculo de los reportes mediante un programa predefinido, y así complementar la información de estas dos estrategias de análisis, dando como resultado un informe en el cual no solo los gerentes pueden evaluar el rendimiento del personal, por tanto es posible ajustar el índice de rendimiento (KPI) que sea oportuno, retroalimentando los resultados al sistema de evaluación de desempeño.

Paralelamente casi todos los sistemas de medición de rendimiento (PMS) actuales se basan en el uso de indicadores numéricos o indicadores clave de rendimiento (KPIs), para cuantificar la eficiencia y eficacia de las operaciones de fabricación y gestión, el

cual con intervenciones semiestructuradas y los datos recopilados de los sistemas de información, informes técnicos y documentos internos de la empresa, siendo estas las fuentes de información utilizadas para identificarlo y calcularlo, donde a partir de estos resultados se realizan discusiones estructuradas para analizar el PMS [23]. La priorización y la predicción de estos KPIs brindan a la organización una ventaja en comparación con los competidores al ser proactivos en lugar de reactivos. En comparación con las herramientas tradicionales, donde el enfoque está en informes estáticos o tableros sobre datos anteriores, el análisis predictivo se enfoca en estimar los resultados con el objetivo de impulsar un mejor desempeño [24], en consecuencia los KPIs desarrollados son útiles para que los operadores y jefes de planta tomen decisiones, dado que es necesario anticipar a tiempo los problemas y las oportunidades para realizar los ajustes necesarios, es indispensable contar con informes sólidos sobre el desempeño.

La mejora continua es un componente fundamental dentro de las organizaciones, por ello en la actualidad la transformación digital, permite hacer realidad procesos más inteligentes y automatizados a través de tecnologías innovadoras, una transformación I4.0 evoca una ventaja competitiva, la cual trae nuevos flujos de datos haciendo posible que tanto las medianas empresa como las grandes empresas se vean beneficiadas al integrar a sus modelos de negocio la digitalización.

Existen diferentes metodologías, las cuales integran dichos indicadores de rendimiento (KPI), con un enfoque de I4.0. De este modo, [25] expone un estudio de caso de un sistema de medición del rendimiento para IoT en un entorno de fábrica inteligente buscando resolver la dificultad de captura de datos en tiempo real para representar las situaciones reales, en donde se desarrolla un modelo de desempeño basado en IoT el cual adopta los estándares ISA-95 y la norma ISO-22400, los cuales definen procesos de fabricación y fórmulas de indicadores de desempeño. Entre tanto en [26], se propone diseñar e implementar varios indicadores clave de rendimiento capaces de monitorear los procesos centrales que se beneficien de las tecnologías I4.0, sobre un proyecto industrial de generación de energía, proporcionando un enfoque fácil de usar y que se pueda implementar en la práctica para guiar a los tomadores de decisiones, con lo que finalmente se logró validar dicha metodología. Además en [27], presenta una metodología para ofrecer un sistema de informes operativos y de producción, basados en la automatización completa del flujo de trabajo, el cual se implementa para la adquisición, asignación, generación de informes y análisis de datos, a partir de KPIs.

El estudio de Schmidt, Tatjana y Hartel [28], tiene como objetivo principal analizar e identificar las razones subyacentes de los KPIs que son insuficientes, a fin de realizar cambios procesables en el rendimiento de las claves logísticas. A partir del análisis realizado, el estudio logró determinar que en el entorno de la industria manufacturera existen KPIs bajos, debido a los métodos comúnmente implementados. De esta manera, se considera la importancia de comprender las interacciones multicausales en la logística de todos los procesos de la cadena de suministros interna de una empresa, puesto que permite incrementar los KPIs Logísticos y por ende el éxito de las organizaciones en el mercado.

La importante dependencia que tienen los factores nombrados anteriormente en la toma de decisiones, impactan directamente en el costo operativo de una empresa, por lo tanto, se requiere que las decisiones relacionadas con cada una de estas funciones se tomen de manera óptima, esto se ve reflejado en el siguiente estudio [29], en el cual se demuestra y propone un procedimiento para mejorar los requisitos de desempeño basado en un análisis retrospectivo de los informes de fallas de campo y los requisitos originales donde la información extraída para realizar el análisis de la empresa se utiliza para construir requisitos de rendimiento nuevos, siguiendo el modelo de evolución y perfeccionamiento del rendimiento, donde finalmente los resultados demuestran que la información se integra muy bien con los informes de fallas, y mejora la toma de decisiones. También se observa otro ejemplo para la mejora en la toma de decisiones de un estudio exploratorio con informes de problemas contenidos en dos Sistemas de Gestión de Problemas (IMS) que contienen aproximadamente 20.000 informes de incidentes donde el propósito del análisis es obtener una mejor comprensión de la relación entre los informes de problemas en los IMS y hacer una mejor interpretación de los datos [30]. Tanto la estructura como el comportamiento de los sistemas deben evolucionar a las condiciones cambiantes mediante la búsqueda de compensaciones entre un conjunto impreciso y típicamente conflictivo de KPI y el costo [31]. Un ejemplo de esta adaptación donde usan gemelos digitales lo describe la investigación de [32], quien demuestra la efectividad en operaciones y gestión de activos, señalando el escenario variante de toma de decisiones respaldada por simulación sincronizada, gestión de datos y acondicionamiento de datos para monitorear, predecir y optimizar el comportamiento de los sistemas de fabricación. Los trabajos futuros se centrarán en explorar el impacto industrial del sistema de apoyo a la toma de decisiones y ampliar el área de aplicación a otras operaciones, como el control de calidad y problemas de seguridad.

En resumen, esta investigación presenta el uso de diferentes métodos y estrategias que aportan a un adecuado análisis de los reportes de rendimiento de producción. Estos reportes son base fundamental en la toma de decisiones y el mejoramiento continuo. A pesar de esto, todavía se requieren más contribuciones a la integración y generación de reportes de eficiencia y rendimiento del área de producción de una empresa desde un ámbito de transformación digital industrial (TDI). El aporte de este proyecto de investigación es la implementación de una metodología para la generación de reportes de rendimiento teniendo en cuenta criterios y estándares industriales con el apoyo de la empresa OMNICON S.A. que nos permite desarrollar esta investigación en el campo de la automatización bajo un enfoque de I4.0 y TDI.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Proponer un prototipo de un sistema de generación de reportes para el área de producción en un entorno de transformación digital industrial.

Objetivos específicos

- Determinar los datos y KPIs más relevantes y útiles en el análisis de rendimiento para el sector industrial.
- Modelar la estructura de datos del reporte de rendimiento según la especificación anterior.
- Implementar la arquitectura del prototipo de generador de reportes basada en estándares internacionales.

MARCO TEÓRICO

Reportes de producción: Los reportes de producción sintetizan el estado de los procesos y datos de producción, proporcionando resultados sólidos y comunicación dentro de la organización. Esta información impulsa la ejecución de una buena planeación de producción, determinación de tiempos de producción, tiempos muertos, capacidad de producción de mano de obra, capacidad de producción de maquinaria, etc. Además con este tipo de reportes es posible monitorear en tiempo real la producción, costos, rendimiento y calidad. No obstante, uno de los principales errores en los reportes de producción es el tiempo que puede llevar la recolección de y captura de la información si se hace manualmente.

Transformación digital industrial: El concepto de transformación digital puede descomponerse en dos categorías principales: sistemas técnicos (tecnologías digitales avanzadas como la computación en la nube, internet de las cosas, plataformas digitales, big data y análisis) [33], y sistemas sociales (personas, cultura, objetivos, procedimientos y estructuras) [34], para diseñar sistemas de producción que además de estar interconectados, faciliten la comunicación, análisis y uso de información que conduzca a una acción inteligente adicional de nuevo en el mundo físico.

KPIs: Key Performance Indicators, o Indicadores Clave de Desempeño, miden el nivel de rendimiento de un proceso, centrándose en el “cómo” e indicando el desempeño de los procesos, de tal forma que se pueda alcanzar el objetivo fijado. Los KPIs hacen referencia a métricas financieras o no, empleados para cuantificar objetivos que reflejan

el rendimiento de una organización, y que generalmente se compilan en su plan estratégico. El proceso de supervisión de los indicadores clave de desempeño en tiempo real se conoce como monitorización de actividad de negocio. Los KPIs son frecuentemente implantados para “valorar” actividades complejas de medir, son “vehículos de comunicación”. Permiten que los ejecutivos de alto nivel comuniquen la misión y visión de la empresa a los niveles jerárquicos más bajos, implicando directamente a todos los colaboradores en la realización de los objetivos estratégicos de la empresa. Por tanto, los KPIs tienen como objetivos principales: medir el nivel de actividad, realizar un diagnóstico del estado actual, comunicar e informar sobre la situación y los objetivos planteados [35].

ISO 22400: La norma ISO 22400 “Sistemas de automatización e integración: indicadores clave de rendimiento (KPI) para gestión de operaciones de fabricación” [36], provee una descripción general de los conceptos, la terminología y los métodos para caracterizar e intercambiar KPIs con el fin de administrar las operaciones de fabricación. Para evaluar el desempeño de las operaciones de fabricación, se presentan un total de 34 KPI en su última actualización: ISO 22400-2:2014. Además en la norma, los KPIs se representan mediante su fórmula, elementos correspondientes, unidad de medida y otras características. La ISO 22400 tiene como propósito definir las medidas más importantes y generalmente utilizadas para la fabricación industrial, por lo tanto ha sido reconocida por su contribución potencial en las operaciones de fabricación gestión [37].

ISA-95: Es un estándar que permite representar información sobre sistemas de automatización industrial desde el enfoque de la gestión de operaciones de fabricación, el cual integra modelos de equipo, material, personal, segmento de procesos entre otros. ISA-95 consta de 5 partes:

- Parte 1: Modelos y terminología
- Parte 2: atributos del modelo de objeto
- Parte 3: Modelos de actividad de la operación de fabricación
- Parte 4: Modelos de objetos y atributos de fabricación.
- Parte 5: transacciones de empresa a fabricación

ISA 95 se basa en un modelo jerárquico, identificando 4 niveles diferentes. El nivel 4 corresponde a la Planificación Comercial y Logística donde se desarrollan actividades de planta alrededor de la programación de la producción, la gestión de las operaciones, etc. El nivel 3 de fabricación, operaciones y control, ejecuta actividades como: despacho de producción, programación de producción detallada, garantía de confiabilidad, etc. Los niveles 4 y 3 son similares independientemente del tipo de industria en la que se utilicen. Mientras al nivel 2 corresponde al control de procesos y sistemas, el nivel 1 a los sensores y actuadores, y el nivel 0 es el proceso de producción en sí. Los niveles 2, 1 y 0 difieren con respecto al tipo de industria por lotes, continua y/o discreta [38].

MES: El punto de referencia para los estándares MES ha sido definido por MESA International, Asociación de Soluciones Empresariales de Manufactura (MESA). MESA

dice que “Los Sistemas de Ejecución de Manufactura entregan información que permite la optimización de las actividades de producción desde el lanzamiento del pedido hasta los productos terminados. Usando datos actuales y precisos, MES guía, inicia, responde e informa, sobre la planta actividades a medida que ocurren”. Gracias a MES, el proceso de fabricación se convierte en un proceso impulsado por la información y una poderosa herramienta para aumentar la productividad de las empresas [39].

El alcance de un MES incluye:

- Gestión de definiciones de productos.
- Gestión de recursos.
- Envío de órdenes de producción.
- Ejecución de órdenes de producción.
- Recopilación de datos de producción.
- Análisis del desempeño de la producción.
- Seguimiento y localización de la producción.

CAPÍTULO I RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

Con propósito efectuar el desarrollo del proyecto, se llevó a cabo un estudio de información referente a los sistemas de información y la generación de reportes en el área de producción, para lo cual se estudiaron diferentes propuestas de investigación, que brindan información de los elementos necesarios para realizar el proceso de generación de reportes, de manera que permita extraer información respecto al correcto manejo de la producción dentro de la industria manufacturera.

1. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE LOS SISTEMAS DIGITALES EN LA INDUSTRIA DE MANUFACTURA.

Es de bien saber que dentro de la industria manufacturera una de las actividades de vital valor para la optimización de las empresas empieza desde el uso adecuado de la información en cada una sus áreas, ya sea para el control adecuado de la producción, como para la mejora continua y progresiva en la calidad y el producto final que llega a manos del consumidor.

Un porcentaje elevando tanto de pequeñas como de medianas empresas hacen uso de técnicas o procesos rudimentarios y experimentales, sin tener una experiencia lo suficientemente amplia, para verificar y tener certeza de que los procesos administrativos que se emplean sean los adecuados para llevar a cabo dichas funciones, es por tal razón que al no tener la información adecuada y menos el control de esta, en su proceso de producción implica que haya un aumento considerable para que ocurran incidentes y deficiencias a la hora de la toma de decisiones por parte del personal encargado, llevando así a falencias que ponen en riesgo el capital económico de las empresas.

Ahora bien aunque existen diversos métodos y técnicas elaboradas por personal idóneo y capacitado para el óptimo manejo de la información y la adecuada manera de generación de reportes dentro de la producción de una empresa manufacturera, la mayor parte de las veces las empresas no toman en consideración estas recomendaciones por diversos factores que se tienen en cada empresa, ya sea por apatía o por el desconocimiento de la importancia y los beneficios que traen el uso de las tecnología y la aplicación de estándares, dejando solo a consideración los aspectos como los costos económicos, que pueden llegar a tomarse como negativos por parte de ellos. Análisis que puede llegar a traer demasiadas consecuencias para las existencias de las empresas, debido a que se impide el mejoramiento dentro de los diferentes procesos y genera una obsolescencia en las áreas de las mismas empresas.

1.1 Importancia de los sistemas de información en la industria manufacturera.

Con el fin de relacionar la información es necesario traer a colisión algunas de las definiciones acerca de lo que es un sistema de información y su avance a través de los

años, de manera que permita abarcar una conceptualización más amplia y suficiente para entender la importancia que tiene en las empresas de la industria manufacturera. Como lo enuncia [40], un sistema de información hace referencia a un conjunto interrelacionado de componentes en los que participan el talento humano y los diferentes recursos empresariales que permitan transformar y almacenar la información recopilada en la organización con el propósito de que llegue a ser productiva en las diferentes áreas de la empresa.

Un concepto adicional lo encontramos en [41], donde un sistema de información es la unión de diversos componentes físicos e intelectuales en una organización, que permiten que la información esté al alcance de los usuarios, sin embargo los sistemas de información no deben prescindir de los recursos tecnológicos, ya que principalmente su adaptación, manipulación y desarrollo de su alcance radica en la información que se manipula por el personal de la organización.

Por otra parte, notamos que los procesos productivos se han visto afectados a través de los años de manera que su avance ha llegado a barreras antes inimaginables. La investigación utilizada para el avance y desarrollo de los proyectos en las diversas empresas ha tomado gran fuerza, debido al enfoque y la determinación que se presenta en cada uno de los campos de esta. Existen diversidad de factores que hacen que los procesos productivos se desarrollen con mayor rapidez y que llevan a las industrias a alcanzar su optimización, es por ende que algunos de estos puede inducir a que la productividad y la competencia en el mercado global sea aún mayor tanto para los grandes productores como para aquellos que están en su proceso de expansión [42].

Uno de los procesos de gestión más importantes en una empresa es la programación de la producción, ya que nos brinda la posibilidad del manejo de los recursos de acuerdo a nuestra disposición, el acceso a la información y el uso de los diferentes datos que se abarcan dentro de la organización. Esto trae un gran beneficio para aquellas empresas en las que se toma en cuenta este aspecto, debido a que permite disminuir los tiempos malversados y ayuda al mejoramiento de la toma de buenas decisiones en la administración de producción para la empresa [43].

1.1.1 Pros y contras del uso de sistemas de información.

No obstante se debe tener en cuenta que al emplear una óptima gestión de la producción a través de la generación de reportes se puede llegar a evitar algunos inconvenientes pero a su vez también puede traer algunos beneficios como los siguientes:

1.1.1.1 Desventajas del uso de sistemas de información.

- **Tiempos excesivos en la implementación y adaptación.**
A pesar del gran esfuerzo y la adecuada labor por parte del personal en el área de producción de las empresas manufactureras siempre es factible que el tiempo

empleado para la elaboración y terminación de sus productos puede llegar a demandar más de lo establecido y adecuado [44], es por esta razón que se hace necesario el emplear tecnología que apoyen al personal encargado de estas labores al gestionar la información de manera oportuna y precisa en sus funciones, sin embargo esta labor puede tornarse un poco larga debido al proceso que se debe adoptar con el personal que trabaja en la empresa.

- **Problemas técnicos y manuales.**

La generación de reportes dentro del área de producción implica que si no se hace un estudio adecuado, puede traer graves consecuencias como fallas de hardware o de software o funciones implementadas inadecuadamente por parte del personal encargado, por tanto, para apoyar ciertas actividades de la organización se requiere contar con el apoyo de la tecnología que busca controlar el uso adecuado de los recursos y la toma de buenas decisiones.

- **Resistencia al cambio por parte de los usuarios.**

El suponer que el uso de herramientas tecnológicas o métodos enfocados en el tema, traerán consigo aumentos económicos, conlleva a que los usuarios no implementen para su uso cotidiano estos recursos de gran importancia para sus empresas, imposibilitando mejorar sus procesos de producción.

1.1.1.2 Ventajas del uso de sistemas de información.

- **Disponibilidad de mayor y mejor información para los usuarios en tiempo real.**

Gracias a datos oportunos, verídicos y confidenciales que aporten valor al proceso garantiza que la toma de decisiones sea de forma rápida y que los actividades que se deban ejecutar dentro de cada uno de los procesos de producción de las empresas sea constate y eficaz.

- **Elimina la barrera de la distancia trabajando con un mismo sistema en puntos distantes.**

Al emplear sistema de información a la vanguardia facilita que la información que se requiera en otras áreas de la empresa e inclusive en otros lugares más apartados como ciudades o regiones se emplee de manera conjunta y con la misma precisión y con el mismo lenguaje de programación y configuración en cada uno de los procesos en que se requiera.

- **Permite comparar resultados alcanzados con los objetivos programados, con fines de evaluación y control.**

En este punto es muy importante resalta que precisamente el crear un sistema para generar reportes en el área de producción de una empresa implica que va a traer una mejora constate en la calidad, el tiempo y el costo, debido a que garantiza

tener la información del antes, el ahora y el después de cómo se lleva a cabo las actividades para la producción y así optimizar su rendimiento.

- **Reduce costes y apoya la coordinación de las actividades de la cadena de valor.**

En la medida en que los sistemas de información implementados llegan a ser mucho más eficientes que aquellas prácticas o sistemas anteriormente empleados, otro aspecto importante es cuando permiten recopilar información que más adelante es requerida para el funcionamiento en otras actividades.

1.1.2 Objetivo de los sistemas de información.

De acuerdo a lo expuesto por [45], puede decirse que un sistema tiene dos tipos de objetivos: los intrínsecos y los asignados.

Los objetivos intrínsecos: Estos objetivos se pueden describir como los planes que se toman en cuenta en una organización de acuerdo a sus propios criterios y que forman la razón de ser para ella, estos objetivos son principalmente muy básicos y fáciles de discernir para su comprensión debido a que hacen parte de los diversas áreas de la organización.

Los objetivos asignados: Los objetivos asignados son los que realizan un cambio de manera precisa y determinada a la organización, con el propósito de que las actividades se realicen de acuerdo a esta determinación.

Ahora bien, un sistema de información tiene como principal objetivo el reunir y almacenar todos los datos que componen las áreas de una empresa, esto con el propósito de que la información que fluye a través de la empresa siempre este al alcance de sus empleados y además de que brinde un fácil manejo y la seguridad en su uso [46].

De acuerdo a esto, es de resaltar que un sistema de información no solo es aquel que busca agrupar un conjunto de programas y equipos informáticos, en donde solo se emplean para el desarrollo de las actividades rutinarias en un proceso productivo, hoy en día los sistemas de información son un arma sumamente importante en la planificación estratégica y la toma de decisiones en una empresa ya que permite a las empresas lograr una ventaja competitiva sostenible en el tiempo y garantiza una mejora constante en las diferentes áreas de la empresa.

1.2 Estudio de la información para la gestión del proceso de producción.

La gestión de la producción consiste en la aplicación de distintas técnicas que atienden la toma de decisiones asociadas con los procesos de producción, para que los bienes o servicios generados se preparen de acuerdo a las precisiones, en cantidad y en la

duración exigida, que definirán como funcionara el proceso de manufactura. Este proceso, involucra información y tecnología, que interactúan con personas, en donde su objetivo último es la satisfacción de la demanda con estándares de calidad y eficiencia.

La gestión de la producción es un elemento de gran impacto en una empresa, dado las múltiples actividades que desarrolla, las cuales implican, planificar, organizar, dirigir y controlar las operaciones de producción.

La función de la información en los procesos de apoyo, en las operaciones de las empresas, es cada vez más importante. En el mercado competitivo actual, la gestión de la información se traduce en un "requisito previo" para la gestión de procesos [47]. La importancia de la gestión de procesos para mejorar la eficiencia, la eficacia y la flexibilidad de la producción, así como la calidad del producto final ha sido bien reconocida en la literatura [48]. Lograr una gestión eficaz de los procesos requiere una gestión de la información, que puede definirse como la disponibilidad y gestión de información oportuna y relevante [49]. La forma en que una empresa comparte información internamente y cómo administra la información con partes externas puede afectar los procesos y el desempeño interno y externo de la empresa [47].

La gestión de la información contempla en gran medida la aplicación de TI y sistemas de información. Este es el factor principal que dicta las decisiones relacionadas con TI y los sistemas de información. Semejante a la gestión de procesos, la gestión de la información ha sido vista y estudiada en escenarios internos y externos [50]. Para la eficiencia de la gestión de la información interna es importante la integración de la infraestructura de la información para favorecer el intercambio de información precisa y apropiada en apoyo de los procesos multifuncionales dentro de una empresa [50]. A pesar de que la gestión de la información interna es fundamental, no es suficiente para las empresas asegurar el flujo y la integración de la información entre funciones dentro de los límites de una organización. Debido a la naturaleza asociada de las empresas en las cadenas de suministro, garantizar que la información relevante se comparta y esté disponible entre los socios de la cadena de suministro es determinante para el éxito comercial [51].

La administración eficaz de la información es el principal expediente para la mejora de la gestión de procesos [52]. La gestión de la información interna facilita a los empleados visualizar e identificar oportunidades para reducir la variación del proceso y el tiempo de producción, lo que ocasiona una mejora en el desempeño organizacional [53]. Los sistemas de información dentro de una empresa le dan la facultad de proporcionar y poner a disposición información confiable sobre sus niveles de inventario y el estado del inventario en tiempo real. Tener tal competencia e información permite a la empresa coordinarse mejor con sus socios de la cadena de suministro, lo que garantiza la integración y la gestión de procesos entre empresas [54].

1.2.1 Tipos de producción en la industria de manufactura.

En los procesos industriales de manufactura, pueden identificarse principalmente tres tipos de procesos: continuos, discretos, batch. Su clasificación obedece en función de cómo se realiza la entrada, y en cómo se obtiene el producto a partir de esta.

Procesos continuos: Estos involucran un flujo de entrada y salida continuo de material al sistema, son procesos estandarizados y no hay interrupciones en su secuencia.

Procesos discretos: Estos se caracterizan por emplear un tipo de producción por partes, en lugar de seguir secuencias, como resultado se obtienen piezas que posteriormente serán ensambladas para obtener un producto final. Este tipo de producción permite adoptar una metodología ágil e inteligente, dado que es posible generar componentes de forma individual, conduciendo a procesos más competitivos y eficientes.

Procesos batch: Consiste en un tipo de producción discontinuo o por lotes, cantidades limitadas de un tipo de producto a la vez, con características similares pero independientes entre lotes, los productos son fabricados por grupos o cantidades determinadas. El rendimiento de la producción se basará en las características específicas de cada lote.

1.2.2 Etapas claves dentro del proceso de producción.

Los procesos productivos se componen principalmente de tres etapas, los cuales proporcionan que los productos y servicios atiendan los estándares de calidad, haciendo más eficientes las operaciones de la empresa.

Análisis o entrada: Esta etapa del proceso inicia una vez se reúnen las materias primas para su transformación, en donde la intención es adquirir la mayor cantidad de materia prima al menor costo. Posteriormente la materia prima es dividida en partes más pequeñas, de acuerdo a las necesidades de producción.

Transformación: En esta fase la materia prima se transforma o se adapta hasta la definición de los productos o servicios previstos. Es importante también, llevar a cabo labores de monitorización, control y asistencia para que los resultados sean los que hemos planificado al inicio del proceso de producción.

Producto final o salida: Esta etapa hace referencia a la comercialización, dado que la producción no se detiene en cuanto se fabrica el producto, se debe llevar un acondicionamiento, el cual comprende desde el transporte, almacén y control del producto, de acuerdo a unos estándares de calidad.

1.3 Análisis de la información para la generación de reportes en un entorno de transformación digital.

La destreza digital de una empresa es fundamental para conservar su competitividad en el mercado actual. Las tecnologías están cambiando y evolucionando rápidamente, lo que a su vez aumenta la competencia y la necesidad de las empresas de innovar rápidamente [55].

Integrar y aplicar las tecnologías digitales en la industria, implica cada vez un mayor reto, para hacer de esta una prioridad táctica y estratégica, de las oportunidades que presentan las tecnologías digitales modernas. La transformación digital en una empresa puede identificarse como el aprovechamiento de nuevas tecnologías digitales, como redes sociales, dispositivos móviles, análisis o dispositivos integrados, para proporcionar significativas mejoras comerciales, como potenciar la experiencia del cliente, optimizar las operaciones o crear nuevos modelos comerciales.

La transformación digital va más allá de una simple digitalización de recursos, provocando en consecuencia la construcción de valor e ingresos a partir de activos digitales [56]. La transformación da paso hacia una mejor colaboración dentro y entre organizaciones, métodos más personalizados de participación del cliente, mayor innovación y productividad de los empleados, y conocimientos más específicos de los datos, lo cual ayuda a una empresa a crecer y le provee una mejor oportunidad de evolucionar [57].

La eficiencia de la gestión empresarial está siendo provista por el uso común de los sistemas de información, que solo puede aumentar a través de una gestión de datos flexible, tendencias modernas en la adopción de la demanda de fabricación, entre los subsistemas de fabricación de información existentes para crear un sistema de información empresarial completo [58].

Los sistemas de información, se fundamentan en el cumplimiento de objetivos, tales como: el procesamiento de entradas, el almacenamiento de datos relacionados con la entidad, producción de reportes y otro tipo de instrumentos de resumen de datos. Sin embargo, el uso de los sistemas de información, particularmente los asociados a nivel de gerencia, en el contexto actual de la transformación digital, cumple un papel esencial para garantizar la integración tecnológica de todos los procesos administrativos de la empresa, y así concebir un conocimiento preciso para tomar decisiones rápidas y acertadas.

En la estructura organizacional de una empresa, ver Figura 1, los sistemas de información gerencial, se encuentran en un nivel administrativo, en el que se relaciona con funciones de seguimiento, control, toma de decisiones y administración de recursos. La información en este nivel, ocupa la función de herramienta de planificación y toma de decisiones que sirve de ayuda para el desarrollo de la productividad de una organización, usando así sus operaciones diarias de control. Los sistemas que se localizan en un nivel administrativo

tienen como objetivo proporcionar informes o resúmenes regulares relacionados con las operaciones o procedimientos que ejecuta la empresa [59]. Un recurso que permite obtener información directamente de una línea de producción, mediante equipos de identificación automática y automatización industrial, es la implementación de de Sistemas de clase MES (MES- Manufacturing Execution System), en donde uno de sus elementos diferenciadores consiste en la precisión y relevancia de los datos como base para un análisis más detallado.

Figura 1 Principios de sistemas de información: enfoque administrativo



Fuente: Stair, R. M., & Reynolds, G. W. (2000). Principios de sistemas de información: enfoque administrativo (No. 658: 004.7). International Thomson.

Por lo tanto, en la actualidad una alternativa para lograr una ventaja competitiva importante en las empresas manufactureras ha sido incorporar a la planificación de la cadena de suministros con los sistemas MES y de planeación de los recursos empresariales (ERP), los cuales han sido construidos con el objeto de atender las necesidades de las empresas productivas, bajo la premisa de la integración y uniformidad de los datos. Al reunir la información a medida que se lleva a cabo el pedido, los conocimientos y la experiencia de la empresa se formalizan y alimenta una base de datos que permitirá todo tipo de análisis y previsiones para nuevos estudios. Transformando la integración de la información en un objetivo estratégico dentro de las mismas, ya que es predominante para la toma de decisiones, correcta ejecución de la producción y la consulta de datos en tiempo real [60].

En este contexto, un sistema MES, permite la adquisición de datos orientada a nivel de planta, combina la adquisición de datos de producción y de máquinas, el personal, registro del tiempo de trabajo, administración de energía y más, por tanto proporciona una guía centralizada de estos componentes, por tanto un MES, puede verse como una herramienta combinada de integración de datos y dirección de procesos, además incluye funciones de informes y análisis, para monitorear las capacidades de máquina, la configuración o el avance de tiempos para visualizar indicadores de desempeño [61,62].

El desarrollo de informes sobre el rendimiento de la fabricación, proporciona al personal de línea, la retroalimentación requerida para el aprendizaje, y dirige sus funciones hacia mejoras en la productividad y la calidad. Por lo tanto, es probable que la demanda de sistemas de informes de rendimiento de planta sea mayor donde se empleen estas nuevas prácticas de fabricación [63].

1.3.1 Indicadores clave de rendimiento frente a los sistemas de generación de reportes.

La aplicación de herramientas y técnicas para monitorear y supervisar el desempeño de los sistemas industriales, se ha tornado determinante para las empresas que buscan ser más competitivas en el mercado actual. El propósito principal es la condición de validar tareas que son ejecutadas por sistemas, como máquinas industriales, que están involucradas en procesos de producción. La localización temprana de fallas y/o valores de sistemas mejorables permiten anticiparse a problemas críticos que pueden retrasar o incluso anular la productividad. La evolución en las tecnologías basadas en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) permiten la recopilación de datos sobre el tiempo de ejecución del sistema. De hecho, los datos no solo se recopilan, sino que se reorganizan e integran en los nodos informáticos seguidamente, los datos formateados pueden procesarse y analizarse más [64].

Una modalidad de gran utilidad en las empresas para evaluar el desempeño actual, tanto de los empleados como de las unidades operativas es la aplicación de sistemas de información de gestión basada en KPIs, estos exponen las estructuras y los procesos de una empresa. Los KPIs, son esenciales en la planificación y control de la información, en desarrollar transparencia y apoyar en la toma de decisiones de gestión. Alrededor del control en los sistemas de información, la eficiencia es un método formal para evaluar el rendimiento de los miembros del personal y unidades operativas dentro de la organización. En el entorno empresarial moderno la información es uno de los recursos más importantes, para construir un sistema efectivo de medición del desempeño, es clave para definir y estandarizar todos los procesos dentro de la organización. De este modo, lo más importante para el éxito empresarial no es solo la cantidad de datos, sino lo que las empresas hacen con los datos.

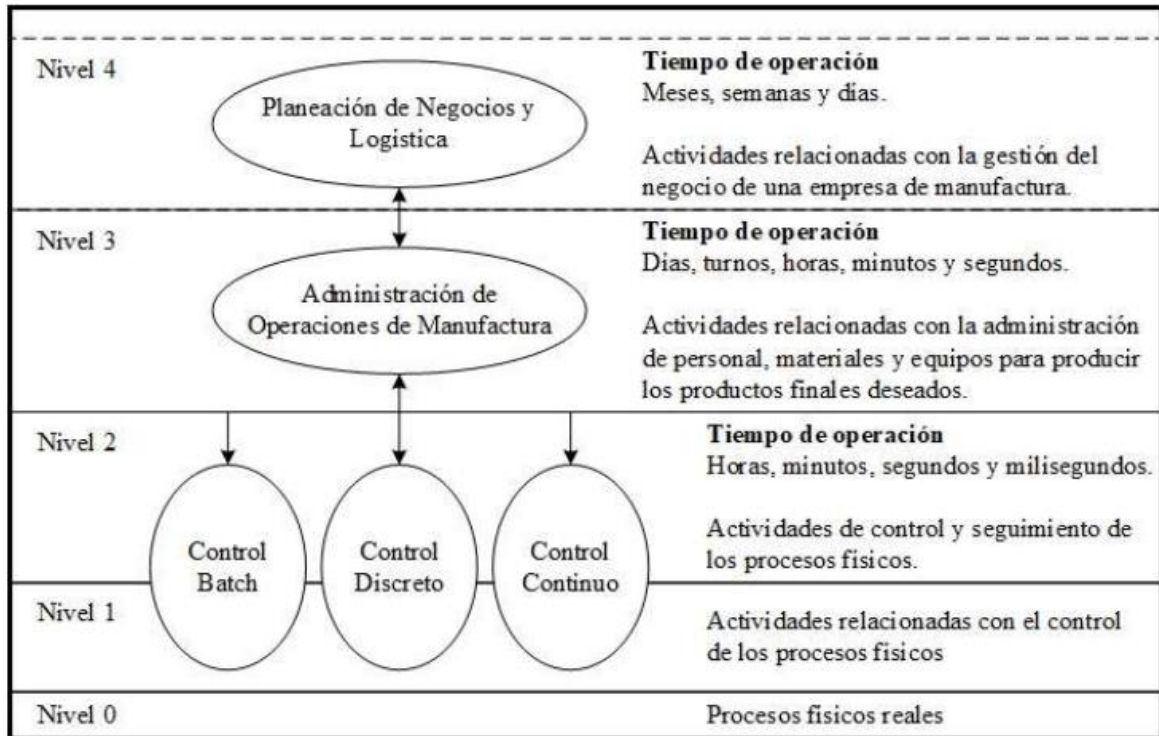
La selección de KPIs implica una consideración simultánea de indicadores cuantitativos y también cualitativos, además no hay un subconjunto único, dado que un conjunto

completo de indicadores podría conducir a una enorme cantidad de datos, lo que exageraría muchos esfuerzos y elevados costos tanto en la adquisición como en el análisis [65]. Se pueden elegir varios indicadores, esta decisión dependerá de los objetivos, estado y orientación de la empresa.

El mecanismo de medición del desempeño debe ser propicio a abordar directamente áreas que fomentan rentabilidad sostenible y solidez financiera. Para atender con este requisito, el método de medición del desempeño tendrá que proveer una precisión sólida de la participación de la oferta, encadenando operaciones a áreas como, crecimiento, minimización de costos, capital de trabajo eficiencia y utilización de activos fijos. Un sistema de gestión del rendimiento robusto y escalable es el escenario para mejorar. Debe estar apoyado en excepciones y conferirles a los usuarios prevenir el lidiar con problemas, capturar conocimiento y mantener mejoras. El sistema debe ser capaz de gestionar un número creciente de usuarios y cantidades de información. Si bien debe ser personalizado y fácil de usar, debe también preservar altos niveles de seguridad y privacidad. El reto para muchas empresas reside en determinar qué información es fundamental para impulsar mejoras y eficiencias en cada proceso de la cadena de suministro, y la estructura de un sistema de información respecto a la gestión para traducir los datos sin procesar en métricas significativas y KPIs [66].

El rendimiento de las organizaciones industriales no sólo se mide a nivel de planta de producción, es decir, donde las operaciones físicas son ejecutadas por máquinas. De hecho, se basará en el tamaño y necesidades de las empresas, el nivel organizacional a medir y monitorear. Más concretamente, siguiendo los llamados niveles de pirámide de automatización definidos en ISA-95 por la Sociedad Internacional de Automatización, las empresas pueden centrarse en diferentes niveles que incluyen: Business Planning & Logistics, Manufacturing Operations Management y niveles de control que, a su vez, incluye operaciones de control Batch, Continuo y Discreto [67]. En particular, en tanto, los niveles superiores se preocuparán por el estado financiero, el marketing, la contabilidad y la planificación de recursos; la atención de los niveles inferiores está en la programación, la asignación de recursos, las operaciones de mantenimiento, las operaciones de calidad, la gestión de inventario y la recopilación de datos [68]. En los últimos niveles, es esencial que las herramientas y técnicas de monitoreo seleccionadas permitan comprobar parámetros específicos en el tiempo de ejecución del sistema sin interrumpir los procesos que se están ejecutando [64].

Figura 2 Jerarquía funcional de los sistemas de Automatización según ISA 95



Fuente: Tomada y modificada de IEC 62264-3 (2007)

Las empresas industriales actuales son más imperativas que antes en referencia a las necesidades particulares de logística, automatización, control y, también, la dificultad de los ingenieros para responder a la heterogeneidad del sistema, entre otros temas. No obstante, el uso de tecnologías fundamentadas en las TIC para apoyar las necesidades antes mencionadas permite la compilación de enormes cantidades de datos tanto de sistemas cibernéticos como físicos que pueden transformarse para medir el rendimiento de los sistemas. Esto se puede adoptar a cualquier nivel de la pirámide de automatización ISA-95 porque las empresas han aumentado la interconectividad de sus recursos. Esto está alineado con el concepto de Industria 4.0 [69], o cuarta revolución industrial, que es una de las tendencias actuales en el dominio de la automatización industrial [70,71].

1.3.2 ISO 22400.

De acuerdo con la norma ISO 22400, los KPIs se describen como medidas cuantificables y estratégicas que representan los factores críticos de éxito de una organización, se presenta como una extensión natural del estándar ANSI/ISA-95. ISO 22400 es una norma determinada por la International Organización para la Estandarización que define cómo, elaborar, intercambiar y utilizar KPIs de apoyo a la gestión de las operaciones productivas [72].

La norma ISO 22400 presenta terminologías, conceptos y 34 KPIs para el nivel de Gestión de Operaciones de Manufactura (MOM). Estos KPI están estandarizados y, por lo tanto, están destinados a ser utilizados en diferentes sistemas de fabricación [73]. Sin embargo, la aplicación de tales KPIs en la industria manufacturera del mundo real es un desafío. Por lo tanto, la organización internacional MESA desarrolló el lenguaje de marcado de KPI, que presenta el modelo de datos proporcionado para los KPIs estándar ISO 22400 en un formato basado en XML (lenguaje de marcado extensible) [74]. Estos KPIs se calculan al nivel MOM de la industria y requieren algunos parámetros de los niveles inferiores, por ejemplo, el nivel de los sistemas de control, donde los sensores proveen retroalimentación del sistema de fabricación. Después del cálculo, estos KPIs se envían al nivel de planificación comercial y logística para su posterior utilización y toma de decisiones. La norma ISO 22400 consta de dos partes:

- ISO 22400-1: Descripción general, conceptos y terminología.
- ISO 22400-2: Definiciones y descripciones.

La ISO-22400-1 consta de la descripción general y los conceptos elementales del marco de KPI en la industria. Además, la primera parte define la terminología concreta que se utiliza en el diseño de un KPI. Por otro lado, la ISO-22400-2 compila una lista de 34 KPIs que se pueden usar en la industria manufacturera con definiciones específicas, alcances, fórmulas y una descripción completa de cada KPI.

1.3.3 Informes KPIs y métricas.

Los KPIs y las métricas van de la mano y deben reflejar los impulsores estratégicos y deben ser coherentes con la visión y los objetivos de la organización. Un KPI es una medida de rendimiento y éxito [75]. Mientras que una métrica es un número cuantificable dentro de un KPI que contribuye al realizar un seguimiento del rendimiento y el progreso [76].

La anatomía de un KPI es la siguiente:

- La clave se define como un contribuyente principal al éxito o al fracaso.
- El desempeño se ilustra como una métrica que se puede medir, cuantificar, ajustar y revisar.
- El indicador se explica como una representación racional y realista del desempeño presente y futuro.

En la norma ISO-22400-2 todos los 34 KPIs se dividen en cuatro grupos: producción, operaciones de mantenimiento, calidad e inventario y administración. El trato de los KPIs de gestión de operaciones de producción con las actividades de la línea de producción, están en su mayoría asociados con los gerentes de producto y los trabajadores que trabajan en torno a las líneas de producción. Los KPIs de gestión de operaciones de calidad son relevantes en cualquier sistema de fabricación, garantizan que todos los productos elaborados sean de óptima calidad. Estos KPIs informan el rendimiento de toda

la línea de producción, en términos del enfoque de calidad. Los KPIs de operaciones de inventario desempeñan actividades como, el transporte de materia prima desde el almacén hasta las líneas de producción y la recogida de productos terminados para el almacenamiento [77].

La Tabla 1 presenta un conjunto de KPIs del estándar ISO 22400 (P – producción, M – mantenimiento, I – inventario, Q – calidad).

Tabla 1 ISO 22400 Indicadores clave de desempeño

KPI	Producción	Mantenimiento	Inventario	Calidad
Eficiencia del trabajador	X			
Ratio de asignación	X			
Índice de producción	X			
Eficiencia de asignación	X			
Eficiencia de utilización	X			
Índice de eficacia general de los equipos	X			
Índice de eficacia de equipos de red	X			
Disponibilidad	X			
Eficacia	X			
Ratio de calidad				X
Tasa de configuración	X			
Eficiencia técnica	X			
Ratio de proceso de producción	X			
Ratio de desecho planeado real				X
Rendimiento de primer paso				X
Ratio de desecho				X
Ratio de re trabajo				X
Ratio de disminución				X
Índice de capacidad de maquina	X			
Índice de capacidad de maquina crítico	X			
Índice de capacidad de proceso	X			

Índice de capacidad de proceso crítico	X			
Consumo global de energía	X			
Turnos de inventario			X	
Ratio de productos terminados	X			
Ratio de productos integrados	X			
Ratio de pérdida de producción	X			
Ratio de pérdida de almacenamiento y transporte			X	
Ratio de otras pérdidas			X	
Índice de carga de equipos	X			
Tiempo de operación medio entre fallas		X		
Tiempo medio de falla		X		
Tiempo medio de restauración		X		
Ratio de mantenimiento correctivo		X		

Fuente: Usman, M., 2018. An Implementation of KPI-ML to a Multi-Robot Line Simulator (Master's thesis).

El nivel de gerencia necesita KPIs por diferentes razones:

1. Para determinar dónde ha estado y cómo se ve el desempeño en el pasado.
2. Para seguir el progreso del cambio.
3. Para planificar y preparar hacia dónde se dirige, cómo se ve el éxito en el futuro e identificar cómo lograr el éxito.

Características de un KPI:

1. Medidas no financieras (no expresadas en dólares, yenes, libras, euros, etc.).
2. Medido con frecuencia (por ejemplo, diariamente o 24/7).
3. Actuado por el CEO y el equipo de alta gerencia.
4. Comprensión de la medida y la acción correctiva requerida por todo el personal.
5. Vincula la responsabilidad al individuo o al equipo.

6. Impacto significativo (p. ej., afecta a la mayoría de los principales factores críticos de éxito y a más de una perspectiva BSC).
7. Impacto positivo (p. ej., afecta todas las demás medidas de desempeño de manera positiva).

1.4 Estándar ANSI/ISA 95.

En general, la definición de estándar puede ser para algunas personas una palabra más que hace referencia al lenguaje tradicional y que se asocia a un concepto guía pero no imponente, sin embargo existen ciertas personas o entidades para los cuales este concepto hace parte de una norma o ley que debe respetarse y seguirse a cabalidad si se desea asociar a determinado campo investigativo o práctico. Por un lado, al hablar de estándar se puede dar una orientación que resalta su carácter democrático y conciliador y, por otro, una postura más crítica, que se asocia más a la imposición de ciertas características sociales y de estudio a través de los años [78].

De hecho, es así como [79], describe el concepto de estándar como la unión de varios componentes que ayudan a determinar las características de los diversos recursos empresariales y que al aplicarse debidamente arrojan como resultado una serie de comodidades al servicio de la industria. Es de recalcar que los estándares pueden llegar a evolucionar debido a alta demanda y las competencias en el mercado que se afrontan, todo con el objetivo de brindar un mayor desempeño en su implementación.

Uno de los estándares más importantes en sector de la automatización, y que sirven mucho en el desarrollo del presente proyecto, son los de la Sociedad Internacional de Automatización ANSI/ISA generados en el año de 1949, inicialmente como una práctica recomendada y posteriormente publicada como estándar en el año de 1984 [80].

1.4.1 Aplicaciones del estándar ANSI/ISA 95.

Con la aparición de nuevas tecnologías y el avance tecnológico con el que nos encontramos hoy en día, cada vez se presenta una mayor facilidad para desarrollar y transmitir el intercambio de información de forma automática, rápida y segura entre las diferentes áreas de una empresa, llámense piso de oficina y el piso de planta.

Una interfaz automatizada entre la empresa y los sistemas de control puede proporcionar numerosas ventajas, por ejemplo, acceso a la información importante en el momento oportuno y el lugar correcto, que es lo que se pretende al desarrollar, un sistema de generación de reportes en el área de producción. Por consiguiente la empresa tiene acceso a información de todas las materias primas y productos finales en tiempo real, así mismo como de las actividades que se realizan y el personal que las ejecutan. Lo que permite un uso óptimo de la capacidad de producción.

El estándar ISA-95 está encauzado en el intercambio de información y de flujos de trabajo, por lo tanto, se basa en una estructura flexible de funciones para la administración de la producción que interactúan con el nivel de gestión empresarial; pudiéndose utilizar para cualquier tipo de empresa (Nivel 4 de Planeación de Logística y Negocios) y a diferentes clases de procesos tales como:

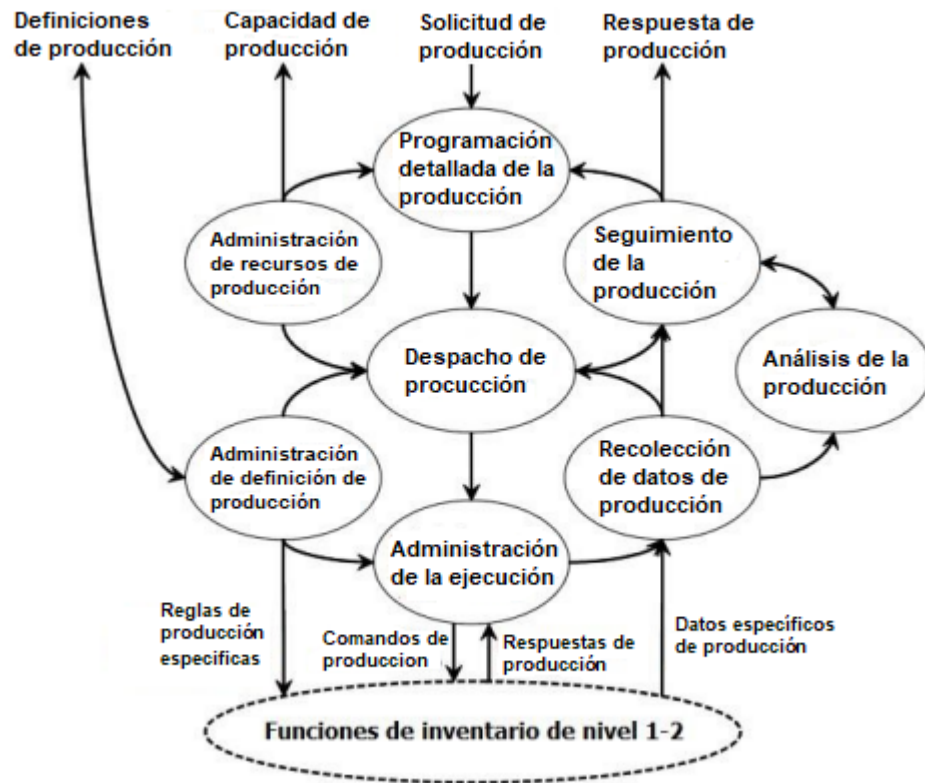
- procesos continuos.
- procesos batch.
- procesos discretos.

Facilitando la toma de decisiones, ya que posibilita la fluidez de la información [81].

1.4.2 Análisis del modelo de administración de operaciones para la producción.

El modelo que se muestra en la Figura 3, se encuentra definido por la parte 3 del estándar ANSI/ISA-95, en donde detalla las actividades de la gestión de operaciones de producción en lo que se refiere a la transferencia de recursos dentro de los centros de trabajo. El modelo está desarrollado para ayudar en la identificación de actividades que se pueden realizar y en la identificación de los roles asociados a las actividades, convirtiéndose en un referente fundamental para el desarrollo del presente proyecto, debido a que brinda las herramientas necesarias para definir el flujo de información en los diferentes niveles, teniendo en cuenta lo más importante dentro del proceso de producción para el desarrollo de modelos que permitan la generación de reportes de los recursos de una empresa manufacturera ejecutados a través de una herramienta digital.

Figura 3 Modelo de administración de operaciones de producción



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

De acuerdo al estándar las actividades generales en la gestión de operación de producción son las siguientes:

- Controlar la conversión de materias primas en productos finales de acuerdo con planes de producción y estándares de producción.
- Realizar actividades de ingeniería de la planta y actualizar el plan del proceso.
- Requisitos de distribución de materia prima.
- Elaboración de informes de desempeño y costos.
- Evaluar las limitaciones de capacidad y calidad.
- Auto verificación y diagnóstico de equipos de producción y control.
- Crear estándares de producción e instrucciones para SOP (procedimientos operativos estándar), recetas y manejo de equipos para equipos de procesamiento específicos.

Las funciones principales incluyen: ingeniería de soporte de procesos, control de operación, plan de operación.

Sumando a la información, las actividades para la producción se pueden agrupar en ocho categorías funcionales. A continuación, se denotan las actividades de gestión de operaciones de producción propuestas en el estándar ANSI/ISA 95.

- Administración de definición de producto.
- Administración de recursos de producción.
- Programación detallada de la producción.
- Despacho de producción.
- Administración de ejecución de la producción.
- Recolección de datos de producción.
- Seguimiento de la producción.
- Análisis del rendimiento de la producción.

De este modo, es posible analizar la información necesaria y requerida para la generación de reportes en el área de producción y así poder optimizar los procesos de la empresa.

CAPÍTULO II SELECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

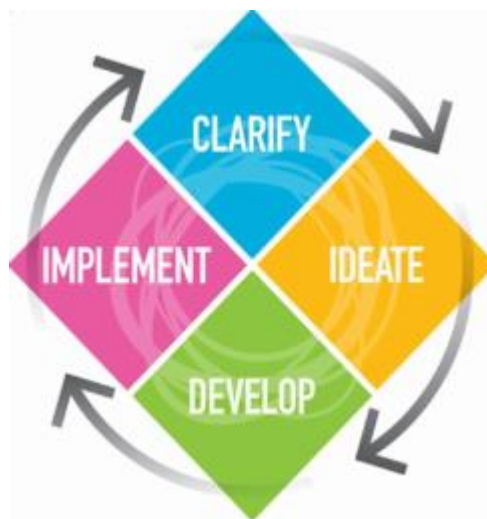
2. DESARROLLO MEDIANTE LA METODOLOGÍA DESIGN THINKING.

Previo a emprender un proyecto, la planificación representa una de las principales etapas, siendo este un pilar donde se sustenta y proyecta cada uno de los pasos que se llevarán a cabo en las siguientes fases, identificándose por ser la oportunidad donde se asumirán las principales decisiones, los procedimientos para su evolución, metodologías y posibles recursos necesarios para la ejecución de cualquier proyecto independientemente de su fin.

Una planificación acertada, facilita la determinación de la prioridad de cada una de las actividades, así como la optimización del control para su ejecución, garantizar la eficiencia sobre sus operaciones, fortalecer la comprensión de los objetivos, así como de llevar a cabo una adecuada aplicación de las distintas fases del proyecto. La planificación define los plazos, la entrega y la disponibilidad de los recursos del proyecto, tanto de personal, inventario o capital. Los proyectos integran una serie de riesgos, existen muchos factores que actúan en el proceso, por eso es tan importante planificar.

La Solución de Problemas Creativos (CPS) es una técnica creada hace más de 40 años por Alex Osborn, y reforzada por Sídney Parnés en un trabajo para la universidad de Búfalo. Esta, es una metodología (Figura 4) para resolver problemas o retos a los que enfrentamos de una forma imaginativa e innovadora, generando entre un grupo nuevas ideas y entre ellas escoger y actuar sobre las más favorables.

Figura 4 CPS



Fuente: Plataforma MIRO.

Por ende, la ejecución del método está asociado con la aplicación de la metodología Design Thinking que ofrece la interrelación de grupos multidisciplinarios vinculados en el desarrollo y solución de un problema, formulando tantas ideas y soluciones como sean posibles, (Figura 7) y para una mejor trazabilidad, estas ideas son plasmadas en la herramienta MIRO, instrumento online, apropiado para plantear y construir cada una de las ideas de los participantes escritas en el tablero y plantillas creado para dicho fin (Figura 5), produciendo un mejor desarrollo, llevándose a cabo mediante la implementación de la ley de los tres tercios, apareciendo en el primer tercio (1/3) ideas comunes, en el segundo tercio (2/3) las ideas inusuales, y en el tercer tercio (3/3) las ideas más esperadas y buscadas para llevar a cabo el desarrollo del proyecto.

Figura 5 Desing Thinking



Fuente: Plataforma MIRO

Es importante destacar que en cada uno de los pasos a llevar a cabo se aplica el uso de dos elementos esenciales en el desarrollo de la metodología Design Thinking, estas son: el Pensamiento divergente donde todos los participantes plantean ideas con un propósito u orientadas a un concepto, y entre todas estas implementar el pensamiento convergente que permite a través de un consenso de los integrantes del grupo llegar a una idea formal que categorice la mayoría de los observaciones más importantes y así poder trabajar sobre él.

Por lo cual, para la implementación de las técnicas descritas se desarrollaron distintas reuniones entre el personal dirigido al área de desarrollo de aplicaciones industriales de la empresa Omnicom, en donde, en un principio se contempló desde un ámbito de herramientas digitales, en torno al cual se priorizaron intereses, se enfatizaron en procesos y se realizaron acuerdos de trabajo. Posteriormente, en la evolución de la implementación de la metodología, mediante las ideas expuestas, se logró identificar la importancia de abordar el contexto de un sistema de generación de reportes en el área de producción, respecto al cual se define la temática a desarrollar en el estudio propuesto, dado que los procesos de producción exige cada vez más, llevar control de un sistema de información en donde se tenga disponibilidad, medición y confiabilidad de datos en tiempo real, por tanto, se pretende desarrollar un modelo genérico de beneficio a una empresa determinada pero orientado a la investigación propia.

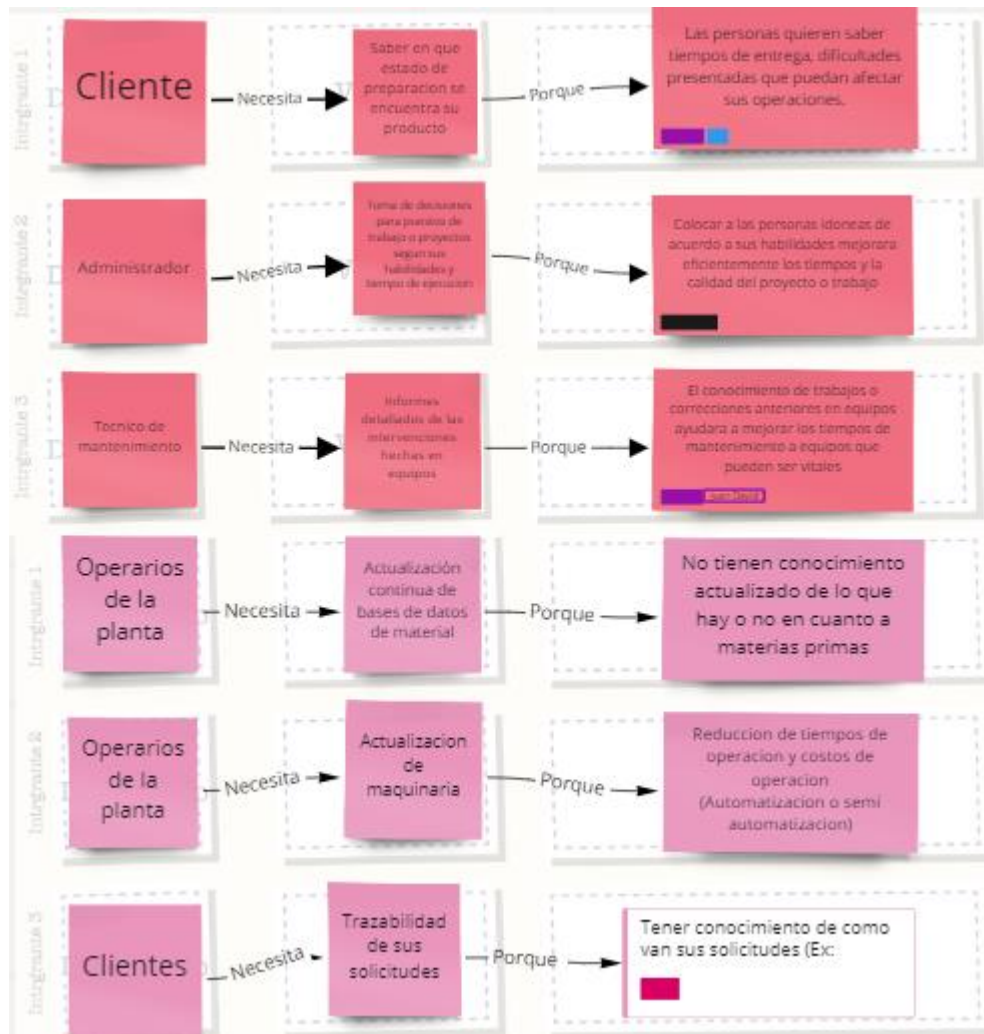
A continuación, se describirá el método CPS utilizado para la formulación y desarrollo del proyecto, apropiado en la toma de decisiones oportunas para cumplir con las metas propuestas, para ello se efectúan cada uno de los pasos propuestos en la metodología Design Thinking en la Figura 5, los cuales son: Empatizar, Definir, Idear, Prototipar (Planeación), Testear (Ejecutar); realizando la investigación necesaria y el posterior desarrollo de lo requerido.

2.1. Design Thinking – Empatizar.

Para la formulación de problemas, se dispuso en el grupo de trabajo, realizar una investigación en torno al uso de metodologías para el desarrollo de aplicativos en la industria, y respecto al uso de un escenario digital para adoptar un prototipo de aplicación, enfocado en un área particular de la organización. Seguidamente, se lleva a cabo una lluvia de ideas, asociadas al tema, y así tener una idea clara de la orientación que se le dará al proyecto, posteriormente haciendo uso de la convergencia, se escogen por votación las ideas más relevantes que se adapten a lo requerido.

Vemos en la Figura 6 el tablero MIRO las ideas aportadas por el grupo.

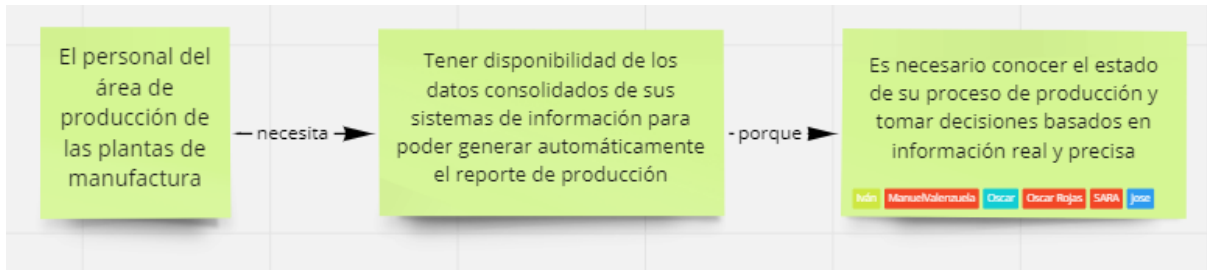
Figura 6 Tablero MIRO



Fuente: Plataforma MIRO

La Figura 7 relaciona la recopilación de las ideas más importantes escogidas y con las que se seguirá trabajando.

Figura 7 Relación de ideas escogidas



Fuente: Plataforma MIRO

Una vez definido el tema a tratar, centrado en el personal del área de producción en la industria manufacturera, se continúa con el siguiente paso.

2.2. Design Thinking – Definir

El principal objetivo de esta fase es establecer la visión del proyecto, dado que no siempre las necesidades primordiales vienen claramente definidas, y aun cuando es así, es conveniente traducirlas o plasmarlas en objetivos o requisitos (de alcance, calidad, costes y plazos) a partir de los cuales pueda gestionarse el proyecto.

Esta fase comienza a partir de la identificación de una idea que tiene el potencial de convertirse en una nueva actividad o proyecto dentro de la organización. Esta idea ya se encuentra descrita en el punto anterior (Empatizar), Figura 7.

Para la ejecución del proceso definir, se realizaron los siguientes pasos.

2.2.1 Selección del problema etapa convergencia y divergencia

De acuerdo a la definición de los problemas anteriormente propuestos por los diferentes participantes en el área de interés, se hace un análisis de la información que se tiene de manera tal que permita verificar cuál es el mayor inconveniente que se presenta y así mismo las posibles soluciones que pueden ser acogidas conforme a la identificación del problema.

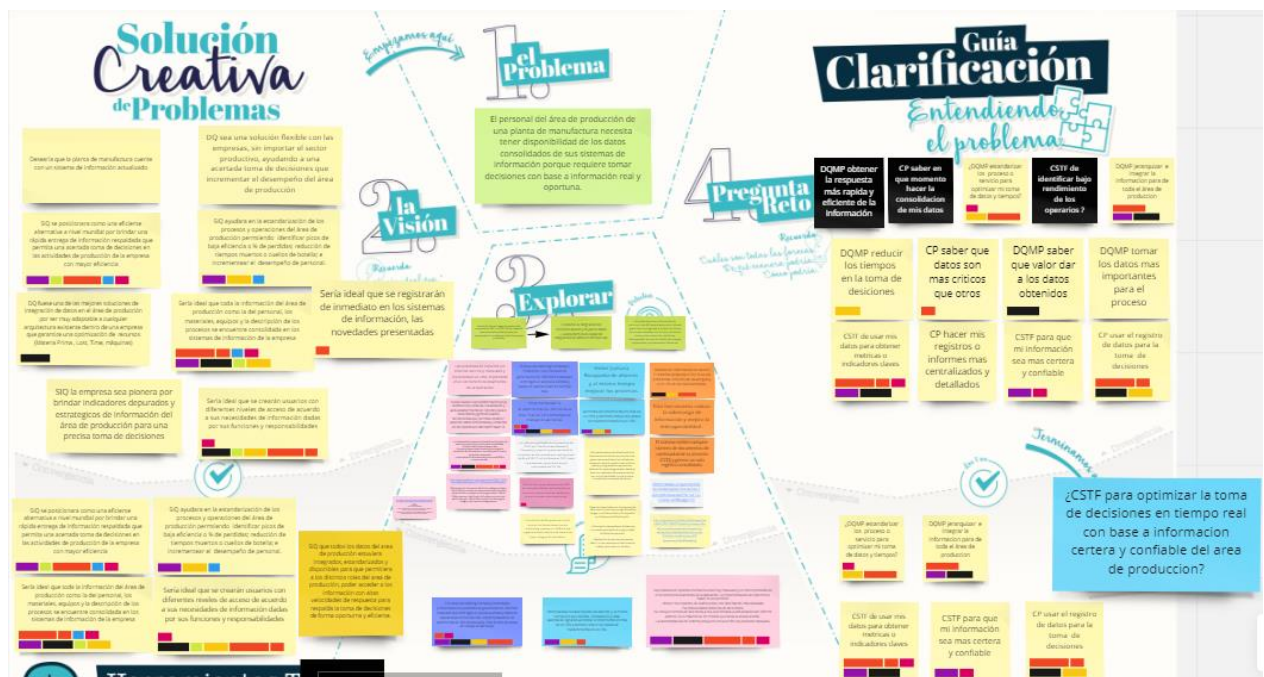
En esta metodología se aportan diferentes ideas por cada uno de los participantes en la medida que permita agrupar los puntos de vista más comunes y llegar a la consideración por unanimidad de cuál es el problema que afecta en mayor medida a la empresa, esto se realiza por medio de un pensamiento convergente, posteriormente aplicamos la divergencia y se llega a destacar la siguiente problemática:

El personal del área de producción necesita aportar información de las materias primas, personal encargado de manipulación de productos, producto intermedio y producto terminado, a través de la generación de reportes, para mejorar la toma de decisiones sobre sus procesos de manufactura.

Conforme al problema anteriormente descrito se opta por realizar una dinámica en la que se describen las ideas que giran en torno a este como se muestra a continuación en la Figura 8.

La idea principal yace en plantear diferentes contextos en donde se pueda identificar el problema, una visión a futuro acerca de lo deseado y esperado con el proyecto y la elaboración de preguntas reto por parte de todos los participantes.

Figura 8 Tablero guía de clarificación



Fuente: Plataforma MIRO

Para poder visualizar el tablero dirijase al anexo B.

De este modo aplicando la convergencia nos permite identificar:

Es necesario tomar datos del área de producción para poder generar reportes por parte del personal encargado y así poder ofrecer la información oportuna para la toma de decisiones.

Por consiguiente se denota la visión a la que se pretende llegar:

Contar con información oportuna y en tiempo real para la generación de reportes en el área de producción desde la solicitud del cliente, el personal de manipulación del producto, el producto intermedio y producto terminado logrando mejorar la calidad, la productividad y la toma de buenas decisiones.

Una vez alcanzado este punto surge uno de los principales retos y es hacer frente a la pregunta en la cual se basa el problema:

¿Cuáles son las actividades sobresalientes dentro de los modelos propuestos del sistema de generación de reportes en la administración de la producción basado en estándares a ser implementadas en un entorno de transformación digital?

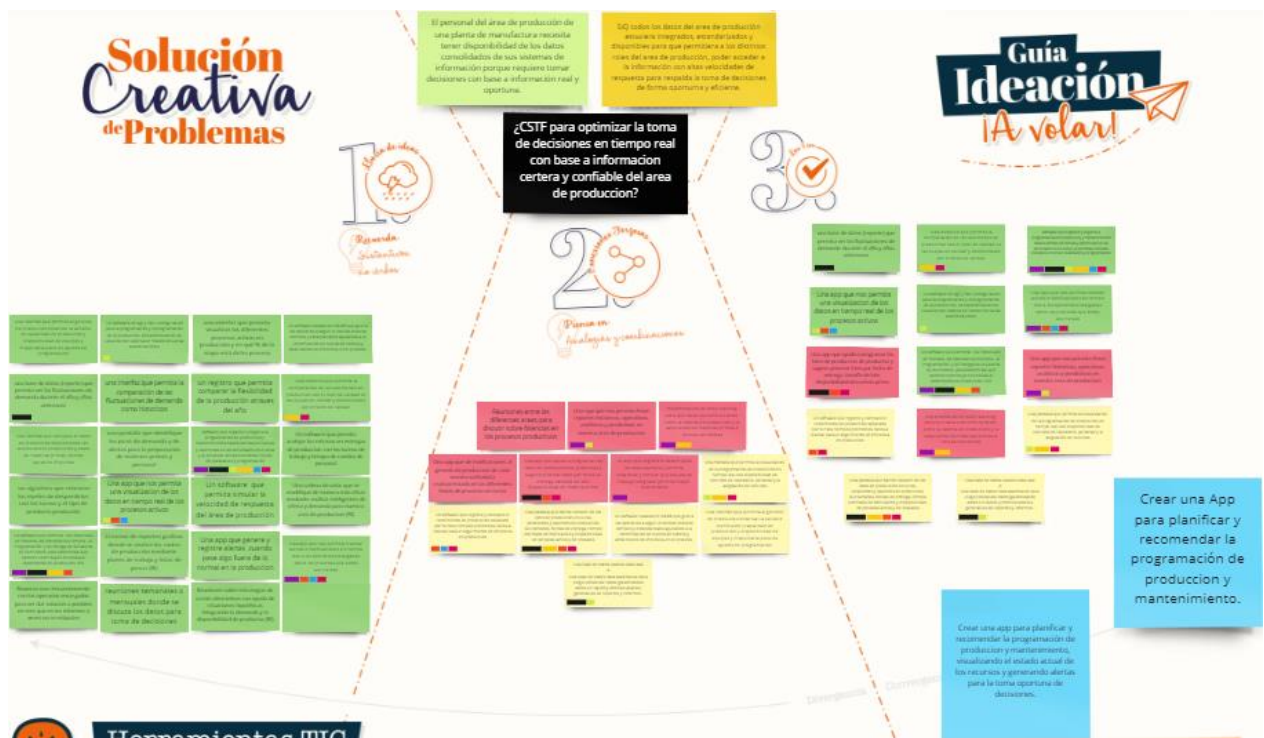
Conforme a este planteamiento la metodología escogida nos propone avanzar a la siguiente etapa descrita a continuación.

Diseño Preliminar

2.3 Design Thinking – Idear.

Para esta etapa se tiene en cuenta todas las posibles soluciones ofrecidas por los diferentes participantes enfocadas a lo esperado en el futuro. En este punto se exponen muchas ideas que brindan un mejor panorama de todos los recursos con los que se cuentan para el desarrollo del problema como se expone en la Figura 9.

Figura 9 Tablero guía de ideación



Fuente: Plataforma MIRO

Para poder visualizar el tablero diríjase al anexo B.

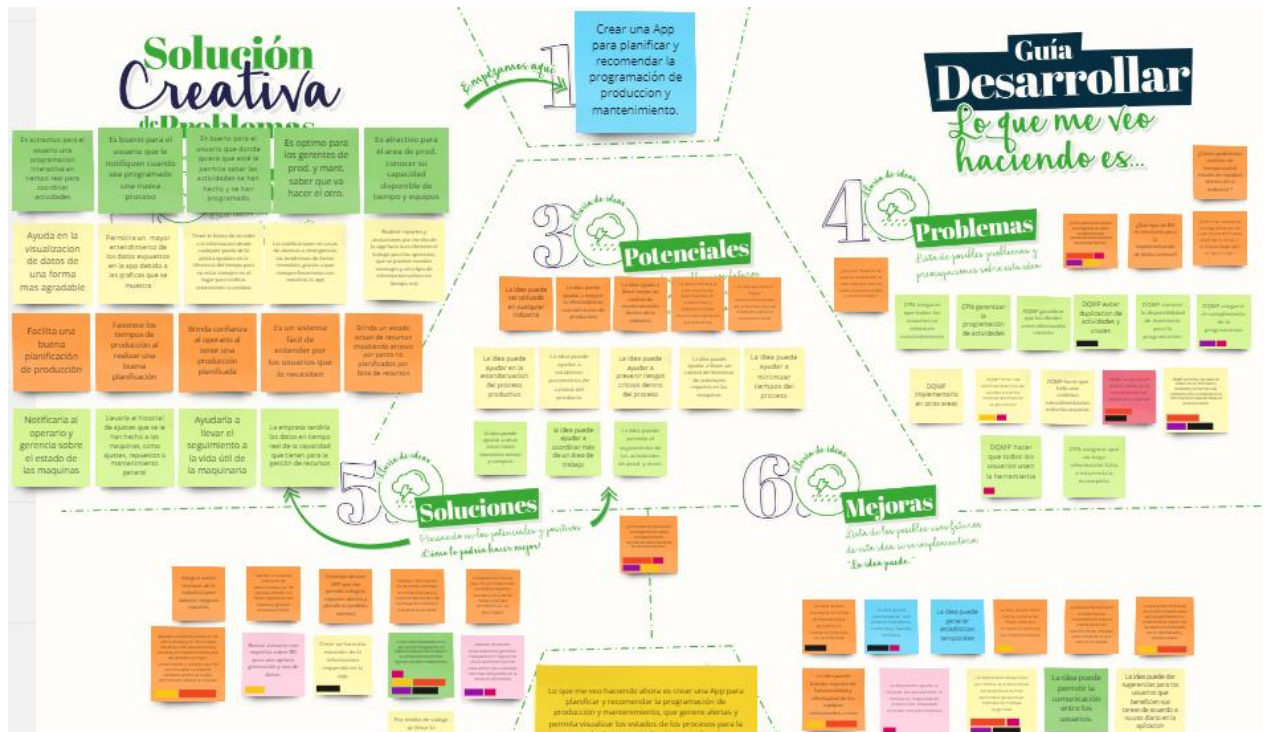
Para este caso se llega a un acuerdo en donde es posible determinar que la mejor solución que se adopta a la problemática es crear un sistema estructurado para la generación de reportes en donde se tengan datos sobre el área de producción y a través del cual esta información pueda ser procesada y enfocada a la necesidad del usuario. A su vez se hace necesario definir el objetivo general y los objetivos específicos para darle cumplimiento a la solución planteada en el proyecto.

En estas primeras etapas el enfoque principal es realizar una recolección de la información para la formulación del problema, de igual manera se hace para tener una percepción en diferentes contextos de este mismo, una vez aclarado este enfoque es necesario realizar un análisis de los requerimientos para el desarrollo de lo planeado y para ello la metodología nos expone la siguiente etapa donde se desarrolla esta estructura.

2.4 Design Thinking- Prototipar

En la Figura 10, se plasma el desarrollo de una etapa de gran importancia para el proyecto como lo es la planeación, ya que aquí podemos encontrar información acerca de las soluciones, sus posibles inconvenientes al llevarlas a cabo, los riesgos a los que se exponen y a la vez teniendo una retroalimentación continua las posibles modificación en temas de mejora a lo largo de la realización del proyecto.

Figura 10 Tablero guía de planeación



Fuente: Plataforma MIRO

Para poder visualizar el tablero diríjase al anexo B.

Después de un consenso y la deliberación por parte del grupo de participantes se llega a concluir; Crear con base al análisis de la información un sistema de generación de reportes para el área de producción que aporte al usuario final en la toma de buenas decisiones.

Ahora bien, para dar cumplimiento al desarrollo de la metodología y la ejecución del prototipo del sistema de generación de reportes en el área de producción, se hace necesario recolectar información que sea útil en el desarrollo de estas, para ello se requiere de:

Datos necesarios del área de producción en la industria manufacturera al igual que los requerimientos para la ejecución de una aplicación digital, que permitan realizar una mejor metodología y el desarrollo del prototipo. Esta investigación la podemos encontrar en los Capítulos 1 y 2 del presente trabajo.

El estudio de herramientas de notación gráfica útiles para ejecutar los diferentes diagramas de alto nivel que permitan realizar la interpretación de la metodología de la producción, para ello se tendrá en cuenta herramientas que tengan una clara interpretación y permitan su entendimiento a personal que requiera de dicha información. Sabiendo esto se escogen 3 herramientas que actualmente son las más usadas por la empresa de tipo industrial para la definición de procesos internos, estas son:

2.4.1 Diagramas estructurales

UML: El Lenguaje Unificado de Modelado (Unified Modeling Language) es un lenguaje grafico que permite expresar y documentar la representación para aspectos de programación, bases de datos o funciones de un sistema. Este lenguaje conlleva una representación en la que no se detalla específicamente como debe ser su notación para la construcción del modelo de datos. Además este lenguaje posee diversidad de componentes en los que hace más fácil su desarrollo y permite el flujo del trabajo entre cada elemento que se desee representar de manera práctica [82].

IDEFO: (Integration Definition for Function Modeling) es una método que se emplea para el modelado de procesos en los que se llevan a cabo actividades y la recolección de datos. Este método permite representar los datos y la información que atravisan e interactúan dentro de las actividades de un sistema [83]. En este trabajo se emplea para conocer los recursos necesarios en las actividades del proceso de producción y a su vez el flujo de la información entre ellas.

2.4.2 Diagramas dinámicos

BPMN: Es una notación grafica que se emplea para el modelado de procesos de negocios. El objetivo principal que se establece es el de dar a conocer de manera más sutil, detalla y entendible la información que se presenta a los interesados en el desarrollo de un proyecto, ya que no se requiere de un conocimiento especializado de la programación que se emplea en este tipo de modelos [84].

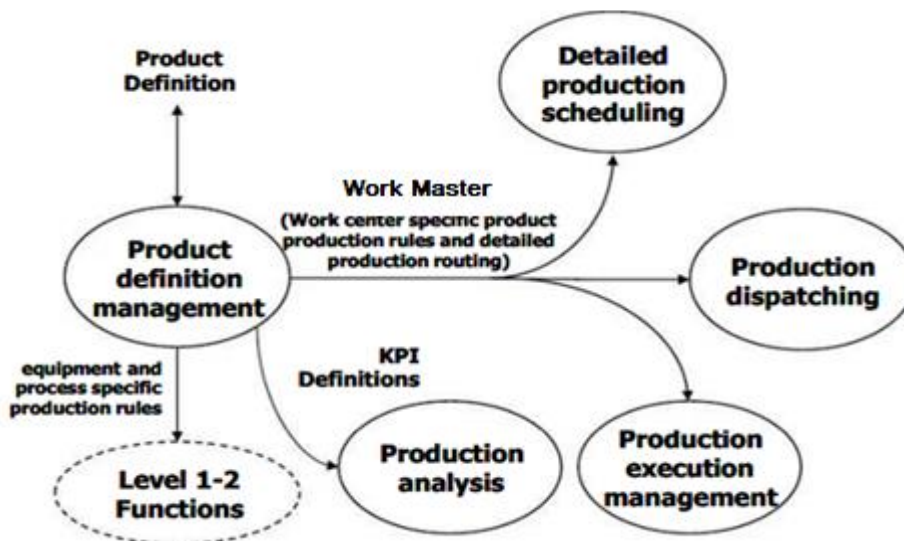
También es necesario el uso del estándar ANSI/ISA 95 en su parte 3 (2000), esto dado el caso de que se requieran los flujos de información relacionados al área de producción.

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 en su parte 3 (2000) para sus modelos de interfaz.

Para mayor información diríjase al anexo A.

En la Figura 11, 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 11 Interfaz del Modelo de actividad de administración de definición del producto

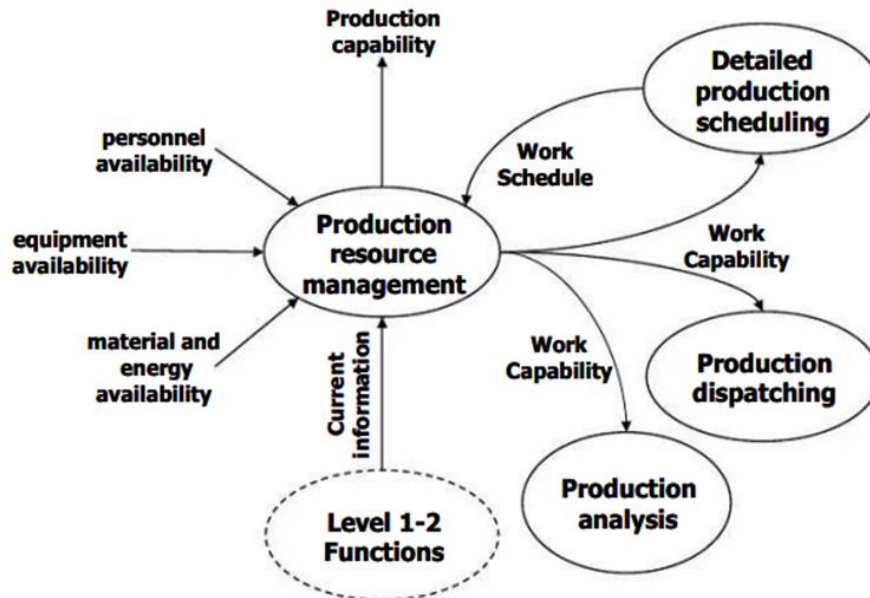


Fuente: Estándar de automatización ANSI/ISA 95 parte 3 (2000).

La Figura 12, 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 12 Interfaz del Modelo de actividad de administración de recursos de producción



Fuente: Estándar de automatización ANSI/ISA 95 parte 3 (2000).

Además, es necesario conocer que herramienta digital se requiere para la ejecución del prototipo, en este caso con apoyo de ingenieros de desarrollo de aplicaciones de la empresa Omnicon, quienes proponen según su experiencia en el campo, el posible uso de una herramienta digital para validar la implementación del prototipo. Es por esta razón que surge la siguiente investigación acerca de esta herramienta, ya que de esta manera podremos determinar conforme a sus características la adaptación que posee para el desarrollo del proyecto.

2.4.3 Software de Implementación

Siguiendo el desarrollo del proyecto se determina que para la implementación de la metodología enfocada en el área de producción, se hace necesario la escogencia de un software que permita la ejecución de dicha metodología. Este software, deberá tener en cuenta las funcionalidades que brinda la industria 4.0 dentro del entorno de la manufactura; para ello, por parte de (Omnicon) se ha recomendado la utilización de un software que permiten dicha ejecución y desarrollo; se trata de la plataforma ThingWorx, debido a que permite cumplir con características deseables en la industria manufacturera y el entorno IoT.

A Continuación se muestra en la Tabla 2 algunas de sus características que se destacan en el software.

Para más información de las características del software remitirse al anexo B.

Tabla 2 Características del software ThingWorx

Característica	ThingWorx
Almacenamiento de datos	Cuenta con una base de datos básica para la ejecución de aplicativos DEMO, compatible con diferentes sistemas que prestan servicio de almacenamiento de datos y su configuración por un precio aparte a la licencia de ThingWorx.
Compatibilidad con otros sistemas	Es compatible con diferente software de diseño que permiten realizar diferentes interfaces para el manejo y ejecución de aplicativos como lo son SQL, Python, MQTT y OPC UA, entre otros.
Integridad	Permite la realización de diferentes aplicaciones en diferentes áreas y se puede realizar una integración entre ellas.
Rapidez	Fácil manejo y rapidez en la ejecución de las actividades dentro de la aplicación.

Fuente: Propia

2.4.4. Planeación por actividades

Para poder efectuar el desarrollo de la metodología se planea un proceso en que se describen actividades a través del tiempo dadas a corto, mediano y largo plazo como se muestran en la Figura 13.

Figura 13 Ruta de desarrollo



Fuente: Plataforma MIRO

Por consiguiente al haber aclarado las actividades necesarias a desarrollar, se avanza a la siguiente etapa para la implementación del sistema generador de reportes en el área de producción a través de la herramienta ThingWorx, este paso se describe en el siguiente capítulo como lo establece la metodología Desing Thinking- Ejecutar.

2.5 Desarrollo del método para aplicación de KPIs de producción, basado en la norma ISO 22400 y el estándar ANSI/ISA 95.

En este apartado, se pretende determinar un método formal en la aplicación de KPIs, tomando por referencia la norma ISO 22400, la cual se presenta como una extensión natural del estándar ANSI/ISA-95 (IEC 62264), con el modelo de administración de operaciones de producción, orientado eventualmente al área de producción, lo cual contempla caracterizar el estándar ISO 22400, con el propósito de extraer y analizar información, que permitan identificar, cómo obtener y calcular los indicadores de desempeño, a fin de que esto favorezca sobre la construcción del objetivo general propuesto.

2.5.1 Caracterizar el estándar ISO 22400

Con el propósito de determinar factores o cualidades importantes de la norma ISO 22400, de tal forma que estos puedan ser claramente identificados, para el desarrollo del método,

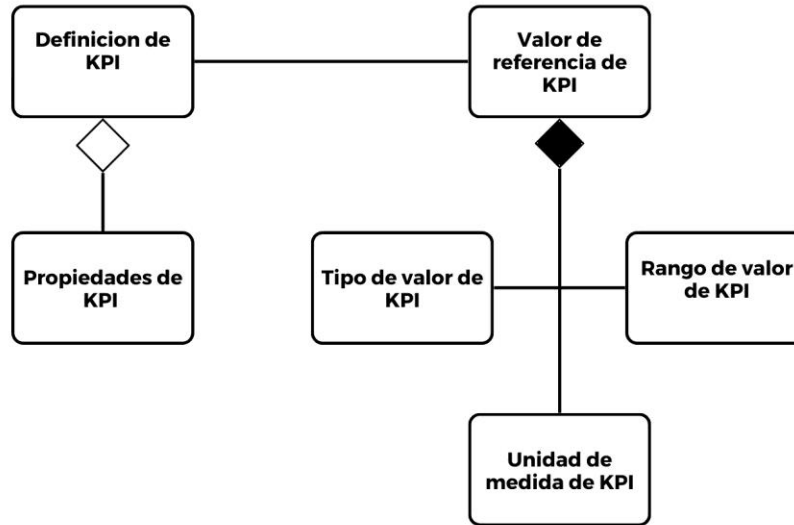
se requiere realizar una caracterización que provea pautas para la aplicación de KPIs, por tanto se pretende recopilar y categorizar información, para ser extraída y analizada. En este sentido, un método contempla definir de forma detallada una serie de pasos, por tanto es necesario conocer información de la norma ISO 22400 relacionada con la aplicación de KPIs para el desarrollo y planteamiento del método.

ISO 22400-1(2014) establecido por la organización internacional de normalización (ISO), expone que el cálculo y la medición de KPIs exigen información y datos de procesos, recursos, objetivos y programas de producción. Los KPIs calculados proveen información al dominio de empresa (nivel 4) y dominio de MOM (nivel 3), lo cual favorece en la toma de decisiones para la buena gestión de la empresa, e impactan en actividades del proceso (tiempo de ciclo, número y secuencia de pasos, estructura y alcance, entre otros) afectando las operaciones de la línea de producción, las operaciones de almacén, la eficiencia de costos por unidad producida, el costo de los bienes vendidos, la precisión de la entrega (producto adecuado - justo a tiempo), la calidad de servicios, entre otros. La información empleada y el equipo compilado por el sistema deben usarse de manera eficiente para mejorar la productividad de los recursos de la empresa.

Los 34 KPIs definidos a nivel MOM en ISO-22400-2 están divididos en, producción, gestión de operaciones de mantenimiento, calidad e inventario. Los KPIs de gestión de operaciones de producción atienden las actividades de la línea de producción, como monitorear el flujo de órdenes de producción y lotes, programar máquinas y trabajadores, garantizando el cumplimiento de los pedidos a tiempo. Estos KPI están asociados principalmente con los gerentes de producto y los trabajadores que trabajan cerca de la línea de producción. Los KPIs de gestión de operaciones de mantenimiento se refieren al mantenimiento de todos los recursos de fabricación, como máquinas, robots y otras herramientas. Integran planificación periódicamente de las actividades de mantenimiento de la línea de producción. Los KPIs de gestión de operaciones de calidad son de gran relevancia en cualquier proceso de fabricación. Estos KPIs informan sobre el rendimiento de toda la línea de producción desde el punto de vista de calidad. Por lo tanto, estos KPIs de gestión de operaciones de calidad permiten adquirir una visión general de toda la planta de fabricación. Los KPIs de operaciones de inventario se ocupan de actividades como el transporte de materia prima desde almacén a centros de trabajo, despacho de productos terminados y seguimiento de inventario en el almacén.

Un KPI está conformado por atributos, para definirlos, ISO 22400-1 (2014) presenta una estructura abstracta en la cual se define una clase KPI, constituida por una instancia de "Definición de KPI", vinculada a un "Valor de referencia de KPI" y agregando unas "Propiedades de KPI". Como lo representa la Figura 14.

Figura 14 Estructura abstracta de un KPI



Fuente: Tomada y modificada de ISO 22400-1

Para la instancia de “Definición de KPI” se identifican los siguientes atributos: Nombre, ID y Descripción. Esta instancia se asocia con un “Valor de referencia de KPI”, el cual debe estar compuesto por un valor, un tipo de valor (binario, entero, punto flotante o cadena de caracteres), una unidad de medida y un rango de valor que puede ser asumido por un conjunto de límites o valores significativos. De acuerdo a los atributos de las instancias mencionadas anteriormente, la norma ISO 22400-2 (2014) define una estructura de KPI expuesta en la Tabla 3.

Tabla 3 Estructura para registro de KPIs y definición de atributos

Nombre/Título del indicador	Expresión o designación del KPI
ID	No definido, su utilización es para las partes 3 y 4 del estándar, aun no publicadas
Descripción	
Beneficios/Aplicación	Breve descripción de los beneficios proporcionados por el KPI, incluyendo sus usos y efectos en aplicaciones de control
Frecuencia de medida	Un KPI se puede calcular ya sea en tiempo real (realizar una nueva adquisición de datos después de cada evento), en demanda (selección de datos específica

A Continuación, se presenta un ejemplo de KPI propuesto por la norma ISO 22400, para la categoría de producción, el cual contiene una estructura, un diagrama de modelo de efecto y una descripción de sus elementos.

Ejemplo KPI de Producción

Tiempo real de trabajo de personal (APWT): Es el tiempo que necesita el personal para la ejecución de una orden de producción.

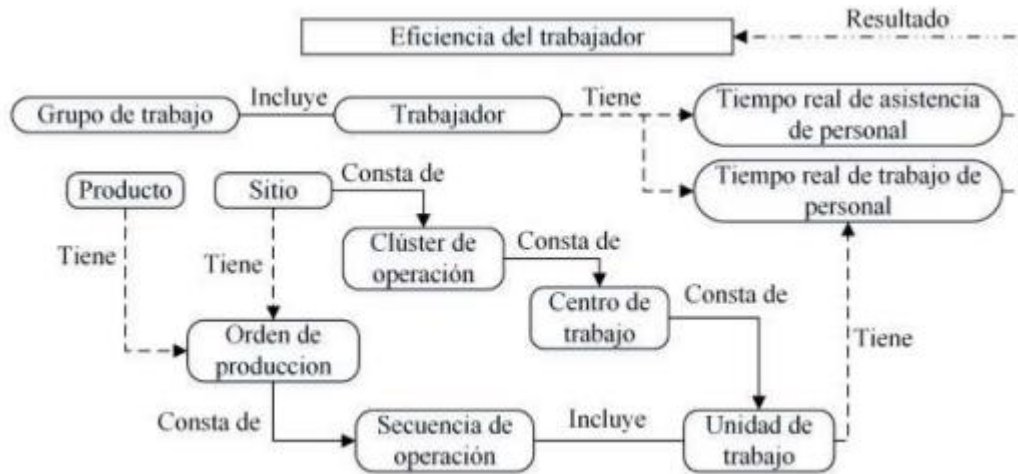
Tiempo real de asistencia del personal (APAT): Es el tiempo total que el trabajador está realmente disponible para trabajar en las órdenes de producción. Esto no incluye el tiempo de los periodos de descanso autorizados de la empresa (es decir, almuerzo). Es la diferencia entre el inicio y la finalización sin contar las pausas.

Tabla 4 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:	$Eficiencia\ del\ trabajador = APWT / APAT$
Unidad/Dimensión:	%
Valoración:	Min: 0% Max: 100% 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:	Ver Figura 16
Tipo de manufactura:	Continuo, Batch, Discreto

Fuente: Propia

Figura 16 Diagrama de modelo de efecto - Eficiencia del trabajador

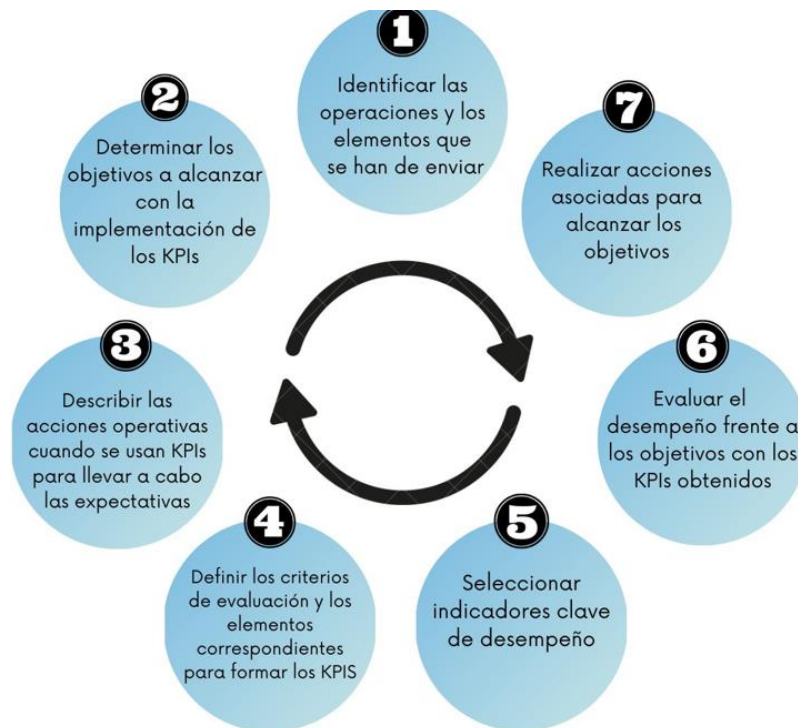


Fuente: Tomada y modificada de ISO 22400-2

2.5.2 Definición de criterios y características para la selección y uso de KPIs en empresas de manufactura.

La norma ISO 22400-1 (2014), reúne una serie de pasos para la selección y uso de KPIs en empresas de manufactura, como se indica en la Figura 17.

Figura 17 Pasos para la selección de KPIs



Fuente: Tomada y modificada de ISO 22400-1

En referencia a la norma ISO 22400 se pudieron extraer criterios y características para aplicación de KPIs expuestos a continuación:

Paso 1.

El proceso al que se requiere aplicar KPIs debe cumplir lo siguiente:

- Definición de los subprocesos que le componen e identificación de las condiciones que estos exigen para su cumplimiento.
- Valoración de medidas cuantitativas y cualitativas de resultados y objetivos del proceso.
- Rutas de acción que admitan adaptar los procesos y recursos para la ejecución de los objetivos.

Paso 2.

Los objetivos deben ser medibles, por un valor objetivo esperado, un valor de referencia del KPI, una tendencia deseada y un tiempo para llevar a cabo el valor objetivo deseado.

Paso 3.

El personal o equipo responsable del KPI debe tomar acciones operativas, para la consecución de los objetivos entre estas:

- Analizar procedimientos y programas.
- Fortalecer, evaluar o reemplazar los recursos de fabricación.
- Ajustar la configuración del desempeño de los sistemas y aplicaciones.
- Remodelar sistemas y aplicar arquitecturas.
- Administrar los indicadores clave de desempeño.

Paso 4.

Los KPIs deben estar constituidos por elementos que atiendan las siguientes características:

- Cuantitativos: Debe ser un proceso repetible para calcular la medición formalmente.
- Relevantes: Debe proveer una descripción que contribuya en el propósito y los resultados sobre el objetivo, consecuente con los hechos cuantitativos.
- De Comparabilidad: Debe existir un medio comparativo, para evaluar las mediciones con respecto al objetivo, y un elemento de normalización, para establecer el indicador en términos absolutos, con unidades de medida apropiadas.

Paso 5.

- Un KPI debe estar relacionado claramente a un objetivo medible de una operación y a unos elementos, que admitan realizar la evaluación con el fin de medir el desempeño.
- Identificar un mecanismo para el registro de KPIs, con conceptos para cada una de las características que la componen.
- Establecer KPIs para las 4 categorías de MOM (Producción, Inventario, Calidad y Mantenimiento); no obstante el enfoque de investigación se centra en KPIs de producción.

Paso 6.

Los KPIs están orientados a ser calculados empleando datos del dominio de control para suministrar al dominio de empresa (nivel 4) y MOM (nivel 3), información de apoyo en la toma de decisiones en la gestión de la empresa.

Paso 7.

- Las acciones asociadas deben precisar las actividades que inducen a la realización del objetivo de la operación, por medio de los recursos y los actores necesarios para el cumplimiento de las operaciones.
- Los elementos que constituyen el KPI, se emplean para determinar las acciones que se deben realizar en el dominio de las operaciones de fabricación, para dar cumplimiento con los objetivos.

Adicionalmente se presentan elementos importantes de cada paso.

En el paso 1, el estándar determina que se deben definir los procesos u operaciones a valorar con los criterios que estos exigen para su implementación, lo que implica subprocesos, recetas de producción, personal involucrado, equipos, materiales, documentos, dinámica del proceso, entre otros. Además, el proceso debe ser modificable, con el fin de aplicar ajustes y cumplir con los objetivos de la operación.

Por otra parte, en el paso 2 sostiene que los objetivos deben estar constituidos por elementos concretos, pero no define cómo establecerlos u obtenerlos.

El paso 3, registra las acciones estratégicas que permiten dar respuesta a los problemas y, en consecuencia, dar cumplimiento a los objetivos, sin determinar quién debe establecerlas.

En el paso 4, define características que deben aplicar los elementos, pero no es preciso de donde surgen, dejando un vacío en la forma de alcanzarlos.

Seguidamente en el paso 5, formula que un KPI debe estar relacionado directamente a un objetivo medible y plantea un esquema de registro para KPIs con los elementos que los conforman. Posteriormente, establece 21 KPIs empleados generalmente en el área

de producción, aclarando que existen otros KPIs apropiados para procesos de manufactura. No obstante, no se determina un procedimiento para su selección.

En relación al paso 6, la norma hace entender que se deben recopilar datos del dominio de control para aplicar el cálculo del KPI, pero no se puntualiza en el cómo. Del mismo modo, en el paso 7, se establece que las medidas se deben efectuar en el dominio de MOM y se evalúa a partir de los elementos, sin determinar una forma clara para obtenerlas.

2.6 Definición de pasos para la aplicación de KPIs en el área de producción.

Con relación a la definición de los pasos para la aplicación de KPIs en el área de producción, se consideran los pasos propuestos por la norma ISO 22400-1 (2014) e información adicional relacionada con el tema. Lo cual permite identificar estudios que corresponden en la forma de aplicar KPIs en la determinación de objetivos, compilación de información, clasificación y medición de KPIs, acciones correctivas, entre otros. A continuación se pretende llevar a cabo una descripción detallada de cada uno de los pasos propuestos para el método, ajustando medidas descritas en la norma ISO 22400-1 (2014) para los pasos 6 y 7 en uno solo paso.

Paso 1: Identificar el proceso a evaluar.

Establecer elementos y actividades determinantes que permitan identificar el estado actual, comprendiendo lo que se tiene, se hace y cómo se hace, en donde frecuentemente se adoptan sistemas de compilación de información, que faciliten la obtención de datos del proceso, como: históricos, personal y recursos usados, gráficos de tendencias, etc. La norma ISO 22400-1 (2014), sugiere determinar procesos junto con las condiciones que estos exigen para su ejecución, a fin de precisar medidas y acciones operativas que proporcionen adoptarlos y llevar a cabo las metas previstas. Estas actividades se deben especificar, detallar y analizar para dar una visión general del sistema y definir cómo sus elementos físicos y funcionales están organizados y asociados, con el fin de proponer estrategias y alcanzar ganancias en la eficiencia.

Adicionalmente se plantean técnicas de modelado como UML, IDEF0, BPMN, expuestas en el apartado 2.4, con objeto de obtener una representación real del proceso e identificación de posibles problemas que puedan intervenir en la ejecución de los objetivos propuestos.

Paso 2: Determinar los objetivos a alcanzar con la implementación de KPIs

Establecer los objetivos a cumplir, los cuales se aplicarán como criterio para evaluar e interpretar los indicadores, permitiendo determinar qué medir, qué decisión tomar o qué acción ejecutar.

Parámetros a tener en cuenta:

- Definir objetivos generales, respecto a la misión, visión y metodologías de la empresa.
- Plantear objetivos específicos, que sean medibles, con un valor objetivo proyectado, un periodo de tiempo a alcanzar y un valor referente admisible de KPI (ISO 22400-1, 2014).

Paso 3: Describir las acciones operativas para llevar a cabo las expectativas.

Identificar las acciones operativas, que faciliten llevar a cabo los objetivos formulados, especificando como aplicar las actividades y utilizar los recursos de una empresa. En esta etapa se invierten en reuniones con las partes interesadas, que de acuerdo al objetivo, necesidades y flexibilidad del proceso, conducen a construir las acciones operativas apropiadas. La norma ISO 22400-1 (2014) presenta las siguientes acciones.

- Análisis de los procedimientos y programas.
- Fortalecer, calibrar o reemplazar los recursos de manufactura.
- Ajustar la configuración de la operación de los sistemas y aplicaciones.
- Redefinir sistemas y aplicar arquitecturas.
- Control KPIs.

Paso 4: Determinar elementos y seleccionar KPIs

Determinar los KPIs que se adoptaran al proceso de producción, para lo cual se plantean dos métodos: en el primero, se obtienen los elementos asociados al KPI en base al objetivo y de acuerdo a estos, se busca o se crea el KPI, en el segundo, se eligen de los KPIs existentes el que más se relacione al objetivo y se buscan los elementos dentro del proceso.

Método 1: Los KPI se formulan de acuerdo a factores como los objetivos y los datos, además, estos son un fundamento importante para asegurar la ejecución de los objetivos de rendimiento, por tanto, la utilidad de su selección en la aplicación de KPIs. Para el cálculo de dichos elementos, es conveniente, conocer entradas, salidas y resultados deseados, con la intención de que estos tengan un enfoque desde los objetivos. Una vez dispuestos los elementos, se deben elegir los KPIs entre los existentes, destacando que sean puntuales y se dirijan en un determinado proceso, favoreciendo la toma de decisiones.

Para seleccionar o crear KPIs se debe tener presente, que a pesar de existir una gran variedad, en algunos casos pueden darse limitaciones en cuanto a recursos, por tanto es necesario que estos sean rentables, en donde la utilidad de la información justifique el esfuerzo necesario para su obtención. Por otro lado, cuando no hay KPIs definidos para

algunos factores, estos deben ser diseñados teniendo en cuenta, que estén asociados y permitan el cumplimiento de los objetivos deseados.

Método 2: En este caso no es posible determinar los elementos tan solo con el objetivo, en consecuencia se debe identificar en los KPIs disponibles el que más se asocie y permita el cumplimiento del objetivo propuesto.

Determinando el KPI, se deben obtener los elementos que lo componen, verificando que hagan parte del proceso, ya que puede surgir que un KPI no esté formulado concretamente para cumplir el objetivo, en tal caso, se debe ajustar según se requiera.

De los métodos planteados se sugiere aplicar el método 1, ya que se fundamenta desde los objetivos para el desarrollo de los elementos, garantizando que existan en el proceso. Esto asegura que el KPI sea medible y tenga relación directa con el objetivo facilitando su ejecución y permitiendo llevarlo al valor definido. Por otro lado, el método 2, pese a que determina los KPIs en base en los objetivos, no proporciona que los elementos existan dentro del proceso, lo que puede causar que no sean aplicables; además se puede presentar que los KPIs seleccionados no tengan un vínculo directo con los objetivos, pues no están contruidos precisamente para estos, provocando mayor dificultad al ser necesario corregirlos.

Paso 5: Evaluar el desempeño frente a los objetivos con los KPIs obtenidos.

Establecidos los KPIs con las características que los constituyen, se obtienen los datos y el cálculo de estos, lo que permite evaluar el desempeño frente a los objetivos. La norma ISO 22400-1 (2014), expone que los KPIs están dirigidos a ser calculados empleando medidas o datos del dominio de control (nivel 2) para ofrecer al dominio de empresa (nivel 4) y de MOM (nivel 3), información de ayuda para la toma de decisiones.

Con las medidas y los elementos, se calcula el KPI y se visualiza la diferencia entre resultados deseados y reales, así como el crecimiento del proceso de acuerdo a sus objetivos, apoyando la identificación de áreas de mejora.

Una vez obtenido el valor del KPI se puede deducir que;

Si el valor del KPI está dentro del rango adecuado, el rendimiento de la actividad o proceso es el esperado o planeado, se puede obviar la meta o considerar evaluarla para establecer metas más exigentes.

Si el valor del KPI se encuentra por fuera del rango aceptable, no se obtuvo el desempeño previsto o deseado, en este caso se deben aplicar acciones asociadas para incrementar el desempeño y llevarlo a la meta deseada.

Adicionalmente se propone lo siguiente:

1. Disponer de los datos y medidas que componen los elementos del KPI.
2. Calcular el KPI por medio de su fórmula.
3. Definir si se requiere aplicar acciones asociadas, teniendo en cuenta el valor obtenido mediante el cálculo del KPI y el atributo “Valor de referencia del KPI” del objetivo.

Paso 6: Describir y realizar acciones asociadas cuando se usan KPIs para llevar a cabo las expectativas.

Concluido el proceso de evaluación, es necesario determinar propuestas de mejora que faciliten el realizar cambios dentro del proceso. La norma ISO 22400-1(2014) señala que los elementos que constituyen el KPI, son dedicados a identificar las acciones asociadas que se deben realizar en el dominio de las operaciones de fabricación, a fin de alcanzar los objetivos. Las acciones asociadas son una guía de cómo utilizar los recursos de una empresa para obtener un resultado óptimo, estas deben estar estrechamente relacionadas a los objetivos y al valor del KPI. Las acciones asociadas pueden ser obtenidas de distintas formas y normalmente varían en función de la empresa y el tipo de proceso.

2.6.1 Conceptualización de KPIs

Seguidamente, se presentan distintos indicadores clave de desempeño (KPIs) descritos bajo la norma ISO 22400-2 (2014) y diferentes fuentes de información validadas, que aportan al desarrollo del modelo para la generación de reportes en el área de producción. Por lo tanto, los indicadores expuestos en la tabla 5, pertenecen a las diferentes áreas del proceso productivo como lo son mantenimiento, inventario, calidad y producción.

Para mayor información referente a la conceptualización y estructura de los KPIs seleccionados para el desarrollo del proyecto dirigirse al anexo C.

Tabla 5 KPIs seleccionados

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= Disponibilidad*Eficacia*Ratio de calidad	Producción
Eficiencia de asignación	La eficiencia de asignación se define como la relación	Eficiencia de asignación = AUBT/PBT	Producción

	entre el tiempo ocupado de la unidad real (AUBT) y el tiempo ocupado planificado (PBT).		
Eficiencia de utilización	La eficiencia de utilización indica qué parte del trabajo hecho es productivo y puede agregar valor a la orden de producción.	<p>Eficiencia de utilización = $APT/AUBT$</p> <p>APT= Tiempo total durante el cual la unidad de trabajo es productiva AUBT = Tiempo total tiempo ocupado de la unidad de trabajo</p>	Producción
Disponibilidad	Muestra el tiempo productivo que una unidad de trabajo dedica a producir un producto.	<p>Disponibilidad = APT/PBT</p> <p>APT= Tiempo total durante el cual la unidad de trabajo es productiva PBT= Tiempo ocupado planificado</p>	Producción
Relación de calidad	La relación de calidad se define como la relación entre una buena cantidad (GQ) y cantidad total producida (PQ).	<p>Relación de calidad= GQ/PQ</p> <p>GQ=Buena calidad PQ= Cantidad total producida</p>	Calidad
Relación de desecho	Determina el número de productos desechados producidos durante la ejecución de una orden de producción.	<p>Relación de desecho = SQ/PQ</p> <p>SQ= Cantidad de chatarra que no cumplió con criterios de calidad PQ= Cantidad total producida</p>	Calidad
Eficacia	Es la relación entre la producción real y la capacidad de producción. Se utiliza	Eficacia= Producción real/ Capacidad de producción	Producción

	para medir la eficacia de la producción y el cumplimiento de la orden de trabajo programada.		
Eficiencia del trabajador	Considera entre las horas de trabajo para una orden de producción y el total de tiempo de asistencia de los trabajadores.	<p>Eficiencia del trabajador = APWT/APAT</p> <p>APWT= Tiempo real de trabajo de personal</p> <p>APAT= Tiempo real de asistencia del personal</p>	Producción

Fuente: Propia

Así mismo, se describe la estructura y una breve definición acerca del contenido y la información perteneciente en tres indicadores clave de desempeño como se muestran a continuación:

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.

Tabla 6 KPI - 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:	<p>Min: 0%</p> <p>Max: 100%</p> <p>Tendencia: Cuanto más alto, mejor</p>
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: Propia

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. A continuación, se 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%.

Tabla 7 KPI - 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% Max: 100% 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:	Continuo, Batch, Discreto

Fuente: Propia

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. A continuación, se representa la definición mencionada anteriormente, también se calcula en porcentaje y los límites van de 0% a 100%.

Tabla 8 KPI - 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% Max: 100% 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:	Continuo, Batch, Discreto

Fuente: Propia

2.7 Modelo administración de operaciones de producción.

En esta sección se pretende llevar a cabo una relación entre los pasos para la selección y uso de KPIs propuestos por la norma ISO 22400-1 (2014) y el modelo de administración

de operaciones de producción definido en ANSI/ISA 95 parte 3 (2000), con la finalidad de resaltar el efecto de la aplicación de KPIs en las operaciones de producción.

Por tanto, inicialmente se describe el modelo de administración de operaciones de producción en la Figura 18, establecido por ANSI/ISA 95 parte 3 (2000), como una serie de actividades ocupadas de coordinar, dirigir, gestionar y realizar un seguimiento de las operaciones que emplean materias primas, energía, equipos, personal e información para producir productos costos, calidad, cantidad y seguridad.

Figura 18 Modelo de administración de operaciones de producción



Fuente: Estándar de automatización ANSI/ISA 95 parte 3 (2000)

Este modelo propone cuatro elementos: definición del producto, capacidad de producción, programa de producción y desempeño de producción, correspondientes a la información intercambiada entre los niveles 3 y 4. Las funciones de niveles 1 y 2, representan las funciones de control y detección de los niveles 1 y 2. Las acciones restantes, representan actividades que permiten la ejecución de las operaciones de producción.

2.7.1 Aplicación de KPIs en el modelo administración de operaciones de producción.

De acuerdo al modelo, las actividades, tareas y la información suministrada por la norma ISO 22400, se plantean las siguientes relaciones.

Previamente, se deben realizar los pasos 1 y 2 propuestos por la norma ISO 22400, destinada a identificar el proceso y definir los objetivos a llevar a cabo. En consecuencia, el modelo de administración de operaciones de producción, efectúa los demás pasos para la selección y uso de KPIs de la siguiente manera:

Un KPI debe tener mecanismos de acción disponibles para lograr el objetivo, por lo tanto la actividad de análisis debe establecer acciones operativas correspondientes al proceso, que permitan dar conformidad a los objetivos por medio del paso 3. Así mismo, la actividad de análisis debe determinar elementos y seleccionar KPIs, que faciliten evaluar el desempeño de las actividades ante los objetivos, adoptando los pasos 4 y 5 de la norma ISO 22400.

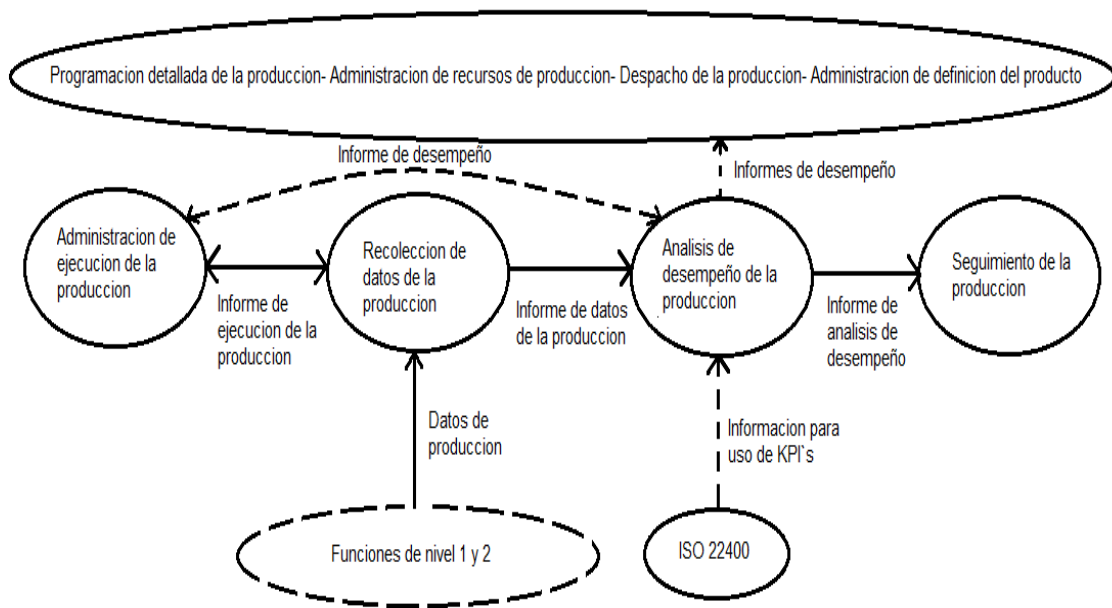
Elegidos los KPIs, la actividad de análisis efectúa su cálculo para definir el desempeño mediante el paso 6 propuesto por la norma ISO 22400. Este cálculo necesita información de los elementos que forman el KPI, la cual es proporcionada por la actividad de recolección, que a su vez, recibe informes de ejecución y datos de producción, a través de la actividad de administración de ejecución y las funciones de los niveles 1 y 2.

Tras obtener el valor del KPI por medio de su cálculo, la actividad de análisis debe preparar, analizar y presentar un informe de desempeño a la actividad de seguimiento, el cual integre información de la unidad de producción como, tiempos, utilización de recursos, utilización y rendimiento de equipos, eficiencia del procedimiento y variabilidad de la producción, como lo define ANSI/ISA 95 parte 3 (2000).

Del mismo modo, la actividad de análisis, también puede emitir información de desempeño específica, fundamentada en los resultados de los KPIs, a las actividades de programación detallada, administración de definición de producto, administración de recursos, despacho y administración de ejecución, según lo requieran, con el fin de realizar acciones asociadas para dar cumplimiento a los objetivos.

La Figura 19, ilustra la interacción de la actividad de análisis con otras actividades y la información de la norma ISO 22400 mencionada anteriormente.

Figura 19 Relación entre la actividad de análisis y la selección y uso de KPIs



Fuente: Tomada y modificada de ANSI/ISA 95 parte (2000).

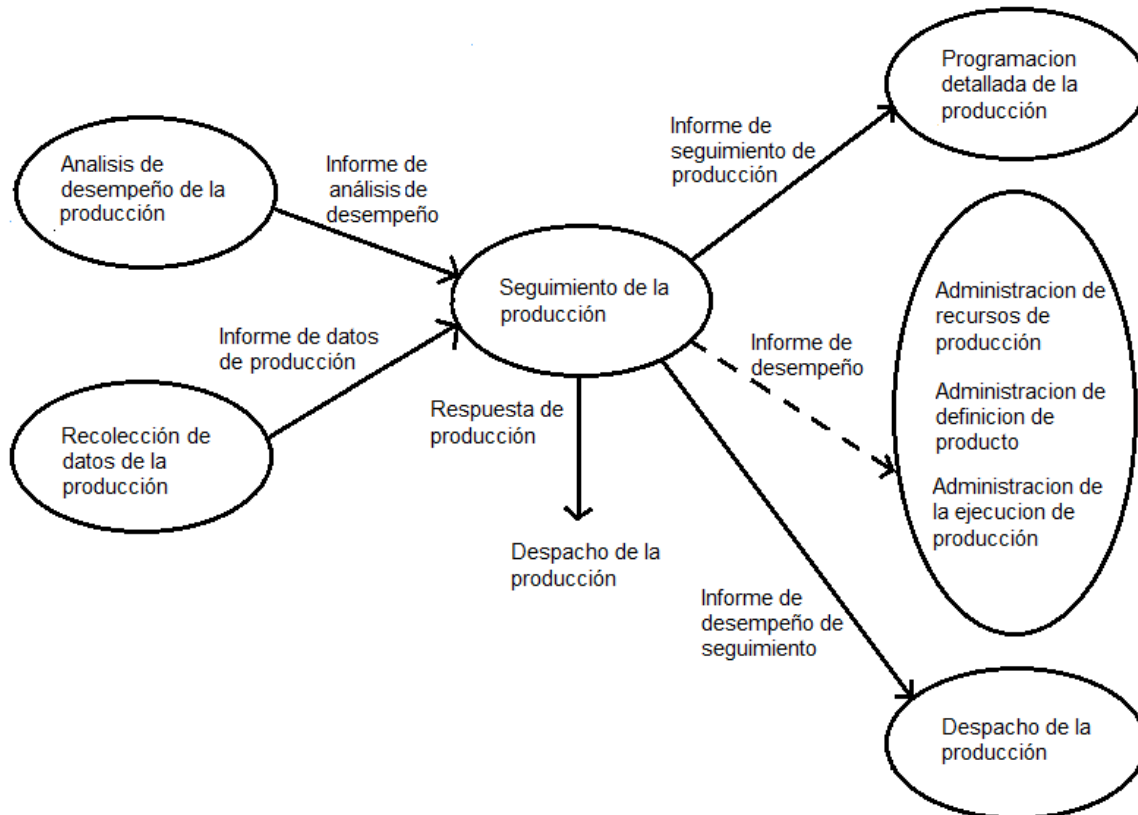
Por otro lado, los KPIs le confieren a la actividad de análisis dar cumplimiento a algunas de sus tareas en ANSI/ISA 95 parte 3 (2000) y mencionadas a continuación.

- Aplicar análisis de desempeño para determinar la capacidad del proceso.
- Verificar diferentes líneas de producción y crear promedios de ejecución.
- Comparar y contrastar una ejecución con otra.
- Localizar ejecuciones con mayor rendimiento.
- Aclarar porque las ejecuciones con mayor rendimiento son excepcionales.
- Evaluar ejecuciones contra ejecuciones de mayor rendimiento definidas.
- Proporcionar condiciones para mejorar procesos y procedimientos, apoyados en los resultados de análisis.
- Predecir los resultados de una ejecución de producción con base en el rendimiento actual y pasado.

Entre tanto, la actividad de seguimiento combina los informes recibidos de la actividad de análisis de desempeño y de la actividad de recolección, para preparar la respuesta de producción a nivel 4 y nuevos informes que son enviados a las actividades de programación detallada y despacho, como lo expone la Figura 21. Estos informes sintetizan y reportan información sobre el personal y el equipo realmente utilizado para la elaboración del producto, el material consumido, el material producido, el inicio y el final de los movimientos, y los resultados del análisis de los informes de desempeño. Adicionalmente, también remite informes de desempeño específico, basado en el análisis

de los resultados de los KPIs, a las actividades de administración de ejecución, según lo requieran, a fin de apoyar en la determinación de acciones asociadas para el cumplimiento de los objetivos. Estos informes de desempeño específico se ilustran en la Figura 20, por medio de líneas punteadas.

Figura 20 Información suministrada por la actividad de seguimiento de producción



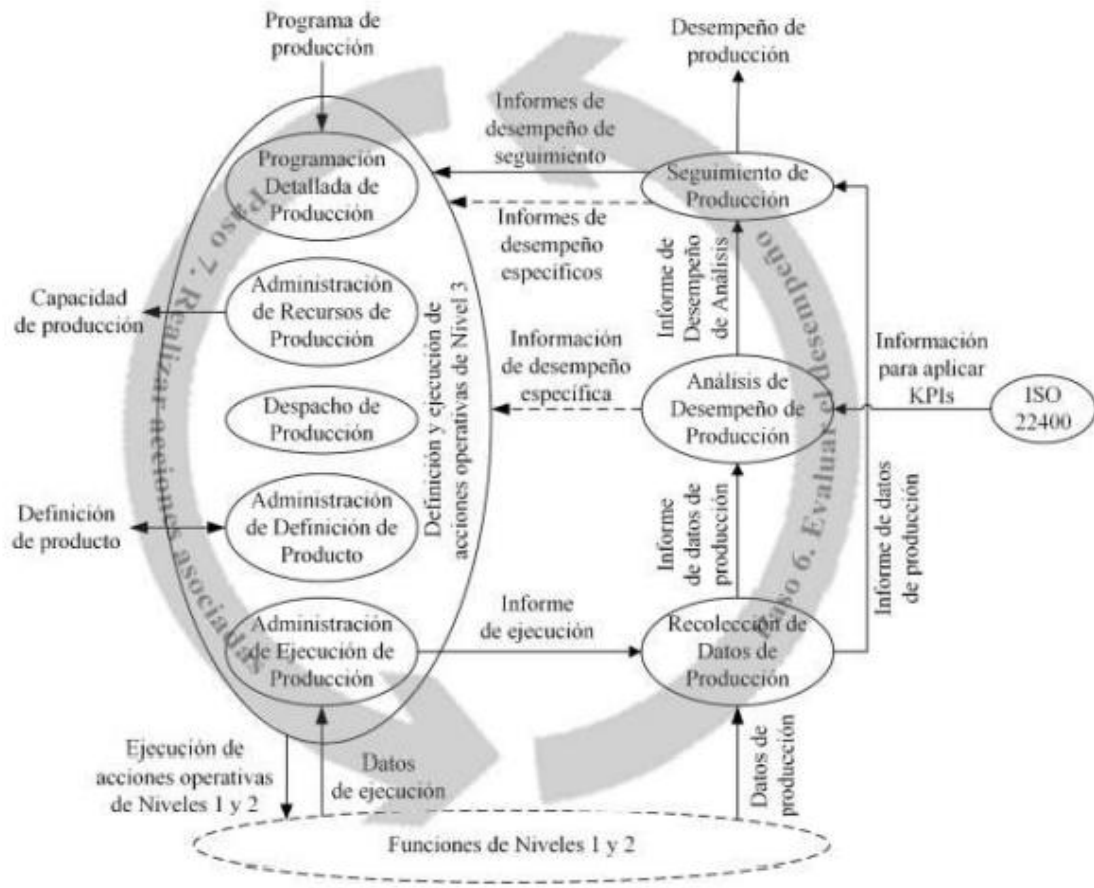
Fuente: Tomada y modificada ANSI/ISA 95 parte 3 (2000).

Las actividades de programación detallada, administración de definición, administración de recursos, despacho y administración de ejecución, obtienen informes de desempeño de las actividades de análisis y seguimiento, para definir acciones asociadas destinadas a llevar a cabo sus tareas, de forma acertada, a fin de impulsar el proceso y dar cumplimiento a los objetivos planteados, por medio del paso 7.

Las acciones asociadas se determinan en el nivel 3 y deben estar afianzadas en las acciones operativas determinadas en el paso 3 por la actividad de análisis, identificando siempre el cumplimiento de los objetivos. Además, estas pueden ser ejecutadas tanto en el nivel 3 como en los niveles 1 y 2.

Lo expuesto anteriormente, relacionado con la selección de KPIs en el modelo de administración de operaciones de producción, se resume en la Figura 21.

Figura 21 Uso de KPIs en el modelo de administración de operaciones de producción



Fuente: Tomada y modificada de ANSI/ISA 95 parte 3 (2000).

Con lo anterior, se le da cumplimiento al primer objetivo planteado de determinar los datos y KPIs más relevantes y útiles en el análisis de rendimiento para el sector industrial.

CAPÍTULO III IMPLEMENTACIÓN DE INFORMACIÓN

3. DESING THINKING – EJECUTAR

Después de cumplir con el proceso en la primeras cuatro etapas de la metodología en el capítulo 2, en donde se obtienen actividades para ejecutar y una investigación a fondo de lo requerido para realizar cada una de estas actividades, se procede a desarrollar las actividades necesarias para la implementación en la última etapa (Ejecutar) de la metodología, y así poder dar cumplimiento a lo planteado en el desarrollo del proyecto.

3.1 Arquitectura del prototipo para la generación de reportes en el área de producción.

El propósito principal de este punto es el desarrollo de una arquitectura enfocada en la generación de reportes en el área de producción, que ayude a modelar la estructura de datos para reportes de rendimiento y a su vez que permita ejecutar e implementar la unión y conexiones necesarias entre las actividades dentro de dicha área y con actividades de diferentes áreas que requieran del proceso de producción como lo es mantenimiento, calidad e inventario.

Por consiguiente, se estructuran diferentes tablas desarrolladas a partir del estándar ANSI/ISA 95, e investigaciones referentes a las necesidades principales en el área de producción, que permitan desarrollar reportes de forma óptima.

3.2 Análisis para el área de producción.

El análisis de la producción ayuda en la toma de decisiones para la buena administración de una empresa e influye en actividades del proceso productivo, impactando las operaciones de la línea de producción, las operaciones de almacén, la eficiencia de costos por unidad producida, el costo de los bienes vendidos, la precisión de la entrega, la calidad de servicios, entre otros.

Teniendo en cuenta las diferentes funciones que se llevan a cabo dentro de cada módulo propuesto en el estándar ANSI/ISA 95 parte 3 (2000) y el estudio del flujo de la información que se encuentran en el área de producción, se diseñó la siguiente Tabla 9.

Para consultar el contenido completo de esta tabla remitirse al Anexo D.

Tabla 9 Flujo de datos funcional

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

Fuente: Propia

3.3 Información para el modelado de las actividades de administración de operaciones de producción.

Dentro del modelo de actividades de administración de operaciones de producción, se pueden definir flujos de información e interfaces entre las diferentes funciones que lo componen. El modelo, permite estructurar las actividades orientadas a la información necesaria para producir el producto, la capacidad de producción, la producción real del producto, y la administración de envío de productos, entre otros; así como también permite ver algunas relaciones importantes con otras áreas de la empresa.

A continuación, se incluye la Tabla 10 que contiene las relaciones para los flujos de información del modelo de administración de operaciones de producción.

Para consultar el contenido completo de esta tabla remitirse al Anexo D.

Tabla 10 Flujos de información

Función	Objetivo	Enlace
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

Fuente: Propia

3.4 Modelado de producción en notación gráfica.

La administración por procesos se confirma como uno de los mejores sistemas de organización empresarial para conseguir índices de calidad, productividad y excelencia. En un contexto empresarial y económico tan complejo, globalizado y competitivo como el actual, la administración de procesos se ha convertido en una necesidad para las empresas, no para tener éxito, sino incluso también para subsistir.

Por ende, es necesario realizar la implementación de los modelos en notación gráfica para aportar al cumplimiento de los objetivos en el desarrollo del presente proyecto y de igual manera con el fin de que sea fácilmente legible y entendible por parte de todos los involucrados e interesados, para ello se ha hecho uso de métodos de diseño como UML, IDEF0 y BPMN que permiten validar la información ejecutada en la metodología, aparte de que se acoplan a los requerimientos que hoy en día solicitan las industrias para su desarrollo, siendo los más comunes y usados actualmente.

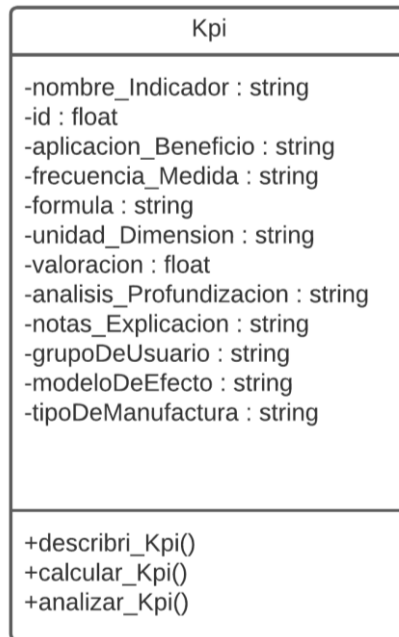
3.4.1 Diagrama de clases de KPIs y del sistema de producción.

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 22, 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.

Dentro de la clase de cada KPI, se realiza la descripción de cada recurso y se le asigna un nombre del indicador para su identificación. En esta también se asigna información necesaria como ID, beneficio, fórmula para calcular, unidad de medida, entre otros. Esa identificación, es necesaria para el manejo y entendimiento del recurso dentro de la producción.

Figura 22 Modelo para KPIs de producción

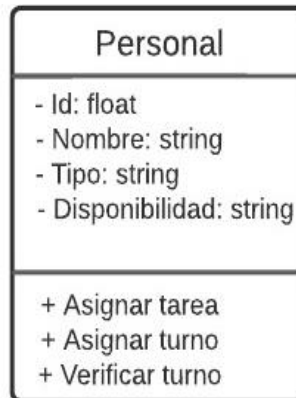


Fuente: Propia

Adicionalmente en la Figura 23, se muestra el diagrama para el modelo de personal en el área de producción, este 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.

Para consultar el contenido completo de los diagramas de clases remitirse al Anexo E.

Figura 23 Diagrama entidad personal



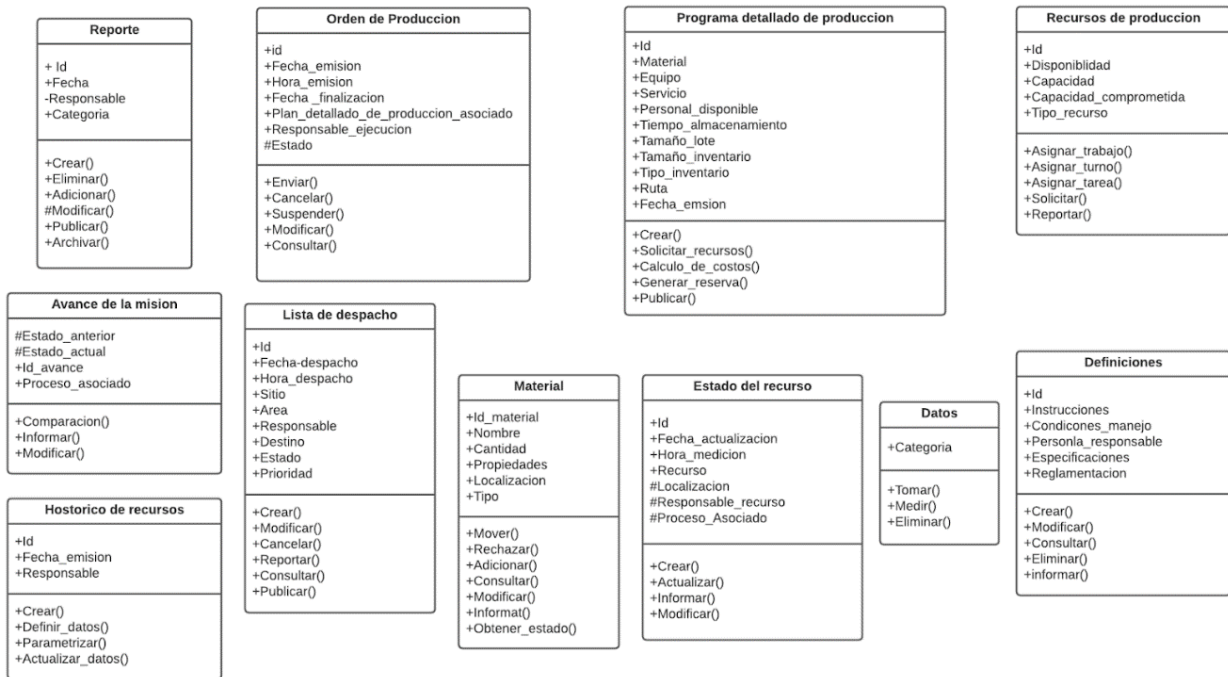
Fuente: Propia

3.4.2 Diagrama de clases Administración de Operaciones de Producción.

La Figura 24, 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 actividades, 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.

Para consultar el contenido completo de los diagramas de clases remitirse al Anexo E.

Figura 24 Definición de clases Modelo de Administración de Operaciones de Producción



Fuente: Propia

3.5 Modelado estructural mediante IDEF0.

Modelar un proceso es un paso de gran importancia, en la construcción para una mejor comprensión de la toma de decisiones útiles, permiten enfocarse de manera detallada para la organización en términos de actores, actividades, flujos de trabajo y demás componentes empresariales [85]. Es por ello que los modelos representan un elemento central en todas las etapas del desarrollo de un proceso. Los modelos de procesos de negocios son necesarios como base para la transferencia de conocimiento, propósitos de calidad, regulaciones, comunicación entre socios y documentación en general [86]. Un buen diseño de modelo de proceso puede ayudar a evitar errores desde un principio, lo cual es de gran significancia, ya que el costo de los errores aumenta exponencialmente durante el ciclo de desarrollo, por tal motivo garantizar la calidad de los modelos constituye un factor importante para modelar el éxito a nivel empresarial, en consecuencia el modelado de procesos es una parte esencial para comprender y rediseñar las actividades que utiliza una empresa para lograr sus objetivos.

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 KPIs representados en IDEF0, los cuales ilustran sus entradas, controles, recursos y salidas.

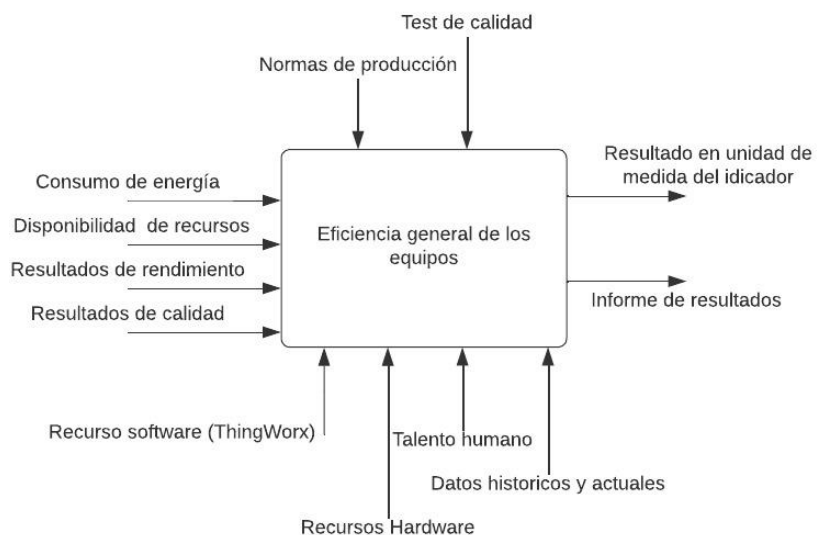
Para poder comprobar todos los modelos descritos, remítase al Anexo E.

3.5.1 Diagrama IDEF0 de KPIs de producción.

IDEF0 Eficiencia general de los equipos.

El índice de eficiencia general de los equipos (OEE), 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 25 Diagrama IDEF0 Eficiencia general de los equipos

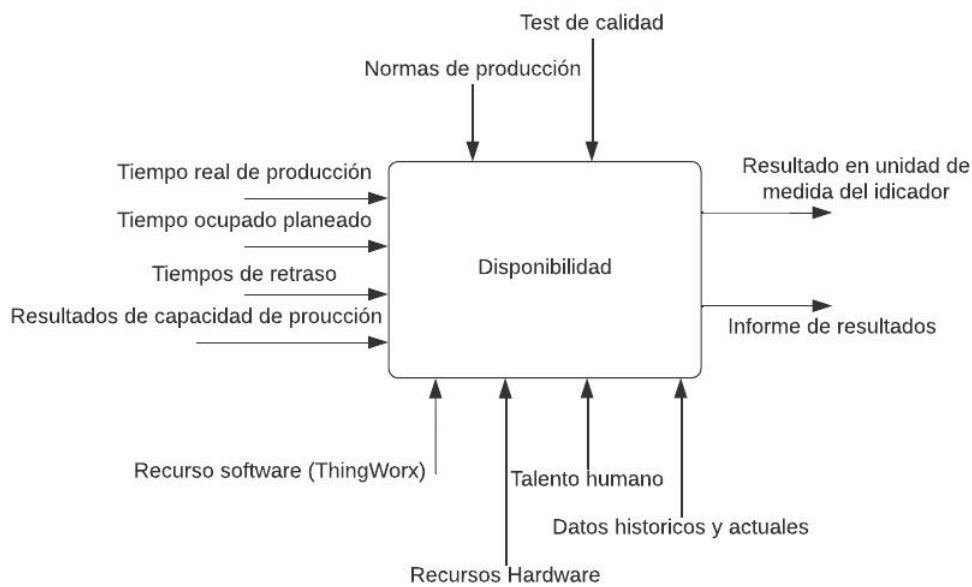


Fuente: Propia

IDEF0 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 26 Diagrama IDEF0 Disponibilidad

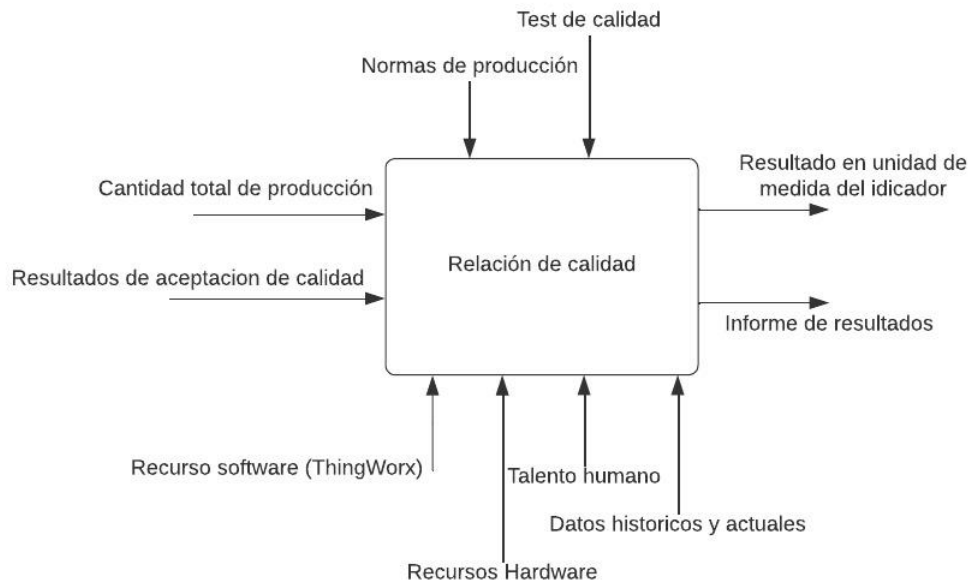


Fuente: Propia

IDEF0 Relación de calidad.

El indicador de relación de calidad 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 27 Diagrama IDEF0 Relación de calidad



Fuente: Propia

3.6 Modelado dinámico de producción.

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 opta por trabajar con 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 estudiadas anteriormente.

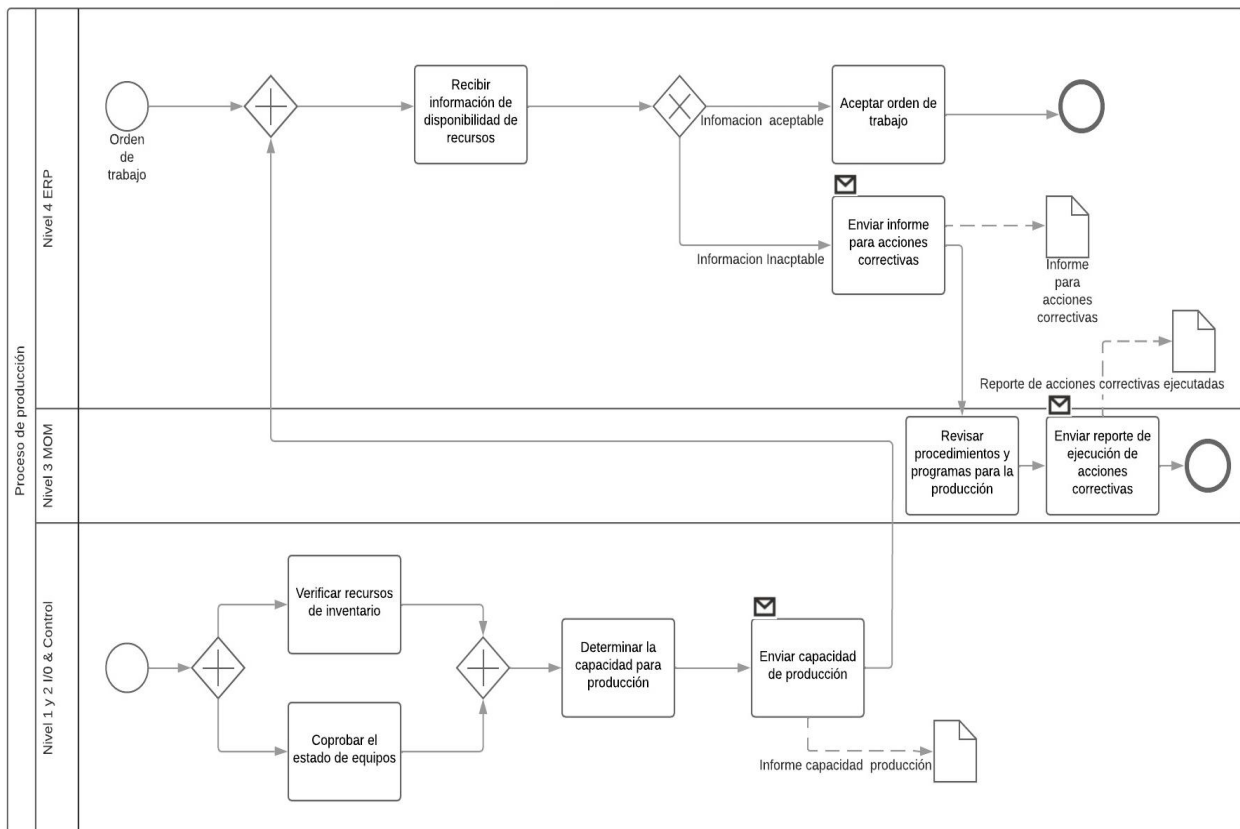
Para consultar todos los modelos diseñados en BPMN dirigirse al Anexo F.

3.6.1 Modelado estructural mediante BPMN de las actividades de administración de operaciones de producción.

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 28 Diagrama BPMN Control de la capacidad de recursos de producción



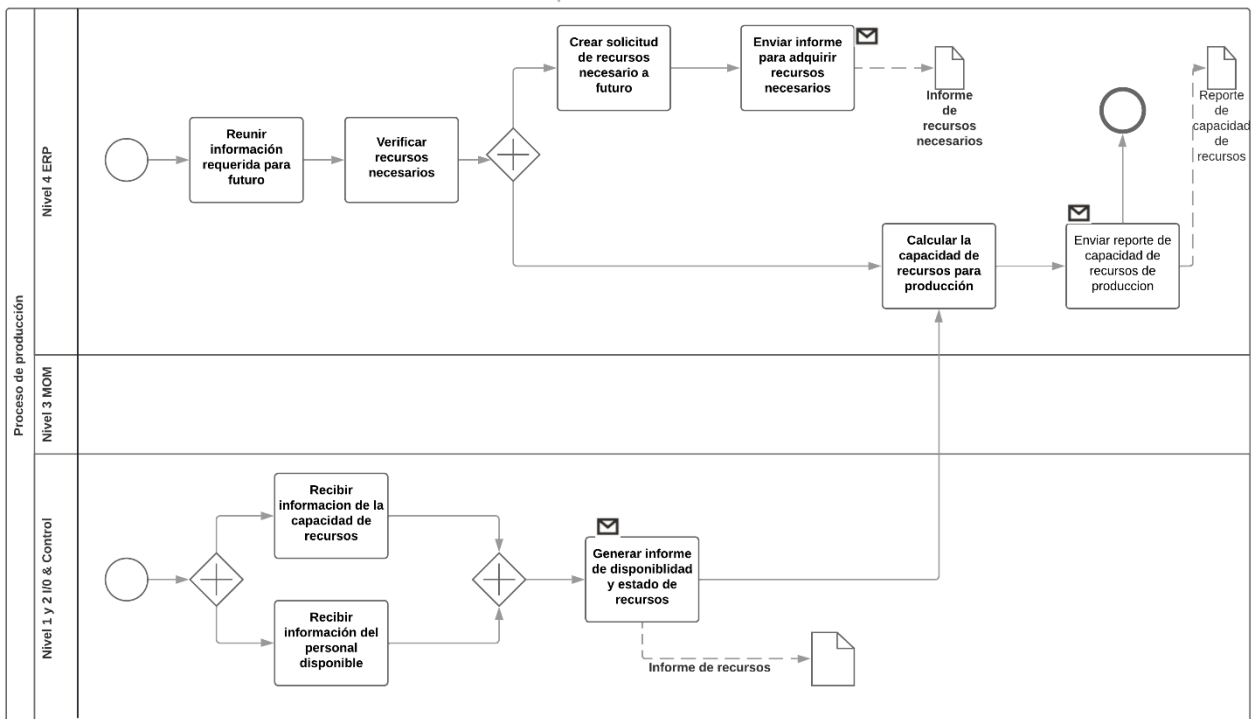
Fuente: Propia

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 29 Diagrama BPMN Administración de recursos de producción



Fuente: Propia

Con lo anterior, se le da cumplimiento al segundo objetivo de modelar la estructura de datos para reportes de rendimiento, que permita y facilite el desarrollo del prototipo generador de reportes en un entorno de transformación digital.

3.7 Implementación del prototipo de generación de reportes en el área de producción.

La ejecución del prototipo de generación de reportes de producción se basa en los principios de la metodología propuesta por los desarrolladores en la plataforma de ThingWorx, la cual sigue rutas de aprendizaje, que se basan en una serie de guías desde un nivel básico a avanzado. Por ende, el desarrollo del prototipo se basa en una serie de guías caracterizadas, con las cuales se pretende crear componentes básicos para una aplicación para Internet de las cosas (IoT), por medio de ThingWorx Composer para la creación de “plantillas de cosas”, que serán usadas para crear “cosas” que modelen el dominio de la aplicación. Además de emplear un simulador para generar datos de series temporales que se guardaran en un “Value Stream”. Una vez modelada la aplicación en ThingWorx Composer, se utilizarán “Mashup Builder” para crear la interfaz gráfica de usuario (GUI) de la aplicación. En este sentido el desarrollo de IoT de código bajo de ThingWorx brinda la flexibilidad para conectarse, crear e implementar rápidamente aplicaciones de IoT industriales integrales. El cual también ofrece extensiones y widgets preconstruidos, ThingWorx aborda los desafíos fundamentales de desarrollo de IoT, permitiendo crear soluciones que se adapten a las necesidades comerciales de constantes cambios.

3.7.1 Metodología aplicable para el desarrollo del prototipo en ThingWorx.

La ejecución del prototipo de generación de reportes de producción en la plataforma software IoT de ThingWorx se basa en la metodología planteada a continuación. Este procura ser un modelo aplicable de carácter genérico, el cual pretende suministrar información relevante en torno a una serie de indicadores clave de desempeño (KPI) que describan datos significativos, con el propósito de extraer resultados y conclusiones importantes para las partes interesadas.

1. Revisión de los recursos necesarios para crear e implementar aplicaciones IoT en la plataforma de ThingWorx.
2. Definición del modelo, tablero de indicadores clave de desempeño (KPI) en el área de producción.
3. Desarrollo de visualización de la interfaz gráfica.

Una vez establecidos los pasos del método, se procede a detallarlos. Se analiza la información de conceptualización de KPIs, además de la información provista en la plataforma de desarrollo ThingWorx. A continuación, se realiza la definición de cada uno de ellos.

1. Revisión de los recursos necesarios para crear e implementar aplicaciones IoT en la plataforma de ThingWorx.

Antes de llevar a cabo el desarrollo del modelo en ThingWorx, se requiere tener definido ciertos conceptos básicos, para lo cual Thingworx sugiere rutas de aprendizaje que constan de una lista seleccionada de guías reunidas en relación con un tema, capacidad o tecnología, apropiadas para el aprendizaje y aplicación de sus herramientas. Por lo cual, para la construcción del prototipo, se caracterizaron una serie de guías de introducción a ThingWorx, fundamentales para crear una primera aplicación, estas pueden describirse como se expone enseguida:

Introducción a la plataforma ThingWorx: Consiste en una ruta de aprendizaje que consta de cuatro guías principales, Introducción a ThingWorx para IoT, Introducción al modelo de datos, Configurar permisos, Cree un modelo de análisis predictivo, inicialmente se sintetizara la primera guía. Esta permite crear una aplicación IoT, utilizando los componentes básicos de ThingWorx Foundation. Siguiendo los pasos de esta guía, es posible construir los componentes básicos de una primera aplicación, en donde se crearán “plantillas de cosas”, las cuales serán usadas posteriormente para crear “Cosas” que modelan el dominio de la aplicación, almacenamiento de datos en el flujo de valor, creación de servicios personalizados, alertas y suscripciones. Una vez modelada la aplicación en ThingWorx Composer, “Mashup Builder” permite crear la interfaz gráfica de usuario (GUI) de la aplicación.

Diseñar e implementar modelos de datos para permitir el análisis predictivo: Esta ruta de aprendizaje comprende de 7 guías básicas para diseñar, implementar un modelo de datos, crear la lógica y funcionamiento del modelo. De estas solo se abordaron las siguientes:

- **Diseño su modelo de datos:** Esta guía presenta el proceso de definición de una metodología de modelo de datos, la cual consiste en la construcción de una matriz de componentes de “Cosas” para conocer cómo interactúan con las diferentes partes de la solución, ThingWorx recomienda seguir un sistema ordenado para crear un modelo de datos específico, estos consisten en: Priorizar grupos de componentes de la matriz, crear una plantilla de “Cosa” base para el grupo más grande, Iterar sobre cada grupo decidiendo qué tipo de entidad crear, Validar el diseño a través de la creación de instancias.
- **Implementar servicios, eventos y suscripciones:** Siguiendo sus pasos, esta guía permite automatizar los procesos comerciales o activar notificaciones, creando servicios, eventos y suscripciones.

Personalizar la interfaz de usuario y las opciones de visualización para implementar aplicaciones: Esta ruta de aprendizaje consta de una serie de guías prácticas, las cuales permiten crear, personalizar e implementar aplicaciones de IoT, desde crear la interfaz de usuario de la aplicación, conocer widgets básicos de mashup, definir estilos de interfaz de usuarios, como mostrar datos en gráficos e implementar una aplicación.

2. Definición del modelo, tablero de KPIs en el área de producción.

Un tablero de control es una herramienta gerencial que tiene por objetivo principal presentar el estado actual de varios elementos de medición (KPIs) de la gestión de una compañía. Por ende la forma en que este representa la información constituye un elemento importante.

Características de un tablero de control: A continuación se analizará cómo es el diseño de un tablero de control, así como qué elementos y recomendaciones se debe tener en cuenta a la hora de desarrollarlos.

Visualización clara: Esta es una de las características más importantes para el análisis de datos, para conocer con claridad resultados concretos, es importante que lo que se muestra esté soportado en gráficas, iconos entendibles para las partes interesadas, y a partir de estos poder tomar decisiones. Por esto, los tableros de control deben ser diseñados de modo que la información que se quiere transmitir sea percibida y entendida de manera eficiente.

Integral: Un tablero de control bien diseñado, permite tener acceso a los indicadores más importantes, conexión con áreas específicas de la compañía, en una sola pantalla, con gráficas interactivas.

Parámetros para diseñar un tablero de control.

- a) Usuario: Conocer a quién va dirigido es un punto muy importante, dado que de acuerdo a esto, los intereses pueden variar. De acuerdo al enfoque presente del proyecto y los interesados, se identificaron los requerimientos y posibles usuarios con los cuales se debe interactuar para el desarrollo del prototipo, definidos como se describe a continuación:
 - Operario en planta: Este es el encargado de movimientos de material y productos, manipulación de equipos y maquinaria, capta de información y actualización de esta en caso de presentes imprevistos, entre otras actividades de nivel 0 y 1 en la pirámide de automatización.
 - Supervisor: Este es el encargado de realizar el control y la supervisión de la información presentada en planta, las actividades a realizar por los operarios, entre otras funciones de nivel 2 y 3 en la pirámide de automatización.
 - Jefe de producción: Este debe estar encargado de las funciones como el control de movimientos de productos y material, todo tipo de requerimientos como solicitudes y peticiones, y demás actividades en el nivel 3 que conecten al nivel 4 de la pirámide de automatización.
 - Gerente: Está encargado de revelar el análisis de la información de rendimiento, la planificación estratégica de la producción y exponer los datos históricos de rendimiento, entre otras funciones.

- b) Establecer un Objetivo: Este punto pretende responder: ¿Cuáles son las preguntas que debería responder este tablero con la información que se presentará? y de esta manera definir su finalidad. A este respecto, a partir del conjunto de indicadores definidos e información correspondiente de producción, se busca evaluar el rendimiento en el tiempo, supervisar, analizar, optimizar, estandarizar operaciones, además de poder calcular y comparar el rendimiento con el de la competencia, dado que actualmente todas las empresas buscan aumentar su volumen de ingresos y conseguir más cuota de mercado a fin de incrementar sus beneficios, es aquí donde los indicadores clave de rendimiento (KPIs) adquieren un valor importante en el sector de la producción.
- c) Definir métricas: Una vez definidos el objetivo y los usuarios, lo siguiente es elegir la distribución de los indicadores en los tableros de control. Debido a las limitaciones de espacio, se emplea el desglose de información, así; se determinan cinco grupos de indicadores por objetivos, clasificados de la siguiente manera:

DashBoard 1:

Objetivo: Medir la Eficiencia General de los Equipos.

1. Disponibilidad.
2. Eficacia.
3. Relación de calidad.
4. Eficiencia general de los equipos (OEE).

DashBoard 2:

Objetivo: Medir la Eficiencia de producción.

5. Eficiencia de asignación.
6. Eficiencia de utilización.
7. Eficiencia del trabajador.
8. Eficacia clave.

DashBoard 3:

Objetivo: Medir la Eficiencia de ejecución en producción y en el área de ambiental.

9. Eficiencia de ejecución de una orden de producción.
10. Eficiencia de ejecución de una jornada laboral.
11. Eficiencia ambiental general del equipo.
12. Relación de desecho.

DashBoard 4:

Objetivo: Medir la productividad del producto y proceso.

13. Variación de la productividad laboral parcial.

14. Efectividad del proceso.
15. Rendimiento del producto.
16. Índice de efectividad general del proceso.

DashBoard 5:

Objetivo: Medir índices de rendimiento de la producción.

17. Fallas en el uso de la tecnología.
18. Tiempo de mantenimiento correctivo.
19. Tasa de rendimiento.
20. Duración de inventario.

Adicionalmente se integra un tablero de control con información específica al área de producción y un tablero que lista el conjunto de indicadores seleccionados que permite realizar su cálculo.

- d) Tipo de gráficas: Dependiendo de la información que vaya a ser representada, algunos tipos de gráficos son los más apropiados:
- Gráfico de barras: Es uno de los tipos de gráficos más conocidos, claro y compacto, ideal para comparar ágilmente valores de una misma categoría.
 - Gráfico de líneas: ideal para presentar tendencias o patrones en el tiempo.
 - Gráfico de torta: Útiles cuando se quiere visualizar cifras de forma rápida, pero no si se quiere presentar datos con mayor precisión.
 - Mini gráficos: Útil cuando el tablero de control presenta muchos indicadores, funciona cuando se quieren mostrar tendencias sobre las mediciones.

3. Desarrollo de visualización de la interfaz gráfica.

Una vez analizadas las rutas de aprendizaje principales y contando con las herramientas necesarias para llevar a cabo la ejecución de la interfaz gráfica en la plataforma de desarrollo ThingWorx, se inicia con la construcción de una matriz de componentes en la que se describen aquellas propiedades más recurrentes y principales con las que se pueden enlazar los diferentes elementos del sistema o bien llamadas “things” para que exista un apropiado flujo de la información a través del área de producción. En la Tabla 11, se describen algunos componentes que se utilizan para el desarrollo de la implementación.

Para mayor información de la implementación del prototipo generador de reportes remitirse al Anexo G.

Tabla 11 Matriz de componentes

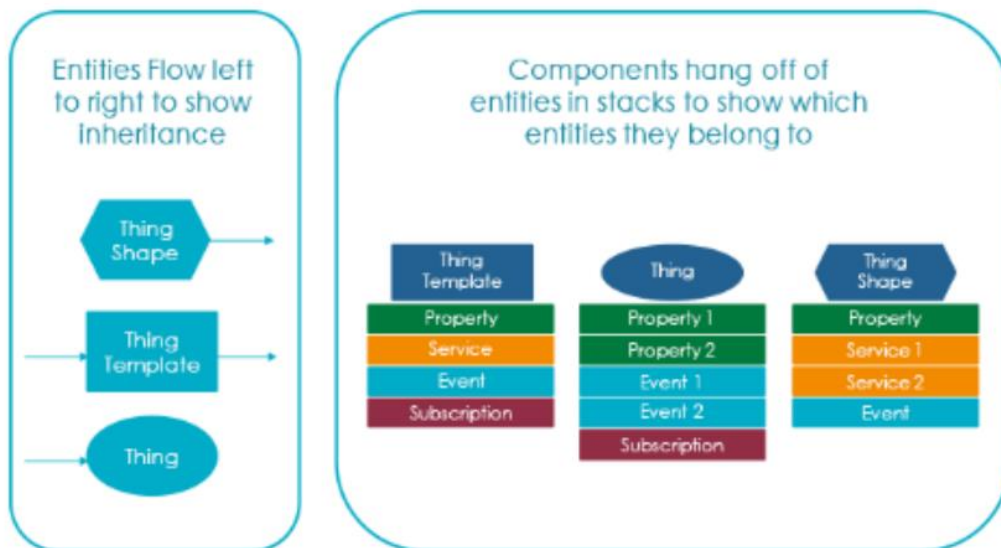
Thing	Id	Nombre	Tipo	Descripción	Formu la	Canti dad	Estado	Fecha
Productos	X	X	X	X		X	X	
Materias Primas	X	X	X	X		X	X	
Equipos	X	X	X	X			X	
Desplazamientos	X	X		X				X

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 11, se describen en fila 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”.

Es importante tener una vista unificada de cómo podría verse una representación, para dar solución a lo necesitado, se hace uso de los esquemas que proporciona ThingWorks en su metodología como lo podemos observar en la Figura 30.

Figura 30 Componentes del sistema



Fuente: ThingWorx – metodología de desarrollo

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 11, luego procedemos

a la creación de grupos en el que se va a destacar el que posea mayor cantidad de propiedades en común llegando a ser el grupo mayor como se puede observar en la Figura 31.

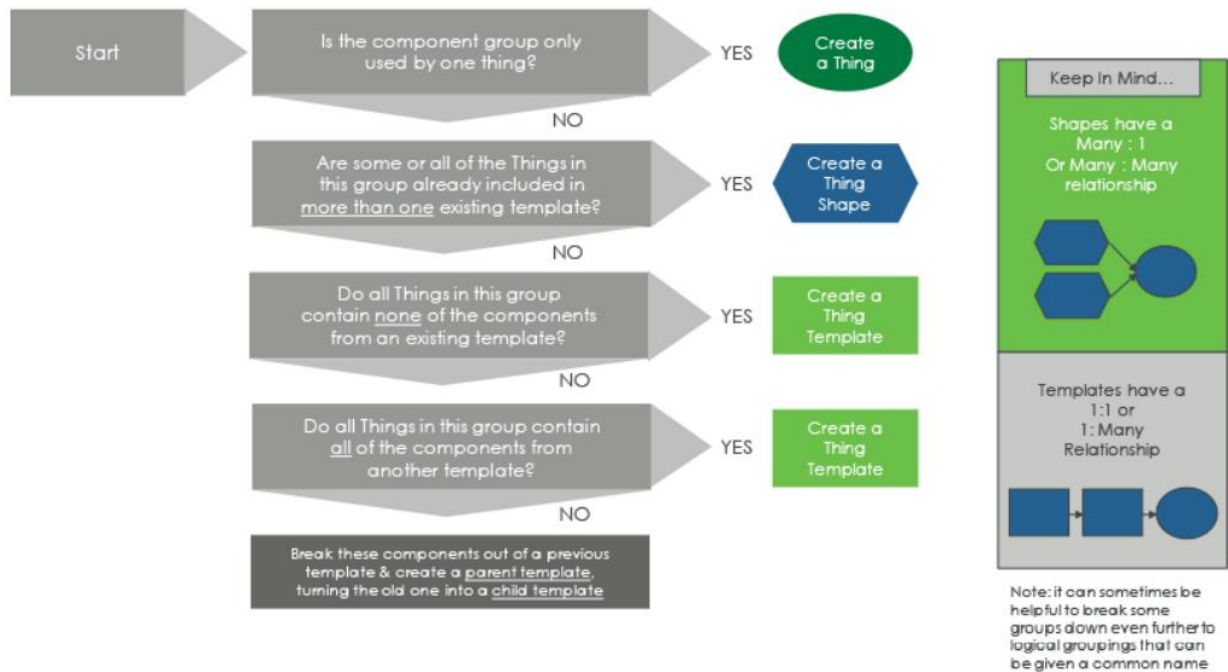
Figura 31 Grupo de propiedades



Fuente: Elaboración propia

Una vez se crea la plantilla base inicial para el grupo más grande, el resto de los grupos se pueden agregar seleccionando el tipo de entidad apropiado, entre “plantilla de cosa”, “forma de cosa” o “cosa” directamente instanciada. ThingWorx propone un diagrama de flujo de decisiones para hacer una óptima elección del tipo de entidad que se usara en cada escenario descrito en la Figura 32.

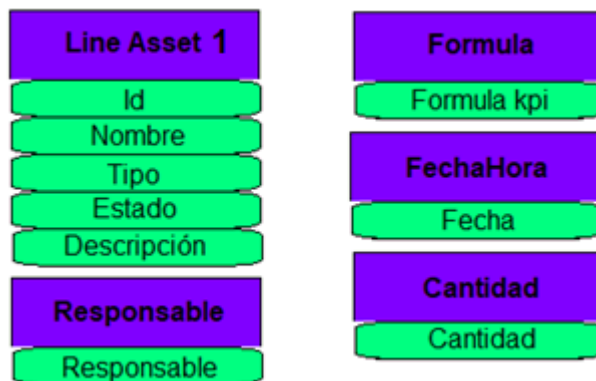
Figura 32 Diagrama de flujo de decisión de entidad



Fuente: ThingWorx - metodología de desarrollo

De esta manera, podemos observar algunas de las plantillas de cosa de los grupos existentes en el desarrollo del sistema como se ilustra en la Figura 33.

Figura 33 Plantillas



Fuente: Elaboración propia

Una vez definidos los componentes que se implementarán, y el tipo de cada uno, lo que resta por hacer es la respectiva creación de las “cosas”, “plantillas de cosa”, “formas de cosa” y demás componentes, que luego se reusarán dentro del área de producción, sumado a esto se crean las interfaces de usuario o tableros de información correspondientes al conjunto de KPIs y el proceso de producción, en donde se podrá visualizar los datos y la información relevante reportada en cada área de trabajo. En esta sección es importante resaltar que la información para los KPIs se divide en tableros de información para células y para unidades de trabajo, mientras que para la información de la producción es global.

Primeramente se destaca que la información para la construcción de los tableros en los que se visualiza los datos relevantes de los KPIs a través de gráficos interactivos como tablas de información, gráficos de barras y líneas entre otros, se dividió para la elaboración de estos en dos grupos; tableros de información por células y tableros de información por unidades, el primero agrupa la información concerniente a todos los equipos, elementos, recursos o componentes de trabajo que pueden existir dentro de un área de producción y la importancia de su elaboración radica en poder discernir la información a través de objetivos claros y precisos, abarcando mayor cantidad de datos, es por tal razón que este tipo de tableros incorpora información de pequeños grupos de indicadores clave de rendimiento, seleccionados precisamente con el propósito de que ayuden a cumplir con los objetivos principales a los que apunta la empresa. El segundo grupo de tableros creados fueron los tableros por unidades de trabajo, estos apuntan y reflejan la información más específica para la empresa, ya que por medio de estos se detallan los datos que poseen cada uno de los equipos, maquinaria o elementos de producción con los cuales operan cada una de las áreas de producción, su importancia se basa en poder determinar específicamente inconvenientes o problemas en la producción, ya que si existen fallas, accidentes, demoras, fluctuaciones o demás

percances es posible saber cuál es el equipo que los está generando y debido a que podría deberse su mal funcionamiento o bajo rendimiento de productividad.

Con lo anteriormente aclarado, el proceso avanza y se procede con la construcción de tres tipos de tableros como se indica a continuación.

Se describe la elaboración de un tablero de información para una célula de trabajo, dado que la construcción se realizó de manera similar para los tableros para una unidad de trabajo.

3.7.2 Tablero interfaz gráfica de KPIs para una célula de trabajo

“Mashup” es un entorno de arrastrar y soltar, que permite crear rápida y fácilmente una visualización de datos, el espacio de trabajo de la interfaz gráfica se denomina lienzo, estos integran múltiples elementos como widgets, datos que son vinculados desde el back-end a widgets particulares y demás. 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. Para poder mostrar datos sobre gráficos o elementos de visualización de valores, se requiere crear “data shape” o forma de datos para dar formato a los valores, esto para una secuencia, una tabla de datos o una tabla de información, una vez definidos el conjunto de datos que corresponden a una “data shape”, se debe crear un “value Stream” es decir una ubicación de almacenamiento para los cambios de propiedad. Para esto, se crea una tabla de datos para los gráficos de barras y de líneas, adicionalmente una tabla de información. Para que el “Mashup” extraiga datos en la pantalla, primero se debe crear una entidad, para esto se utiliza una “Cosa” con una propiedad de tabla de información, para ello se usó los “data shape” o formas de cosas que se crearon en el paso anterior, posteriormente se asigna a la propiedad de tabla de información algunos valores predeterminados para mostrar en los respectivos gráficos. Antes de poder vincular los datos a los diversos widgets de gráficos, primero se debe crear un “Mashup” y agregarle los respectivos gráficos. Hasta este punto hemos construido una “Cosa”, que tiene una propiedad de tabla de información y una propiedad de serie temporal con valores apropiados para mostrar en los widgets de gráfico, no obstante para que el widget muestre datos, se deben vincular a la fuente de datos, esto a través de la sección “Datos” en el panel del “Mashup”, el cual permite designar servicios, propiedades de una “Cosa” previamente creada a los widgets definidos, finalmente se configuran las propiedades de los gráficos, como nombres de etiquetas de gráficos o tablas para poder visualizar el lienzo completo.

Dada la complejidad para el desarrollo del anterior tablero se exponen a continuación una serie de pasos de manera similar a los que se describieron anteriormente, pero 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 34, 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 34 Plantilla de cosa KPIs

Name	Actions	Source	Default Value	Alerts	Category	Additional Info
<input type="checkbox"/> -T- <u>Aplicacion</u>				0		
<input type="checkbox"/> -T- <u>Dimension</u>				0		
<input type="checkbox"/> -T- <u>FrecuenciaMedida</u>				0		
<input type="checkbox"/> # <u>Valoracion</u>				0		0 to 100 %

Name	Actions	Source
<input type="checkbox"/> -T- <u>Aplicacion</u>		
<input type="checkbox"/> -T- <u>Dimension</u>		
<input type="checkbox"/> -T- <u>FrecuenciaMedida</u>		
<input type="checkbox"/> # <u>Valoracion</u>		

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. Una de estas propiedades relevantes para el desarrollo del prototipo es la que posee el nombre de “valoración” y por medio de la cual se asociaran algunos de los datos posteriormente para su análisis, seguimiento y obtención de resultados determinantes en la productividad de la empresa. En las siguientes Figuras 35, 36, 37, y 38, se detalla la información plasmada en este proceso.

Figura 35 Cosa Disponibilidad

<input type="checkbox"/>	Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts
<input type="checkbox"/>	123 DisponibilidadxCel				78	0
<input type="checkbox"/>	123 DisponibilidadxUnd				80	0
<input type="checkbox"/>	123 DisponibilidadxUnd2				84	0
<input type="checkbox"/>	123 DisponibilidadxUnd3				85	0
<input type="checkbox"/>	123 DisponibilidadxUnd4				86	0

Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 36 Cosa Eficacia

<input type="checkbox"/>	Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts
<input type="checkbox"/>	123 EficaciaxCel				75	0
<input type="checkbox"/>	123 EficaciaxUnd				77	0
<input type="checkbox"/>	123 EficaciaxUnd2				85	0
<input type="checkbox"/>	123 EficaciaxUnd3				85	0
<input type="checkbox"/>	123 EficaciaxUnd4				88	0

Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 37 Cosa Relación de calidad

<input type="checkbox"/>	Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts
<input type="checkbox"/>	123 CalidadxCel				90	0
<input type="checkbox"/>	123 CalidadxUnd				73	0
<input type="checkbox"/>	123 CalidadxUnd2				79	0
<input type="checkbox"/>	123 CalidadxUnd3				87	0
<input type="checkbox"/>	123 CalidadxUnd4				82	0

Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 38 Cosa Eficiencia general de los equipos

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts
# Disponibilidad		oo Disponibilidad.thingTemplate		0	0
# Eficacia		oo Eficacia.thingTemplate		0	0
# EficienciaGeneralDeLosEquipos				0	0
123 OEEExCel				53	0
123 OEEExUnd				45	0
123 OEEExUnd2				43	0
123 OEEExUnd3				48	0
123 OEEExUnd4				62	0
# RelacionDeCalidad		oo RelacionDeCalidad.thingTemplate		0	0

Fuente: Plataforma ThingWorx

Adicionalmente a este tipo de entidades de “cosa”, se construye una entidad de “cosa” de nombre “Tab_KPIs” en la cual los datos expresados en tablas de información o de datos deberán ir vinculados.

Figura 39 Cosa Tab_KPIs

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts	Category	Additional Info
DatosEfectividadPxCel		DatosEfectividadPxCel (4)	DatosEfectividadPxCel (4)	0	0	Tab_Efectividad	
DatosEfectividadPxUnd		DatosEfectividadPxUnd (4)	DatosEfectividadPxUnd (4)	0	0	Tab_EfectividadPxUnd	
DatosEficienciaExCel		DatosEficienciaExCel (4)	DatosEficienciaExCel (4)	0	0	Tab_EficienciaCel	
DatosEficienciaExUnd		DatosEficienciaExUnd (4)	DatosEficienciaExUnd (4)	0	0	Tab_EficienciaExUnd	
DatosEficienciaTxCel		DatosEficienciaTxCel (4)	DatosEficienciaTxCel (4)	0	0	EficienciaTxCel	
DatosEficienciaTxUnd		DatosEficienciaTxUnd (4)	DatosEficienciaTxUnd (4)	0	0	Tab_EficienciaTxUnd	
DatosOEEExCel		DatosOEEExCel (4)	DatosOEEExCel (4)	0	0	Tab_DatosOEEExCel	
DatosOEEExUnd		DatosOEEExUnd (4)	DatosOEEExUnd (4)	0	0	Tab_OEEExUnd	
DatosRendimientoxCel		DatosRendimientoxCel (4)	DatosRendimientoxCel (4)	0	0	Tab_Rendimineto	
DatosRendimientoXUnd		DatosRendimientoXUnd (4)	DatosRendimientoXUnd (4)	0	0	Tab_RendimientoXUnd	
InfoEfectividadPxCel		InfoEfectividadPxCel (4)	InfoEfectividadPxCel (4)	0	0	Tab_DatosEfectividad	
InfoEfectividadPxUnd		InfoEfectividadPxUnd (4)	InfoEfectividadPxUnd (4)	0	0	EfectividadProcesoXUnidad	
InfoEfectividadTxCel		InfoEfectividadTxCel (4)	InfoEfectividadTxCel (4)	0	0	Tab_EficienciaTxCel	
InfoEficienciaExCel		InfoEficienciaExCel (4)	InfoEficienciaExCel (4)	0	0	Tab_DatosEficiencia	
InfoEficienciaExUnd		InfoEficienciaExUnd (4)	InfoEficienciaExUnd (4)	0	0	Eficiencia_EjecucionXUnidad	
InfoEficienciaTxUnd		InfoEficienciaTxUnd (4)	InfoEficienciaTxUnd (4)	0	0	EtrabajadorXUnidad	

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. Todos los componentes, información y datos adscritos para el desarrollo de este prototipo se pueden detallar a continuación en las siguientes Figuras 40, 41, y 42.

Figura 40 Datos eficiencia general de los equipos

Actions	ID	KPI	Promedio	Periodo
	1	OEE	56	2022-01-20 00:00:00.000
	2	Disponibilidad	56	2022-02-24 00:00:00.000
	3	Rendimiento	63	2022-03-24 00:00:00.000
	4	Calidad	56	2022-04-22 00:00:00.000

Save Cancel

Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 41 Datos de creación

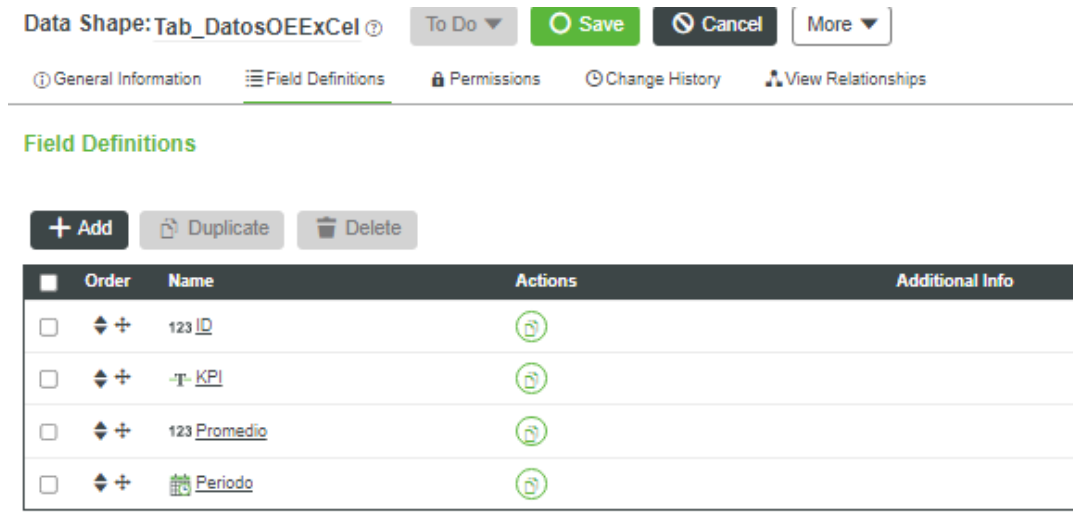
Form fields:

- ID:
- KPI:
- Promedio:
- Periodo:

Set Cancel

Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 42 Tab_Datos Eficiencia general de los equipos

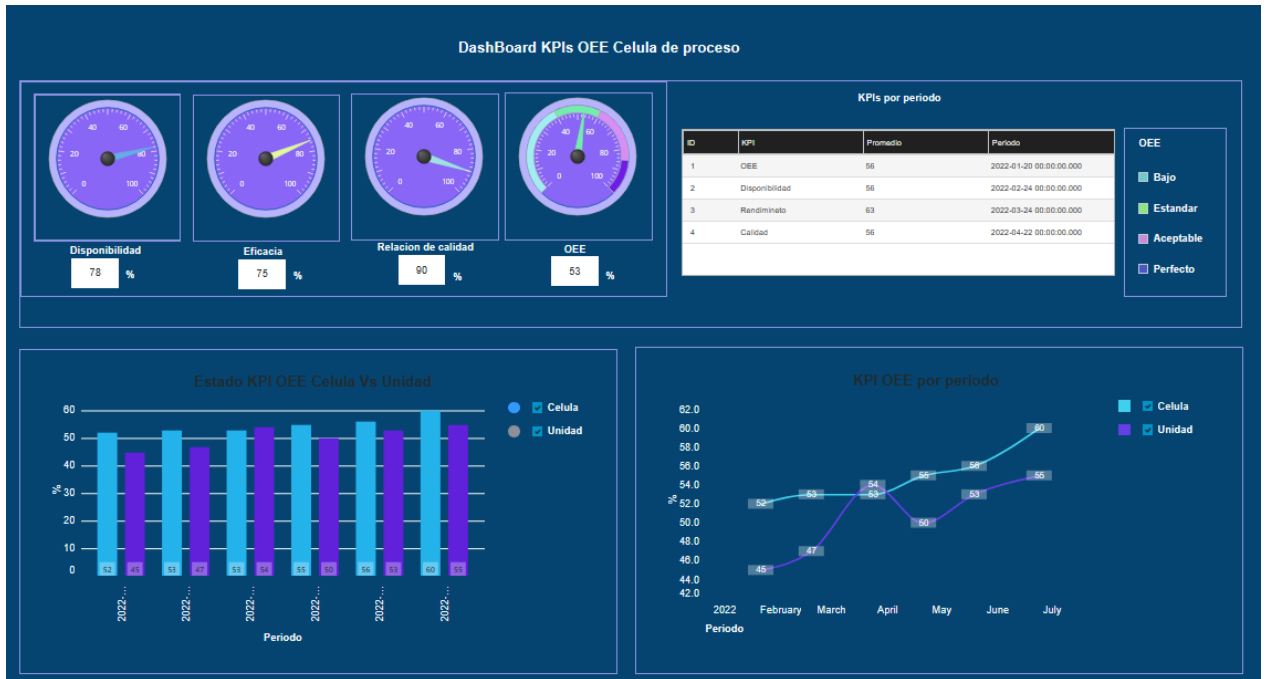


Fuente: Plataforma ThingWorx

- **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. En la Figura 43, se ilustra el diseño propuesto para el desarrollo de este prototipo.

Figura 43 Tablero de célula para KPIs OEE

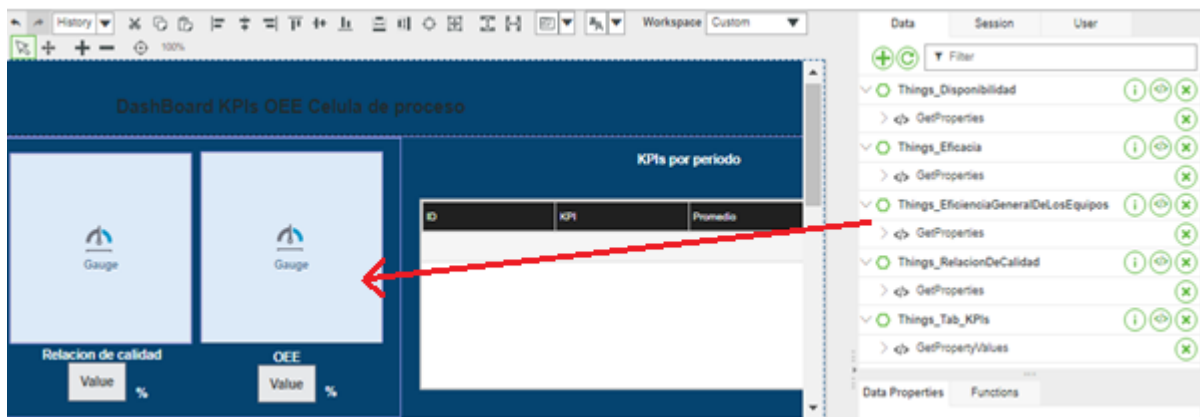


Fuente: Plataforma ThingWorx

- **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, esto se hace a través de la sección “Datos” en el panel del “Mashup”, el cual permite designar servicios, propiedades de una “cosa” previamente creada a los widgets definidos. A continuación se observa como fue el proceso para su construcción.

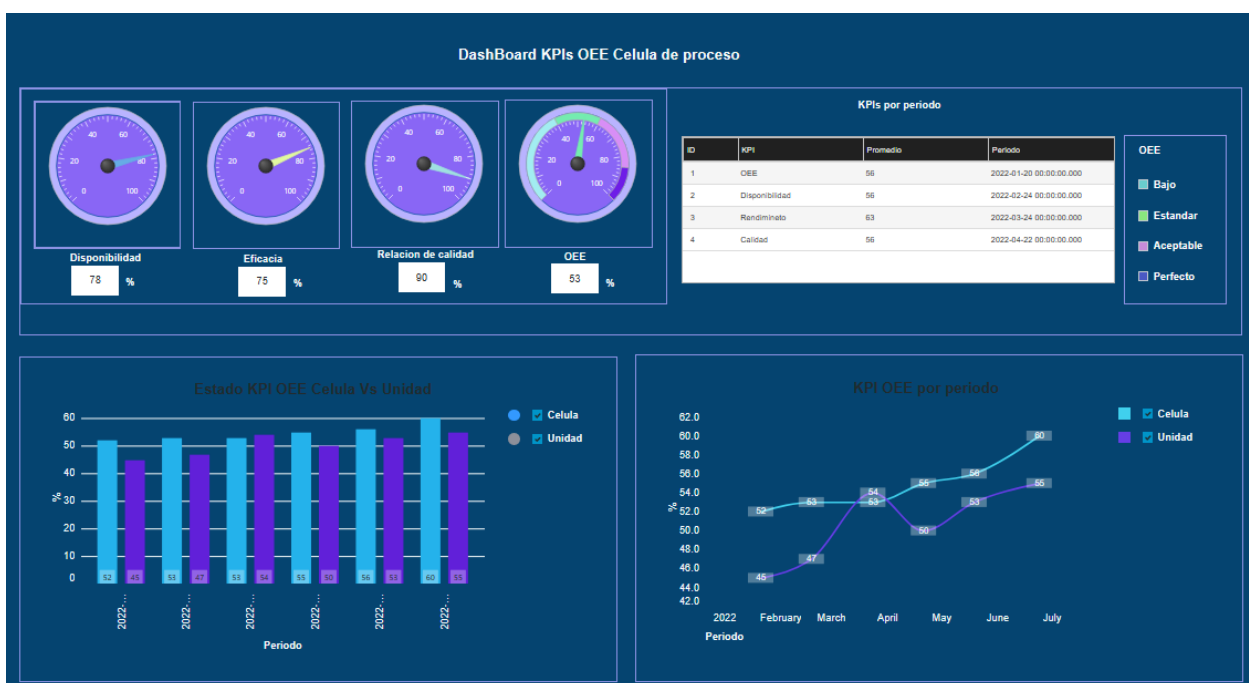
Figura 44 Vínculo de datos



Fuente: Plataforma ThingWorx

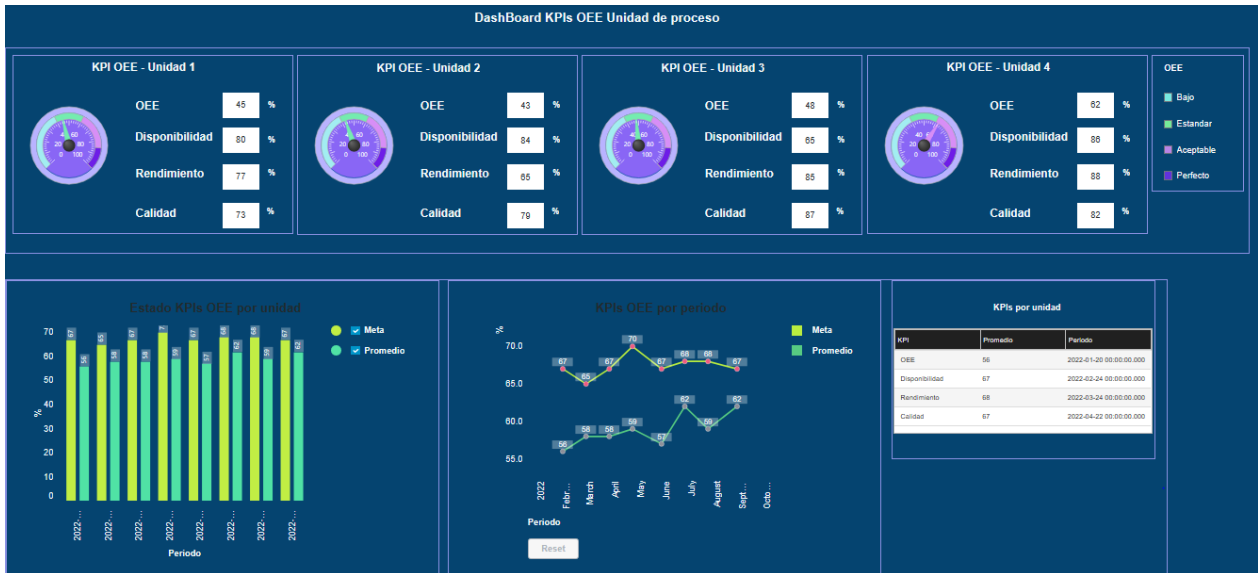
Primeramente se debe agregar la “Cosa” previamente creada al Mashup a través de la pestaña de datos, a esta “Cosa” se le debe agregar los servicios que se desean para que muestre la información, para este caso se asocia el servicio de “GetProperty, después se debe desplegar este servicio y tomar todos los datos que están asociados a él, y se arrastran hacia el cuadro del Widget en el que se está vinculando la información, ya hecho este paso se debe confirmar el destino de enlace en donde se selecciona el enlace de datos. Una vez se realizan estos pasos para la elaboración de este tablero de información se muestra cual es el resultado final obtenido y una comparación entre el diseño final de visualización para los usuarios entre un tablero para una célula de trabajo y un tablero para una unidad de trabajo.

Figura 45 Tablero para célula de trabajo



Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 46 Tablero para unidad de trabajo



Fuente: Plataforma ThingWorx

3.7.3 Tablero cálculo KPIs

Este tablero permite realizar el cálculo y obtener la valoración de cada uno de los indicadores, conociendo sus respectivos parámetros. Para ello es conveniente entender que una aplicación de ThingWorx se crea a partir de “Cosas”, cada una de ellas basadas en una “Plantilla de cosa” que define las propiedades (características) y los servicios (comportamientos) comunes para un conjunto de entidades. Una vez que se crea una “plantilla de cosa”, se pueden crear fácilmente instancias de varias “Cosas” sin duplicar esfuerzos. Por tanto, se creó una “plantilla de cosa” designada “plantilla KPI”, esta contiene propiedades esenciales en base a la estructura definida por el estándar ISO 22400, hecho esto se crearán las “Cosas” correspondientes al conjunto de indicadores establecidos, en donde cada “Cosa” se compone de una “plantilla de cosa”, una “forma de cosa”, heredando sus propiedades y servicios. Cada “forma de cosa” contiene los respectivos parámetros para realizar los cálculos de los distintos KPIs, a partir de la creación de servicios, en este caso se creó un servicio designado como “Cálculo”. Hecho esto se pasa a la construcción del “Mashup”, este se compone de etiquetas para nombrar indicadores y parámetros, cuadros de texto para introducir valores y botones para generar los resultados. Para poder ingresar valores en los campos de texto y ver el resultado esperado, se vinculan las “Cosas” correspondientes a cada uno de los KPIs, concretamente el servicio “Cálculo” heredado de las “formas de cosas” previamente creadas, a través de la sección “Datos” del panel del “Mashup”, así finalmente poder interactuar con el tablero desarrollado.

En el siguiente apartado se describen los pasos que se realizaron para la elaboración de este tablero informativo.

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

En la Figura* se ilustra la información recolectada y necesaria con la que se elaboró 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 fueron obtenidas gracias a la construcción de la matriz de componentes y a los modelos de datos estructurales en la investigación del proyecto.

Figura 47 Plantilla de cosa KPIs

<input type="checkbox"/>	Name	Actions	Source	Default Value	Alerts
<input type="checkbox"/>	-T- Aplicacion				0
<input type="checkbox"/>	-T- Dimension				0
<input type="checkbox"/>	-T- FrecuenciaMedida				0
<input type="checkbox"/>	# Valoracion				0

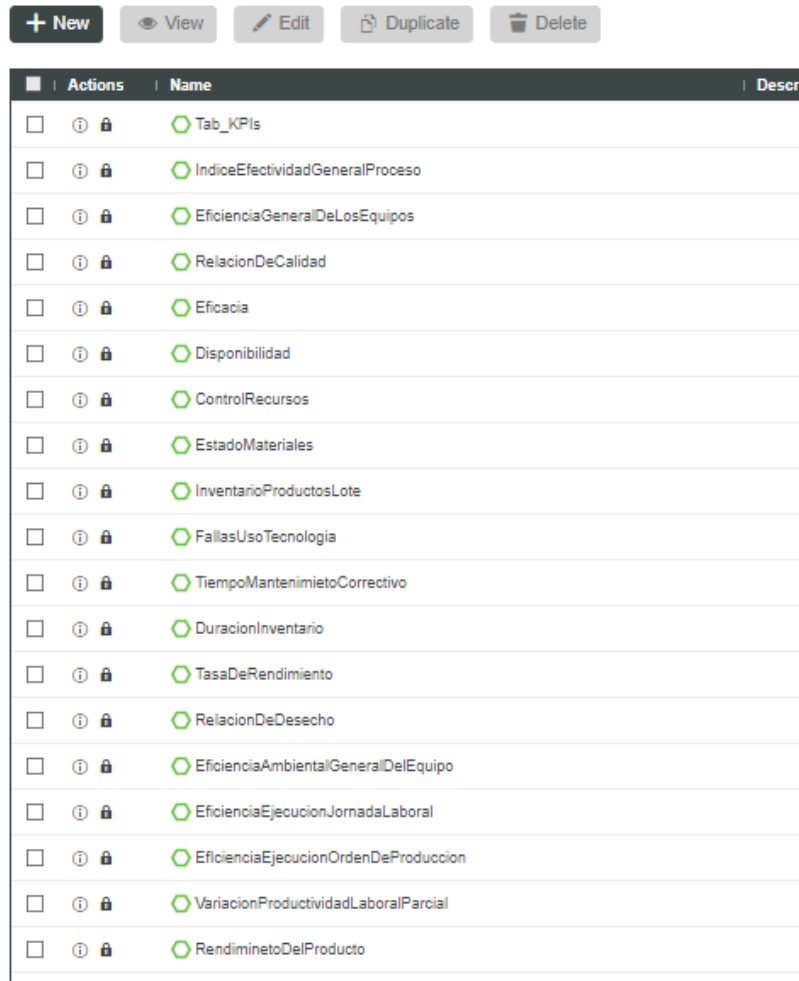
> Generic

Fuente: Plataforma ThingWorx

- **Creación de Cosa**

Inicialmente procedemos a la creación de las diferentes entidades de “cosa”, las cuales representan a los indicadores clave de rendimiento 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 indicador clave de rendimiento, 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. En las siguiente Figura 48, se detalla la información plasmada en este proceso.

Figura 48 Cosas creadas



Actions	Name	Descr
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	Tab_KPis	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	IndiceEfectividadGeneralProceso	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	EficienciaGeneralDeLosEquipos	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	RelacionDeCalidad	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	Eficacia	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	Disponibilidad	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	ControlRecursos	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	EstadoMateriales	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	InventarioProductosLote	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	FallasUsoTecnologia	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	TiempoMantenimientoCorrectivo	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	DuracionInventario	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	TasaDeRendimiento	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	RelacionDeDesecho	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	EficienciaAmbientalGeneralDelEquipo	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	EficienciaEjecucionJornadaLaboral	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	EficienciaEjecucionOrdenDeProduccion	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	VariacionProductividadLaboralParcial	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	RendimientoDelProducto	

Fuente: Plataforma ThingWorx

También es importante recalcar que adicionalmente a la creación de las diferentes entidades de “cosa” para cada uno de los indicadores es indispensable la creación de una entidad de “cosa” que nos permite vincular los datos que poseen las propiedades de cada indicador, por el cual es posible crear un servicio en que se realicen diferentes operaciones y cálculos necesarios según la fórmula para calcular el resultado final de cada indicador. Para el presente trabajo se creó un servicio designado con el nombre de “Cálculo”.

Figura 49 Formula de la entidad cálculo

The screenshot shows the 'My Services' section in ThingWorx. At the top, there are buttons for '+ Add', 'Duplicate', and 'Delete'. Below this is a table with columns: Name, Actions, Execute, Category, Type, Inputs, and Output. The table is currently empty, showing 'No services'. Underneath, there is a section for 'Inherited Services' with a dropdown menu showing 'FormulaRelacionDeCalidad'. Below this, another table shows a service named 'Calculo'. The 'Calculo' service has a 'Local (JavaScript)' type and two input fields: '123 TotalUnidadesConfor...' and '123 TotalUnidadesFabrica...'. The output is '123 result'.

Name	Actions	Execute	Category	Type	Inputs	Output
Calculo				Local (JavaScript)	123 TotalUnidadesConfor... 123 TotalUnidadesFabrica...	123 result

Fuente: Plataforma ThingWorx

- **Creación de forma de cosa**

En la Figura 50, se ilustra la información que se asignó para la entidad de “forma de cosa”, la cual contiene los respectivos parámetros para realizar los cálculos de los distintos KPIs, a partir de la creación de esta entidad es posible vincular los datos hacia la entidad de “cosa” descrita en el paso anterior y así poder crear servicios con los cuales se asociaran al presente tablero diseñado.

Figura 50 Forma de cosa formula KPIs

The screenshot shows a table of KPIs. The columns are: Name, Actions, Source, Default Value, Alerts, Category, and Additional Info. There are three rows of KPIs: 'RelacionDeCalidad', 'TotalUnidadesConformes', and 'TotalUnidadesFabricadas'. Each row has a checkbox, a duplicate icon, a source icon, a default value of 0, an alert icon, and an additional info icon.

Name	Actions	Source	Default Value	Alerts	Category	Additional Info
<input type="checkbox"/> # RelacionDeCalidad			0			0 to 100 %
<input type="checkbox"/> # TotalUnidadesConformes			0			
<input type="checkbox"/> # TotalUnidadesFabricadas			0			

> Generic

Fuente: Plataforma ThingWorx

- **Creación de servicio**

En la siguiente Figura 51, se describen algunos de los datos por el cual se deben asociar los parámetros para que puedan ser funcionales dentro de la plataforma y sirvan de información en cada uno de los KPIs creados y vinculados al tablero desarrollado.

Figura 51 Servicio cálculo

Thing Shape:FormulaDisponibilidad ? To Do Save Cancel More

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

Services Filter Choose category

My Services Add Duplicate Browse Remote Services Delete

Name ^	Actions	Category	Type	Inputs	Output
<input type="checkbox"/> Calculo			Local (JavaScript)	123 TiempoRealProduccion 123 TiempoOcupadoPlani...	123 result

Fuente: Plataforma ThinWorx

- **Creación de “Mashup”**

En la construcción de este tablero al igual que el anterior se emplea la técnica de arrastrar y soltar, que permite crear rápida y fácilmente una visualización de datos. El diseño está compuesto por una sección de etiquetas para una descripción con el nombre para cada KPI, en total se describen veinte de estos, además posee gráficos con cuadros de texto y de botones. En la Figura 52 se ilustra el diseño propuesto para el desarrollo de este prototipo.

Figura 52 Tablero cálculo de KPIs

Indicadores de Producción

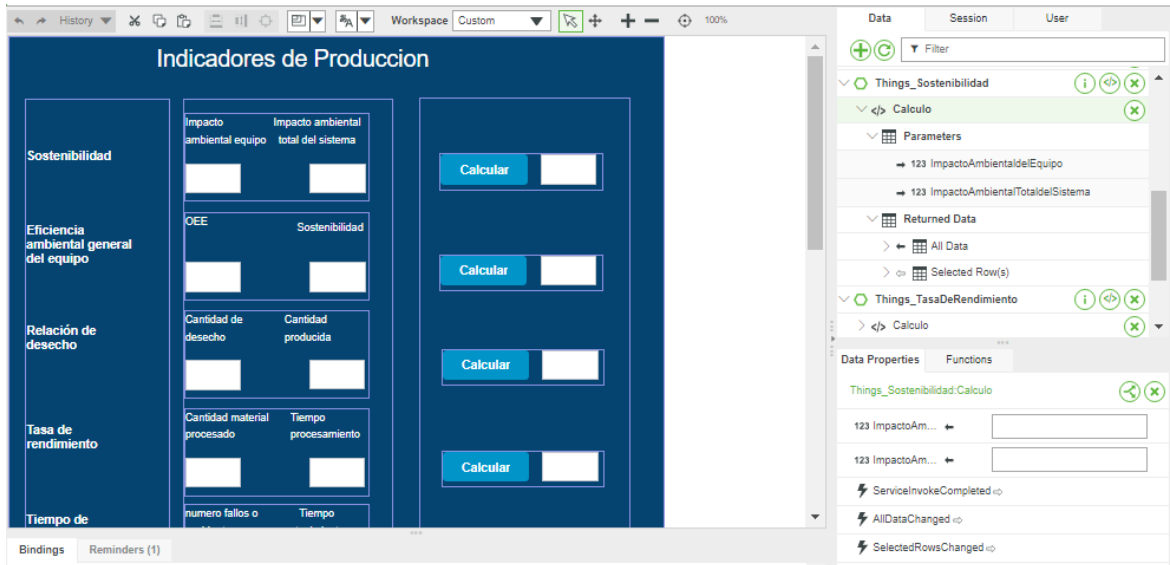
Sostenibilidad	Impacto ambiental equipo	Impacto ambiental total del sistema	Calcular	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Eficiencia ambiental general del equipo	OEE	Sostenibilidad	Calcular	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Relación de desecho	Cantidad de desecho	Cantidad producida	Calcular	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Tasa de rendimiento	Cantidad material procesado	Tiempo procesamiento	Calcular	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Tiempo de mantenimiento correctivo	numero fallos o accidente	Tiempo mantenimiento no planificado	Calcular	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Fallas en el uso de la tecnología	número de fallas de la tecnología en el mes		Calcular	<input type="text"/>
	<input type="text"/>			
Duración de Inventario	Inventario final	Ventas promedio	Calcular	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
		número de días al mes	<input type="text"/>	

Fuente: Plataforma ThingWorx

- **Vinculación de datos**

Finalmente para poder visualizar la información requerida por los usuarios, y poder ingresar valores en los cuadros de texto y ver el resultado esperado, se debe asociar los datos a los cuadros de texto y botones de la interfaz, esto se hace a través de la sección “Datos” en el panel del “Mashup”, el cual permite designar servicios a las propiedades de una “cosa” previamente creada. A continuación se observa como fue el proceso para su construcción.

Figura 53 Vínculo de datos



Fuente: Plataforma ThingWorx

Después de terminar con los pasos anteriormente descritos, en la Figura 54, se ilustra el resultado final del tablero de información para el cálculo de los diferentes KPIs.

Figura 54 Tablero cálculo de KPIs



Fuente: Plataforma ThingWorx

3.7.4 Tablero control de la producción

Para la construcción de este tipo de tablero la información está basada en la recolección y estudio de información en la administración de las actividades de producción de la empresa, es por ende que a continuación se describen los pasos por los cuales se atravesó para poder obtener datos importantes y de suma relevancia para que la información visualizada en la elaboración de este tablero sea de fácil entendimiento para los usuarios que interactúan con él.

- **Creación de forma de cosa**

En la Figura 55, se ilustra la información que posee y con la que se elabora la entidad de “forma de cosa” a la cual se relacionan los datos posteriormente a una entidad de “plantilla de cosa” y “cosa”, para que así exista un flujo adecuado de información. Este proceso se realiza de forma similar para las diferentes entidades de “forma de cosa” con la que cuenta la construcción de este tablero. Además las propiedades aquí descritas se obtuvieron gracias a los datos del estudio previamente realizado y a los modelos de datos estructurales.

Figura 55 Formas de cosa

Actions	Name	Description
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	FormulaEficienciaGeneralDeLosEquipos	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	FormulaVariacionProductividadLaboralParcial	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	FormulaRendimientoDelProducto	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	FormulaEfectividadDelProceso	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	FormulaDuracionInventario	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	FormulaFallasUsoTecnologia	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	FormulaTiempoDeManteniminetoCorrectivo	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	FormulaTasaRendimiento	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	FormulaRelacionDeDesecho	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	FormulaEficienciaAmbientaGeneralDelEquipo	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	FormulaEficienciaEjecucionJornadaLaboral	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	FormulaEficienciaDeEjecuciónOrdenDeProducción	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	FormulaEficaciaClave	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	FormulaEficienciaDeAsignacion	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	FormulaEficienciaDeUtilizacion	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	FormulaEficienciaDelTrabajador	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	FormulaRelacionDeCalidad	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	FormulaDisponibilidad	
<input type="checkbox"/> ⓘ 🔒	FormulaEficacia	

Fuente: Plataforma ThingWorx

- **Creación de Plantilla de cosa- Plantilla producción**

En la Figura 56, se ilustra la información recolectada y necesaria con la que se elabora la entidad de “plantilla de cosa” a la cual se relacionan los datos posteriormente a una entidad de “cosa” para que así exista un flujo adecuado de información. Las propiedades aquí descritas fueron obtenidas gracias al análisis de la información recopilada a lo largo de la investigación.

Figura 56 Plantilla de cosa

The screenshot shows the 'Thing Template: PlantillaProduccion' configuration page. At the top, there are buttons for 'To Do', 'Save', 'Cancel', and 'More'. Below these are navigation tabs: 'General Information', 'Properties and Alerts' (selected), 'Services', 'Events', 'Subscriptions', 'Permissions', 'Change History', and 'View Relationships'. The 'Properties and Alerts' section has a 'Filter' input and a 'Choose category' dropdown. Below this are buttons for 'My Properties', '+ Add', 'Duplicate', and 'Delete'. The main part of the image is a table with the following data:

Name	Actions	Source	Default Value	Alerts	Category	Additional Info	Visibility	Lock	Menu
-T- Descripción				0			<input checked="" type="checkbox"/>		
-T- Estado				0			<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
# Id				0	Codigo		<input checked="" type="checkbox"/>		
-T- Nombre				0			<input checked="" type="checkbox"/>		

Fuente: Plataforma ThingWorx

- **Creación de Cosa**

Inicialmente se procede a la creación de las diferentes entidades de “cosa”, las cuales representan a los diferentes recursos, materiales y demás elementos dentro del área de producción, estas entidades están vinculadas a las entidades anteriormente creadas “plantilla de cosa” y “forma de cosa”, ya que de este modo permite contar con las propiedades intrínsecas que posee cada elemento creado en la plataforma, 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. En las siguiente Figura 57, se detalla la información plasmada en este proceso.

Figura 57 Cosas creadas

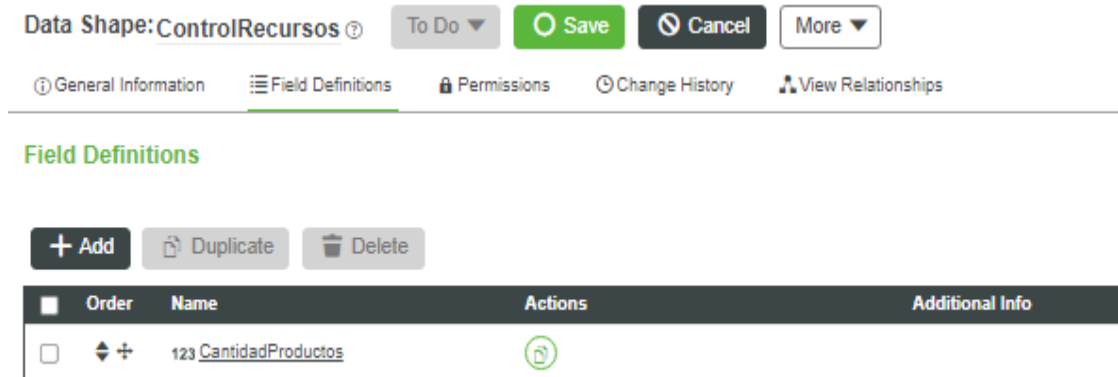
Actions	Name	Descr
<input type="checkbox"/>	Tab_KPIs	
<input type="checkbox"/>	IndiceEfectividadGeneralProceso	
<input type="checkbox"/>	EficienciaGeneralDeLosEquipos	
<input type="checkbox"/>	RelacionDeCalidad	
<input type="checkbox"/>	Eficacia	
<input type="checkbox"/>	Disponibilidad	
<input type="checkbox"/>	ControlRecursos	
<input type="checkbox"/>	EstadoMateriales	
<input type="checkbox"/>	InventarioProductosLote	
<input type="checkbox"/>	FallasUsoTecnologia	
<input type="checkbox"/>	TiempoMantenimientoCorrectivo	
<input type="checkbox"/>	DuracionInventario	
<input type="checkbox"/>	TasaDeRendimiento	
<input type="checkbox"/>	RelacionDeDesecho	
<input type="checkbox"/>	EficienciaAmbientalGeneralDelEquipo	
<input type="checkbox"/>	EficienciaEjecucionJornadaLaboral	
<input type="checkbox"/>	EficienciaEjecucionOrdenDeProduccion	
<input type="checkbox"/>	VariacionProductividadLaboralParcial	
<input type="checkbox"/>	RendiminetoDelProducto	

Fuente: Plataforma ThingWorx

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

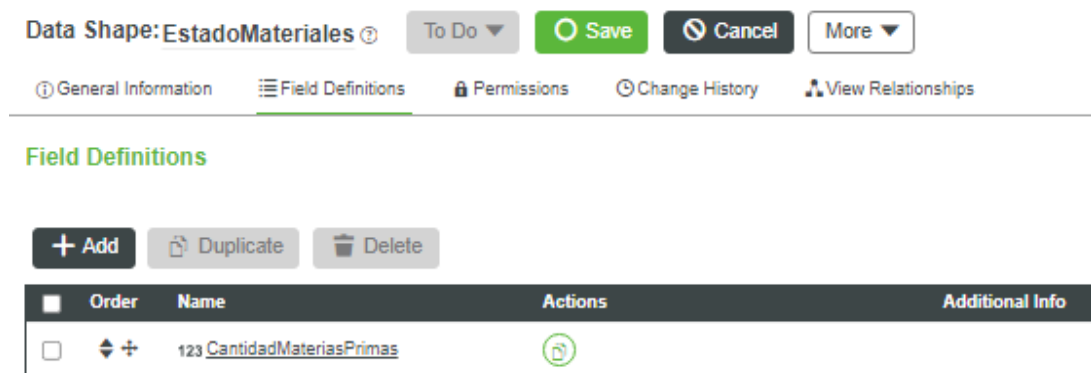
El siguiente paso que se desarrolla es la creación de tablas de datos e información para poder mostrar datos sobre gráficos o elementos de visualización de valores, sumados a esto, se requiere crear “data shape” o forma de datos para dar formato a estos valores, y finalmente se procede a crear lo que se conoce como “value stream”, esto es una ubicación de almacenamiento para cuando hayan cambios de una propiedad. Todos los componentes, información y datos adscritos para el desarrollo de este tablero informativo se pueden detallar a continuación en las siguientes Figuras 58, y 59.

Figura 58 Control de recursos



Fuente: Plataforma ThingWorx

Figura 59 Estado de materiales

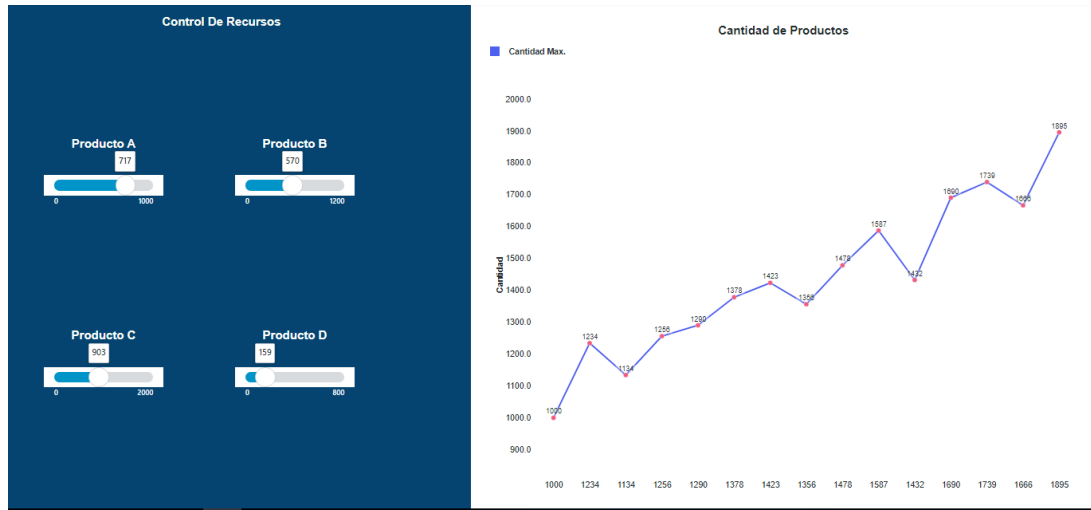


Fuente: Plataforma ThingWorx

- **Creación de “Mashup”**

Una vez más el entorno de arrastrar y soltar, se emplea para la creación de este tablero, debido a que permite crear rápida y fácilmente una visualización de datos. El diseño está compuesto por una sección de “sliders”, para mostrar los recursos de producción como materias primas, productos terminados y en producción, con los que se cuenta en las diferentes áreas y gráficos de líneas. En la Figura 60, se ilustra el diseño propuesto para el desarrollo de este prototipo de tablero y el cual se presenta ante los usuarios finales.

Figura 60 Mashup creado

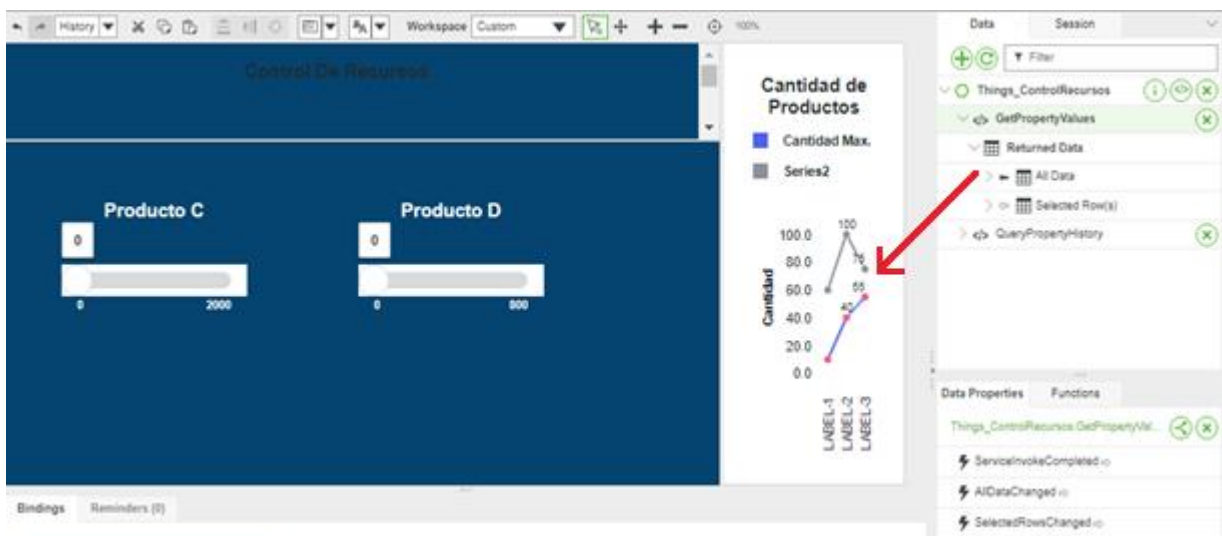


Funete: Plataforma ThingWorx

- **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, esto se hace a través de la sección “Datos” en el panel del “Mashup”, el cual permite designar servicios a las propiedades de una “cosa” previamente creada a los widgets definidos. A continuación se observa como fue el proceso para su construcción.

Figura 61 Vínculo de datos



Fuente: Plataforma ThingWorx

Finalmente se contempla el diseño creado para el menú principal en la Figura 62, en donde se encuentran la totalidad de los tableros creados para el sistema generador de reportes del proyecto.

Figura 62 Menú principal



Fuente: Plataforma ThingWorx

3.7.5 Toma de datos e información

La importancia de una buena toma de datos es esencial para el buen funcionamiento y ejecución de las actividades planteadas. Así, la plataforma ThingWorx contiene múltiples funcionalidades, desde conectarse por medio de otros de sus productos con sensores, bases de datos e interfaces, lo que permite tener una amplia variedad de maneras de adquirir la información según el proyecto lo requiera.

También, la plataforma cuenta con la posibilidad de ingresar o adquirir datos de manera manual, como lo puede ser actualización de bases de datos, inspecciones y evaluaciones. En el presente proyecto, la asignación de información para su visualización en los diferentes tableros y entidades creadas, se realiza de forma manual, en donde los datos son establecidos a través de tablas de información, tablas de datos y parámetros vinculados a las propiedades de cada uno de los elementos presentes aquí, esto debido a las limitaciones de licencia con las que se cuenta para el uso de la plataforma de ThingWorx. A continuación en las Figura 63 se puede observar los datos como han sido establecidos para algunos de los elementos creados en la plataforma.

Figura 63 Asignación de información

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts	Category	Additional Info		
-F Descripción				Solicitud de productoA	0				
-F Estado				Con pocas unidades	0				
Fecha-Hora				2022-08-22 08:09:10.966	0				
# Id				283193	0	Codigo			
-F Nombre				Producto A	0				
-F Responsable				Juan Camilo Dorado	0				

▼ Cantidad

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts	Category	Additional Info		
# Cantidad				120	0		Unidad		

Fuente: Plataforma ThingWorx

De este modo, se le da cumplimiento al tercer objetivo de implementar la arquitectura del prototipo generador de reportes basándose en estándares internacionales, adicionalmente a esto se llega a cumplir con el objetivo general de proponer un prototipo de un sistema generador de reportes para el área de producción en un entorno de transformación digital industrial.

APORTE TEORICO DEL ESTUDIO

El desarrollo del presente trabajo permitió el estudio y análisis de la norma ISO 22400 y su descripción conceptual y descriptiva del uso de los indicadores clave de desempeño a través de la industria manufacturera, permitiendo abarcar una metodología enfocada a la participación de los diferentes actores en una organización y todos sus procesos en el área de producción. De este modo el desarrollo del método para la escogencia de los diferentes KPIs en este proyecto está basada en las recomendaciones de la norma ISO 22400, así mismo otro de los grandes aportes al desarrollo de este trabajo investigativo es el uso que se dio al estándar ANSI/ISA 95 en su parte tres, ya que nos brinda la posibilidad de comprender todas las actividades y funciones que son necesarias y por las cuales se debe ajustar un proceso óptimo y de calidad para una empresa.

De esta manera es posible incorporar al desarrollo de la investigación modelos dinámicos y estructurales que ayudan y facilitan la implementación de la metodología escogida, a través de un software de robustez, como lo es ThingWorx de Rockwell, plataforma para IoT, que permite conectar dispositivos, clasificar, almacenar y analizar rápidamente datos, para crear e implementar soluciones. Por lo tanto, se logró llevar a cabo un aporte tipo investigativo y de exploración en la aplicación de herramientas digitales, orientadas a sistemas MES y ERP, a través del desarrollo de un prototipo de generación de reportes en el área de producción, para industrias de manufactura, que permita establecer una visualización clara, promueva la optimización, estandarización y toma de decisiones oportunas, así como en la identificación de errores operativos, además de recopilar y analizar datos para poder establecer acciones de mejora.

Por otro lado, se logró adoptar el uso de la metodología Design Thinking, en donde, por medio de la implementación de una serie de pasos, se logra exponer los aportes de todos los posibles interesados, en la búsqueda de mejorar la calidad y eficiencia de los procesos de la organización, brindando la posibilidad de alcanzar y presentar el objetivo del proyecto, como lo es el desarrollo del prototipo generador de reportes para área de producción en un entorno de transformación digital industrial, el cual queda a la disposición del desarrollo de futuros trabajos en los que se logre el mejoramiento y enfoque estratégico de sus procesos y demás áreas empresariales.

CONCLUSIONES

- La aplicación de este sistema permite establecer el flujo de la información a través de las diferentes áreas de la empresa, facilitando el intercambio y la disponibilidad oportuna de esta, de forma que favorece el desarrollo de los procesos de producción tanto a nivel operativo como administrativo.
- El uso de KPIs, favorece a la identificación del estado actual de los equipos, maquinaria, talento humano, entre otros, debido a que brinda la posibilidad de detectar déficits en la calidad de los recursos.
- El amplio manejo de la información y el robusto flujo de datos a través del entorno de transformación digital establecido en el proyecto, puede verse limitado debido a que genera conflictos en el flujo de datos y la información que se transmite al modelo estructurado, esto sino se cuenta con todos los accesos de programación y demás funcionalidades dentro de la plataforma.
- El desarrollo del prototipo generador de reporte brinda la posibilidad de comprobar que las actividades recomendadas por los estándares ISA/ANSI 95 en su parte 3, se pueden adaptar a los sistemas y tecnologías que hacen parte de lo que se denomina Transformación Digital Industrial.

RECOMENDACIONES

- Desarrollar la metodología implementada en la plataforma de ThingWorx con una programación más detallada, empleando una versión pro, de manera que permita efectuar un prototipo con mayor robustez en su diseño.
- Ampliar la ejecución de la metodología implementada y su impacto en la industria manufacturera a diferentes áreas de una organización, de manera que permita validar los cambios positivos que se efectúan a través del tiempo.
- Emplear el software de ThingWorx aplicando diferentes metodologías a la escogida como lo fue Desing Thinking, de forma que ayude a la integración de los datos y el flujo de la información en todos los procesos de una organización.
- Desarrollar trabajos futuros encaminados a la búsqueda de la optimización de los procesos productivos y gerenciales de una organización, a través del uso de las tecnologías que hacen parte de la transformación digital industrial.

REFERENCIAS

- [1]. Bellantuono, N., Nuzzi, A., Pontrandolfo, P., & Scozzi, B. (2021). *"Digital Transformation Models for the I4.0 Transition: Lessons from the Change Management Literature"*. From Sustainability: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/23/12941#cite>
- [2]. Facchini, F., Digiesi, S., & Rodrigues, P. (2022). *"Implementation of I4.0 technologies in production systems: opportunities and limits in the digital transformation"*. From Sciencedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922003805>
- [3]. Tiwari, K., & Khan, M. S. (2020). *"Sustainability accounting and reporting in the industry 4.0"*. From Sciencedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620308301>
- [4]. Brandl, D. *"BUSINESS TO MANUFACTURING (B2M) COLLABORATION"*. From <http://alvarestech.com/temp/smar/www.delt.ufmg.br/seixas/Especializacao/Download/DownloadFiles/Brandl%20-%20Business%20to%20Manufacturing%20Collaboration.pdf>
- [5]. Moya, S. (2017). *"Estándar ISA 95: Integración de los Sistemas de Control Empresarial"*. From ISA Sección Central Mexico: <https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2017/09/26/estandar-isa-95-integracion-de-los-sistemas-de-control-empresarial/>
- [6]. Deng, D., Hou, Y., Zhang, J., & Wang, M. (2020). *"Analysis of Construction Accident Reports Based on C-BiLSTM Model," 2020 13th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), 2020, pp. 37-40.* From IEEE: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9526709>
- [7]. Al-Sulaiti, A., Mansour, M., Al-Yafei, H., Aseel, S., Kucukvar, M., & Onat, N. C. (2021). *"Using Data Analytics and Visualization Dashboard for Engineering, Procurement, and Construction Project's Performance Assessment," 2021 IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA), 2021, pp. 207-211.* From IEEE: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9436728>
- [8]. Nakagawa, K., Sashida, S., Kitajima, R., & Sakai, H. (2020). *"What Do Good Integrated Reports Tell Us?: An Empirical Study of Japanese Companies Using Text-Mining," 2020 9th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI), 2020, pp. 516-521.* From IEEE: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9430362>
- [9]. Sun, J. *"Why are Bug Reports Invalid?," 2011 Fourth IEEE International Conference on Software Testing, Verification and Validation, 2011, pp. 407-410.* From IEEE: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5770630>

- [10]. BERTRAND, J., & WORTMANN, J. "PRODUCTION CONTROL AND INFORMATION SYSTEMS FOR COMPONENT- MANUFACTURING SHOPS". From Studies in Production and Engineering Economics, 1: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.882.6264&rep=rep1&type=pdf>
- [11]. Martínez, L., & Becerra, O. (n.d.). "Análisis y Diseño de un Sistema para la Generación de Reportes". From UCI: https://repositorio.uci.cu/jspui/bitstream/ident/TD_1383_08/1/TD_1383_08.pdf
- [12]. Zawadzki, P., & Żywicki, K. (2016). "SMART PRODUCT DESIGN AND PRODUCTION CONTROL FOR EFFECTIVE MASS CUSTOMIZATION IN THE INDUSTRY 4.0 CONCEPT". From <https://journals.pan.pl/dlibra/show-content?id=106257>
- [13]. Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). "A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond". From ScienDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221282711630854X>
- [14]. Zaoui, F., Assoul, S., & Souissi, N. (2019). "What Are the Main Dimensions of Digital Transformation? Case of an Industry". From https://www.researchgate.net/profile/Nissrine-Souissi/publication/337767810_What_Are_the_Main_Dimensions_of_Digital_Transformation_Case_of_an_Industry/links/5de8fe59299bf10bc340d94a/What-Are-the-Main-Dimensions-of-Digital-Transformation-Case-of-an-Industry.pdf
- [15]. Muthiah, K. M., & Huang, S. H. (2006). "A review of literature on manufacturing systems productivity measurement and improvement". From INDERSCIENCE: <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJISE.2006.010387>
- [16]. Hwang, G., Lee, J., Park, J., & Chang, T.-W. (2016). "Developing performance measurement system for Internet of Things and smart factory environment, *International Journal of Production Research*, 55:9, 2590-2602". From <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2016.1245883?needAccess=true>
- [17]. Kaganski, S., Kristo Karjust, M., & Toompalu, S. (2017). "Implementation of Key Performance Indicators Selection Model as Part of the Enterprise Analysis Model". From ScienDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827117302949>
- [18]. Bhadani, K., Asbjörnsson, G., Hulthén, E., & Evertsson, M. (2020). "Development and implementation of key performance indicators for aggregate production using dynamic simulation". From ScienDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0892687519304765>

- [19]. Horváthová, J., Mokrišová, M., Suhányiová, A., & Suhányi, L. (2015). "Selection of Key Performance Indicators of Chosen Industry and their Application in Formation of Creditworthy Model". From Scienedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221256711501641X>
- [20]. Weber, A., & Thomas, R. "Maintenance Key Performance". From IVARA CORPORATION: <http://www.plant-maintenance.com/articles/KPIs.pdf>
- [21]. Rakar, A., Zorzut, S., & Jovan, V. "ASSESSMENT OF PRODUCTION PERFORMANCE BY MEANS OF KPI". From University of Bath, UK: <http://portal.sabalift.com/Portals/6/%D8%A2%D9%85%D9%88%D8%B2%D8%B4/ASSESSMENT%20OF%20PRODUCTION%20PERFORMANCE%20BY%20MEANS%20OF%20KPI.pdf>
- [22]. Pan, W., & Wei, H. (2012). "Research on Key Performance Indicator (KPI) of Business Process," 2012 Second International Conference on Business Computing and Global Informatization, 2012, pp. 151-154. From IEEE: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6382487>
- [23]. Frutuoso Braz, R., Scavarda, L. F., & Martins, R. A. (2011). "Reviewing and improving performance measurement systems: An action research". From Scienedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527311002672>
- [24]. Thakur, A., Beck, R., Mostaghim, S., & Großmann, D. (2020). "Survey into predictive key performance indicator analysis from data mining perspective," 2020 25th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2020, pp. 476-483. From IEEE: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9212111>
- [25]. Calabrese, A., Dora, M., Levioldi Ghiron, N., & Tiburzi, L. (2016). "Developing performance measurement system for Internet of Things and smart factory environment". From <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2016.1245883?needAccess=true>
- [26]. Braglia, M., Gabbrielli, R., Marrazzini, L., & Padellini, L. (2022). "Key Performance Indicators and Industry 4.0 – A structured approach for monitoring the implementation of digital technologies". From Scienedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922003726>
- [27]. Ahmad, Izzi, Z., Aloysius, Debbie, Aziz, Hisyam, . . . Muhamma. (2016). "Bringing Excellence in Asset Management through Streamlined Automated Reporting & KPI Tracking System." Paper presented at the SPE Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition, Perth, Australia, October 2016. From <https://onepetro.org/SPEAPOG/proceedings-abstract/16APOG/AII-16APOG/SPE-182495-MS/185446>

- [28]. Schmidt, M., Tatjana Maier, J., & Härtel, L. (2019). "Data based root cause analysis for improving logistic key performance indicators of a company's internal supply chain". From Scimedirect: Data based root cause analysis for improving logistic key performance indicators of a company's internal supply chain
- [29]. Ho, C., Williams, L., & Anton, A. I. (2007). "Improving Performance Requirements Specifications from Field Failure Reports," *15th IEEE International Requirements Engineering Conference (RE 2007)*, 2007, pp. 79-88. From IEEE: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4384170>
- [30]. Borg, M., Pfahl, D., & Runeson, P. (2013). "Analyzing Networks of Issue Reports," *2013 17th European Conference on Software Maintenance and Reengineering*, 2013, pp. 79-88. From IEEE: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6498457>
- [31]. Gödri, I., Kardos, C., Pfeiffer, A., & Váncza, J. (2019). "Data analytics-based decision support workflow for high-mix low-volume production systems". From Scimedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000785061930023X>
- [32]. Villalonga, A., Negri, E., Fumagalli, L., Macchi, M., Castaño, F., & Haber, R. (2020). "Local Decision Making based on Distributed Digital Twin Framework". From Scimedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896320335710>
- [33]. Gilchrist, Alasdair. (2016). "Industry 4.0". From Springer: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4842-2047-4?noAccess=true>
- [34]. Matthew C. Davis, Rose Challenger, Dharshana N.W. Jayewardene, Chris W. Clegg. (2014). "Advancing socio-technical systems thinking: A call for bravery". From ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000368701300032X>
- [35]. González-Fernández-Villavicencio, Nieves and Menéndez-Novoa, José-Luis and Seoane-García, Catuxa and San-Millán-Fernández, María-Elvira. (2013). "Revisión y propuesta de indicadores (KPI) de la Biblioteca en los medios sociales. Review and proposal of indicators (KPI) for Library and Social Media". From e-prints in library & information science: <http://eprints.rclis.org/18867/>
- [36]. Li Zhu, Charlotta Johnsson, Martina Varisco, Massimiliano M. Schiraldi. (2018). "Key performance indicators for manufacturing operations management – gap analysis between process industrial needs and ISO 22400 standard". From ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978918305791>

- [37]. Y. Fukuda and R. Patzke, "*Standardization of Key Performance Indecator for manufacturing execution system*". From IEEE: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5603940>
- [38]. Charlotta, Johnsson. "*how and where can it be applied?*". From https://www.researchgate.net/profile/Charlotta-Johnsson/publication/281063570_ISA_95_-_how_and_where_can_it_be_applied/links/55d3157008ae7fb244f57dc6/ISA-95-how-and-where-can-it-be-applied.pdf
- [39]. Vitliemov, Pavel. (2013). "*About Manufacturing Execution Systems*". From <https://conf.uni-ruse.bg/bg/docs/cp13/5.1/5.1-20.pdf>
- [40]. O'brien James A., Marakas George M., "*SISTEMAS DE INFORMACION GERENCIAL*". McGRAW-HILL. From https://www.academia.edu/24739422/_Sistemas_Informacion_Gerencial_James_A_O_Brien_George_OM_Marakas_7ma_Ed
- [41]. INCAP, "*Sistema de Información*". From <http://www.incap.int/sisvan/index.php/es/acerca-de-san/conceptos/797-sin-categoria/501-sistema-de-informacion>
- [42]. Acevedo Peña Álvaro Marcelo, (2015). VIRTUALPRO. "*La importancia de la optimización en la industria*". From <https://www.virtualpro.co/editoriales/20150401-ed.pdf>
- [43]. López Agudelo Andrea, Méndez Astudillo Juan David, Ruano Daza Edgar Fabián, Rojas Alvarado Oscar Amaury, "*Especificación y diseño de un sistema de gestión de campañas Batch, basado en el estándar internacional de automatización ISA-95*". From https://www.researchgate.net/profile/Valentina_Ramirez_Hernandez/publication/296707252_Propuesta_en_el_secuenciamiento_de_actividades_en_la_integracion_del_ecodiseno_y_diseño_para_remanufacturar/links/56da29c308aebe4638bba109/Propuesta-en-el-secuenciamiento-de-actividades-en-la-integracion-del-ecodiseno-y-diseño-para-remanufacturar.pdf#page=57
- [44]. A. O. Chávez Figueroa and R. H. Herrera Valle. (2016). "*Sistema de generación de reportes de control y verificación – SIGERCOV*" Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú. From <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/622056>
- [45]. Universidad del Cauca, "*CONCEPTOS BASICOS DE SISTEMAS DE INFORMACION*". From <http://fccea.unicauca.edu.co/old/siconceptosbasicos.htm>

- [46]. Peiró Rosario, (2020). "Sistema de información". From <https://economipedia.com/definiciones/sistema-de-informacion.html>
- [47]. Daniel Prajogo, Jordan Toy, Ananya Bhattacharya, Adegoke Oke, T.C.E. Cheng. (2018). "The relationships between information management, process management and operational performance: Internal and external contexts". From ScienceDirect: [https://www.sciencedirect-com.acceso.unicauca.edu.co/science/article/pii/S0925527318301166](https://www.sciencedirect.com/acceso.unicauca.edu.co/science/article/pii/S0925527318301166)
- [48]. Andrea Chiarini & Emidia Vagnoni. (2015). "World-class manufacturing by Fiat. Comparison with Toyota Production System from a Strategic Management, Management Accounting, Operations Management and Performance Measurement dimension". From <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2014.958596>
- [49]. Sarv Devaraj, Lee Krajewski, Jerry C. Wei. (2007). "Impact of eBusiness technologies on operational performance: The role of production information integration in the supply chain". From ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272696307000034>
- [50]. Hammer, M. (2001). "The superefficient Company". Harvard business review, 79(8), 82-93. From https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=THE%20superefficient%20company&publication_year=2001&author=M.%20Hammer
- [51]. InduShobha Chengalur-Smith, Peter Duchessi, J. Ramon Gil-Garcia. (2012). "Information sharing and business systems leveraging in supply chains: An empirical investigation of one web-based application". From ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378720611001054>
- [52]. Thomas H. Davenport & Michael C. Beers. (1995). "Managing Information about Processes". From <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07421222.1995.11518070>
- [53]. Mithas, S., Ramasubbu, N., & Sambamurthy, V. (2011). "How Information Management Capability Influences Firm Performance". From JSTOR: <https://www.jstor.org/stable/23043496>
- [54]. P. Richard Martin & J. Wayne Patterson. (2009). "On measuring company performance within a supply chain". From <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207540701725604>
- [55]. Thomas Ritter, Carsten Lund Pedersen. (2020). "Digitization capability and the digitalization of business models in business-to-business firms: Past, present, and future". From ScienceDirect:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019850119300999?via%3Dihub>

- [56]. Joseph Taylor, Joseph Vithayathil. (2018). “*Who delivers the bigger bang for the buck: CMO or CIO?*”. From ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963868717303414>
- [57]. PHORNLAPHATRACHAKORN, K., & NA KALASINDHU, K. (2021). “*Digital Accounting, Financial Reporting Quality and Digital Transformation: Evidence from Thai Listed Firms*”. From KoreaScience: <https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO202120953700349.page>
- [58]. Boiko, O., Shendryk, V., Shendryk, S., Boiko, A. (2020). “*MES/ERP Integration Aspects of the Manufacturing Automation*”. From Springer: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-40724-7_2
- [59]. Proaño Castro Milton Felipe, Orellana Contreras Shirley Yésica, Martillo Pazmiño Italo Omar. (2018). “*Los sistemas de información y su importancia en la transformación digital de la empresa actual*”. From Revista Espacios: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n45/a18v39n45p03.pdf>
- [60]. Salazar, Veronique. (2009). “*Análisis de la integración de los sistemas MES-ERP en industrias de manufactura*”. From http://laccei.org/LACCEI2009-Venezuela/Papers/IE207_Salazar.pdf
- [61]. B. Saenz de Ugarte, A. Artiba & R. Pellerin. (2009). “*Manufacturing execution system – a literature review*”. From <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537280902938613>
- [62]. MESA. (1997).” *MES Functionalities & MRP to MES Data Flow Possibilities*”. MESA International - White Paper Number 2, Pittsburgh.
- [63]. Banker, Rajiv D; Potter, Gordon; Schroeder, Roger G. “*Reporting Manufacturing performance measures to workers: An empirical study*”. From <https://www.proquest.com/openview/bfc02772a2c0d9dbe3628a6e0c128e8d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=31820>
- [64]. Ramis Ferrer, Borja, Usman Muhammad, Wael M. Mohammed, and José L. Martínez Lastra. (2018). “*Implementing and Visualizing ISO 22400 Key Performance Indicators for Monitoring Discrete Manufacturing Systems*”. From MDPI: <https://www.mdpi.com/2075-1702/6/3/39/htm>
- [65]. Elfriede Krauth, Hans Moonen, Viara Popova, Martijn Schut. “*PERFORMANCE MEASUREMENT AND CONTROL IN LOGISTICS SERVICE PROVIDING*”. From <https://www.scitepress.org/Papers/2005/25361/25361.pdf>

- [66]. Stefanović Nenad, Stefanović Dušan. (2011). "Supply chain performance measurement system based on scorecards and web portals". From doiSerbia: <http://www.doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=1820-02141000018S#.YmC1ySgzblV>
- [67]. International Society of Automation (ISA). (2005). *ISA-95.00.03-2005 Enterprise-Control System Integration Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management*; ISA: Research Triangle Park, NC, USA.
- [68]. Rakar Andrej, Zorzut Sebastjan, Jovan Vladimir. "ASSESSMENT OF PRODUCTION PERFORMANCE BY MEANS OF KPI". From <http://portal.sabalift.com/Portals/6/%D8%A2%D9%85%D9%88%D8%B2%D8%B4/ASSESSMENT%20OF%20PRODUCTION%20PERFORMANCE%20BY%20MEANS%20OF%20KPI.pdf>
- [69]. Mabkhot, Mohammed M., Abdulrahman M. Al-Ahmari, Bashir Salah, and Hisham Alkhalefah. (2018). "Requirements of the Smart Factory System: A Survey and Perspective". From <https://www.mdpi.com/2075-1702/6/2/23>
- [70]. W. M. Mohammed, B. R. Ferrer, J. L. Martinez, R. Sanchis, B. Andres and C. Agostinho. (2017). "A multi-agent approach for processing industrial enterprise data". From IEEE: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8280018>
- [71]. García, Carlos A., Exteban X. Castellanos, and Marcelo V. García. (2018). "UML-Based Cyber-Physical Production Systems on Low-Cost Devices under IEC-61499". From <https://www.mdpi.com/2075-1702/6/2/22>
- [72]. Usman Muhammad. (2017). "AN IMPLEMENTATION OF KPI-ML TO A MULTI-ROBOT LINE SIMULATOR". From <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/25503/Usman.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- [73]. Norma Internacional ISO 22400-1. (2014). "Sistemas de automatización e integración: indicadores clave de rendimiento (KPI) para la gestión de operaciones de fabricación: parte 1: descripción general, conceptos y terminología". Organización Internacional de Normalización (ISO): Ginebra, Suiza.
- [74]. MESA Internacional. (2015). "Lenguaje de marcado de indicadores clave de rendimiento". Versión 1. MESA Internacional: Chandler, AZ, EE. UU.
- [75]. Bauer, Kent. (2004). "KPIs – The Metrics That Drive Performance Management". From <https://www.proquest.com/openview/dc6ab764896a552c4a38fc7dca106792/1?pq-origsite=gscholar&cbl=51938>

- [76]. Bauer, Kent. (2004). "KPIs: not all metrics are created equal". From <https://www.proquest.com/docview/214676382?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>
- [77]. Kikolski Mateusz. "Determination of ISO 22400 Key Performance Indicators using Simulation Models: The Concept and Methodology". From <https://www.scitepress.org/Papers/2020/91758/91758.pdf>
- [78]. Amorós Negre, C. (2014). "EL «ESTÁNDAR»: TIPOLOGÍA Y DEFINICIONES. SU VINCULACIÓN CON LA NORMA" Revista Española De Lingüística, 39(2), 37-61. From <http://revista.sel.edu.es/index.php/revista/article/view/63>
- [79]. International Society of Automation. (2022). Isa.Org. "What is a standard?". From <https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-standards>
- [80]. Homepage | IEC. (s. f.). IEC. Recuperado 19 de marzo de 2021. From <https://www.iec.ch/homepage>
- [81]. Castaño Andrés Felipe, Astudillo Luis Gabriel y Rojas Osar Amaury. "Conceptualización de la Gestión de Activos Fijos de Planta en un enfoque integral basado en la norma BSi PAS-55:2008 y los estándares ANSI/ISA-88 y ANSI/ISA-95". From https://educacion.aciem.org/CIMGA/2018/Trabajos/2018-031%20TRA_COL_O_ROJAS_CIMGA2018.pdf
- [82]. Sparks Geoffrey, Systems Sparx. "El Modelo Lógico". From http://sparxsystems.com.ar/downloads/whitepapers/El_Modelo_Logico.pdf
- [83]. Sanchis Raquel, Poler Raúl, Ortiz Ángel. "Técnicas para el Modelado de Procesos de Negocios en Cadenas de Suministro". From SCIELO. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=s0718-07642009000200005&script=sci_arttext
- [84]. García López Eduardo. (2013). "BPMN: Estándar para modelar procesos de negocio". From INNOTEC Gestión. <http://164.68.127.13/index.php/INNOTEC-Gestion/article/view/245>
- [85]. Moreno Isel-Montes de Oca, Monique Snoeck, Hajo A. Reijers, Abel Rodríguez-Morffi. (2015). "A systematic literature review of studies on business process modeling quality". From: ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950584914001797>
- [86]. H.A. Reijers, Thomas Freytag, Jan Mendling, Andreas Eckleder. (2011). "Syntax highlighting in business process models". From: ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167923611000042>

