



UNIVERSIDAD DEL CAUCA

Prototipo de un sistema de trazabilidad para la gestión del inventario en un entorno de transformación digital Industrial

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

Manuel Fernando Valenzuela Medina
Juan David Pipicano Gómez

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, 2021

Manuel Fernando Valenzuela Medina
Juan David Pipicano Gómez

**PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE TRAZABILIDAD PARA LA GESTIÓN
DEL INVENTARIO 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

Director:
Mag. Oscar Amaury Rojas Alvarado

Popayán, Cauca 2022

Nota de Aceptación:

Firma del director

Firma del jurado

Firma del jurado

Popayán, enero de 2022.

Agradecimientos

Al concluir una etapa tan importante en mi vida, llena de aprendizajes, dificultades superadas, y muchas alegrías, quiero agradecer a todas aquellas personas que hicieron parte de este proceso, a mi madre y hermana quienes han dado todo de ellas para verme superar cada meta propuesta, a mi mujer por brindarme su apoyo condicional en cada una de mis decisiones, a mi hijo quien es el motor por el cual lo he dado todo y lo seguiré haciendo para verlo feliz, a cada uno de mis familiares por estar siempre a mi lado, a Dios que ha sido mi fuerza para superar cada dificultad.

Mi gratitud a la Universidad del Cauca, quien me acogió y abrió sus puertas para brindarme todo de ella, a mi asesor de tesis, Mg Oscar Amaury Rojas por acoger nuestro proyecto y enriquecerlo con sus valiosos aportes y a mis compañeros quienes hicieron de mi paso por la Universidad una de las mejores experiencias de mi vida.

Infinitas Gracias, Manuel Valenzuela.

En el transcurso de todo el tiempo que ha transcurrido hasta este momento de mi vida en el que se intenta lograr esta meta, como lo es el título universitario, me han acompañado un sin número de personas, apoyándome directa o indirectamente en mi crecimiento personal tanto como profesional, a todas estas personas mil gracias ya que sin su apoyo y guía no hubiese llegado tan lejos. Cabe resaltar el apoyo incondicional de mi familia siendo la fuente de energía que siempre necesité y tuve. También así un agradecimiento especial a mis compañeros, profesores y la Universidad del Cauca por brindarme todas las habilidades con las que me desempeñaré como profesional.

Muchas gracias por todo. Juan David Pipicano.

Contenido

Introducción.....	9
Estado del Arte	11
Objetivos	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos.....	16
Marco teórico.....	17
Capítulo I.....	19
1 Análisis de la trazabilidad y los sistemas digitales en el inventario	19
1.1 Análisis de la información de trazabilidad dentro del inventario	19
1.2 Análisis de la información para la ejecución del inventario.....	22
1.2.1 Control de existencias	22
1.2.2 Cantidad, localización y tamaño de puntos de almacenamiento.....	23
1.2.3 Manejo de stock.....	23
1.2.7 Sistema de revisión continua	25
1.2.8 Sistemas de cantidad fija de pedido	25
1.3 Coste de Inventario	26
1.3.1 Costo de adquisición	26
1.3.2 Costo de almacenaje.....	27
1.4 Marco de referencia de los sistemas digitales en la industria manufacturera.....	27
1.4.1 Características deseables para la industria manufacturera	27
1.4.1.1 Ciberseguridad.....	27
1.5 Estudio del estándar ISA 95	29
1.5.1 Análisis del modelo de administración de operaciones de inventario (AOI)	32
Capítulo II.	34
2. Desarrollo Mediante La Metodología Design Thinking.....	34
2.1. Design Thinking – Empatizar.....	36
2.2. Design Thinking – Definir.....	37
2.2.1. Selección del problema Etapa convergencia y divergencia.....	37
2.3. Design Thinking – Idear	39
2.4. Design Thinking – Planeación (Prototipar)	40
Capítulo III.	47
3. Design Thinking – Ejecutar (Testear).....	47
3.4. Design Thinking – Ejecutar – Modelado de inventario en notación gráfica.	51
3.4.1.1. Diagramas de Clases del sistema de inventario	52
3.4.1.1.1. Modelo de Material	53

3.4.1.1.2.	Modelo de Equipo	54
3.4.1.1.3.	Modelo de Personal.....	54
3.4.1.2.	Diagrama UML para la representación del área de inventario	55
3.4.1.2.1.	UML Información Unidad de Inventario.....	55
3.4.1.2.2.	Actividades de la unidad de inventario UML	57
3.4.1.2	Modelado estructural mediante la implementación de IDEF0.....	58
3.4.1.2.1.	Diagrama IDEF0 Verificación de Inventario.....	59
3.4.1.2.2.	Diagrama IDEF0 Procesamiento de Ordenes de Inventario	60
3.4.1.2.3.	Características para rescatar en los modelos estructurales en IDEF0.....	61
3.4.2.	Modelo de inventario dinámico	62
3.4.2.1.	Modelado de las actividades de administración de operación de inventario en BPMN	62
3.4.2.1.1.	Control de las actividades de inventario.....	63
3.4.2.1.2.	Control de material y energía en el almacén.....	64
3.5.	Design Thinking – Ejecutar – Implementación del prototipo	65
3.5.1	Desarrollo de la aplicación.....	65
3.5.2.	Historias de usuarios.	66
3.5.3.	Fuentes de datos.....	66
3.5.4.	Desglose de componentes.	67
3.5.5.	Desarrollo de interfaces.....	68
3.5.6.	Pasos para seguir según la metodología.	69
3.6.	Puesta en marcha del desarrollo del prototipo.....	72
3.6.1.	Gestión de alarmas.....	74
3.6.2.	Recolección de información.	75
3.6.3.	Funcionamiento.	76
3.6.3.1.	Programa de producción.....	77
3.6.3.2.	Control de actividades.....	78
3.6.3.3.	Control de capacidad de recursos.....	79
3.6.3.4.	Monitoreo de existencias y adquisición.	80
3.6.3.5.	Aseguramiento de la calidad de inventario.....	82
3.6.3.6.	Administración definición de inventario.....	82
3.6.3.7.	Administración de ejecución de inventario.	84
3.6.3.8.	Administración de recursos.	85
3.6.3.9.	Recolección de datos extra de inventario.	86
3.6.3.10.	Control de calidad de producto dentro de inventario.	87

3.6.3.11. Clasificación de inventario.....	88
Conclusiones y Recomendaciones.....	91
Bibliografía.....	92

Lista de figuras

Figura 1 Sistema de revisión continúa.....	25
Figura 2 Línea de tiempo sistema fijo de pedido.....	26
Figura 3 Modelo de flujo de datos funcional.....	31
Figura 4 Modelo de Administración de Operaciones de Inventario.....	32
Figura 5 CPS.....	34
Figura 6 Design Thinking.....	35
Figura 7 Tablero Miro Propuestas de problemas.....	36
Figura 8 Tablero Miro Propuestas de problemas.....	37
Figura 9 Tablero Guía de Clasificación.....	38
Figura 10 Proceso Definir.....	38
Figura 11 Tablero Guía de Ideación.....	39
Figura 12 Tablero Guía de Planeación (Desarrollo).....	40
Figura 13 Solución planeación.....	41
Figura 14 Ruta de desarrollo propuesta.....	46
Figura 15 Ruta de desarrollo.....	46
Figura 16 Principales interacciones entre los 4 componentes de operaciones de manufactura.....	52
Figura 17 Diagrama de secuencia de operaciones de manufactura.....	52
Figura 18 Entidad Material.....	53
Figura 19. Entidad Equipo.....	54
Figura 20. Entidad Personal.....	55
Figura 21. Diagrama Unidad de Inventario.....	56
Figura 22. Diagrama Unidad de Inventario.....	57
Figura 23. Validación del área de inventario IDEF0.....	60
Figura 24. Procesamiento de Ordenes de Trabajo IDEF0.....	61
Figura 25. Control de Actividades de Inventario BPMN.....	63
Figura 26. Control de Material y Energía BPMN.....	64
Figura 27 Componentes de la metodología.....	68
Figura 28 Grupo de propiedades 1.....	70
Figura 29 Diagrama de flujo de decisión de entidad.....	71
Figura 30 Determinación de tipo de entidad.....	71
Figura 31 Plantillas cosa.....	72
Figura 32 Instancias de cosas reales.....	72
Figura 33. Thing Template Line Asset.....	73
Figura 34. Propiedades de plantilla de cosa aseguramiento Calidad.....	73
Figura 35. Cosa Material 1.....	74
Figura 36. Alarmas en una propiedad.....	75
Figura 37. Alarmas.....	75
Figura 38. Propiedades de materiales.....	76
Figura 39. Interfaz de ingreso de datos.....	76
Figura 40. Estado de Almacén.....	77
Figura 41. Estado de materiales.....	77
Figura 42. Interfaz de usuario para mantenimiento.....	78
Figura 43. Relaciones Plan mantenimiento.....	78

Figura 44. Estado de quipo y personal.....	79
Figura 45. Interfaz de materiales.....	79
Figura 46. Cantidades de materiales.....	80
Figura 47. Relaciones de pedido de material.....	81
Figura 48. Propiedades de pedido de material.....	81
Figura 49. Requerimientos de calidad.....	82
Figura 50. Orden de transporte.....	83
Figura 51. Propiedades Definiciones de inventario.....	83
Figura 52. Relaciones Definiciones de inventario.....	83
Figura 53. Cosa Plan detallado de inventario.....	84
Figura 54. Relaciones Plan detallado de inventario.....	85
Figura 55. Propiedades de Monitoreo de recursos.....	86
Figura 56. Diagrama relación del Monitoreo de recursos.....	86
Figura 57. Propiedades Reporte de información.....	87
Figura 58. Cosa MonitoreoDeRecursos.....	87
Figura 59. Propiedades Almacén.....	88
Figura 60. Propiedades Cosa Área.....	89
Figura 61. Relaciones Cosa Área.....	89
Figura 62. Diagrama relación de un material.....	90

Lista de tablas

Tabla 1 Funciones y subfunciones del Modelo de Datos Funcional relacionadas con Inventario....	31
Tabla 2 Flujos y contenido de información de las actividades de administración de operaciones de inventario.....	42
Tabla 3 Procesos de información.....	44
Tabla 4 Comparativo ThingWorx - Ignition.....	45
Tabla 5 Flujos de información.....	48
Tabla 6 Actividades de Administración de Operaciones de Inventario.....	48
Tabla 7 Definición de los nuevos flujos para las funciones del AOI, Administración de Definiciones de Inventario y Administración de Recursos de Inventario.....	49
Tabla 8 Flujos de información del modelo de inventario.....	50
Tabla 9 Modelos de objetos.....	53
Tabla 10 Matriz de componentes Cosa.....	67
Tabla 11 Pasos para seguir según la metodología.....	69
Tabla 12 Matriz de componentes Cosa.....	69

Introducción

En toda empresa, los sistemas de trazabilidad de inventarios son de vital importancia, debido a que permiten brindar estrategias y soluciones que tendrán un impacto positivo en los indicadores estipulados por las compañías [1], teniendo en cuenta el acelerado crecimiento del mercado global y la deficiencia en el ámbito relacionado a inventarios. Es de suma importancia que la empresa posea un sistema logístico que permita integrar eficientemente todos los factores que intervienen en la cadena de abastecimiento [2], y sea posible identificar cada uno de los distintos procesos a los que se ha sometido el producto; desde el surtido de la materia prima, hasta el consumidor final; garantizando la disponibilidad de información para cualquier proceso que lo requiera de forma rápida y segura. Además, brinda mejor control, reducción de costos logísticos, rendimiento de la materia prima, obtención de información relacionada con el lote de productos como lo son las fechas de caducidad o creación una continuidad y buena administración en los flujos de datos; información suficiente que permite determinar los procesos de fabricación, calidad y cantidad de material dentro de la organización [3].

Ahora, el control de inventarios debe ser una actividad de gran importancia tanto en las pequeñas como grandes empresas manufactureras. Pero, en la mayoría de ocasiones, los procesos que utilizan sistemas digitales [4], maneja controles básicos en sus procesos, realizando inspecciones manuales que conllevan a la toma de medidas inapropiadas para garantizar el cumplimiento de la fluidez en los diferentes procesos, requiriendo así de un gran porcentaje de la intervención humana e impidiendo mejorar la calidad en la ejecución de los procesos realizados [5].

Las variables anteriormente mencionadas, generan problemas de costos de forma inoportuna e innecesaria, convirtiéndose en gastos no recuperables por la empresa; también se evidencian fallas a la hora de realizar garantías con los proveedores, porque al no existir una debida inspección, manejo de selección y conocimiento anticipado de la calidad de proveedor; no se podrán garantizar que los daños ocasionados a los materiales se generan desde su fabricación y no por un mal manejo dentro de la empresa [6]. Como bien se sabe, dentro de la cadena de abastecimiento todos los procesos deben articular unos con otros, pero, específicamente en el caso de inventariado, al no existir una debida política de trazabilidad, ni control en el mismo, está ocasionando que otras áreas se vean afectadas por esta problemática que no solo se ve reflejada en términos de tiempo, sino que también está desfasando presupuestos establecidos del entorno económico en general [7].

Es claro, que la trazabilidad en el área de inventario es indispensable para el óptimo desempeño de la empresa y satisfacción del cliente, debido a que afecta todo el proceso productivo, desde la recepción de materia prima hasta ventas y producción incluyendo áreas como la de mantenimiento. En la actualidad, se encuentran metodologías enfocadas en el manejo y control del inventario, pero dirigidas netamente a industrias comercializadoras [8]. Por ello, se considera de suma importancia establecer un método para realizar la trazabilidad en el área de inventario, dirigido a empresas manufactureras enfocado en el ámbito digital.

El método propuesto para la ejecución del proyecto intenta desarrollar una serie de instrucciones específicas, evaluadas en función de las tareas y acciones a realizar dentro del inventario, basadas en el estándar ISA 95.003, que permite llevar un mejor control de lo ejecutado, funciones necesarias para la realización de una metodología. El conjunto de estas permitirá realizar la trazabilidad de forma sistemática y organizada en distintas empresas del sector manufacturero, garantizando la viabilidad de su uso en el seguimiento y reporte del inventario.

El presente trabajo, es una sistematización de experiencias realizada en un entorno académico y empresarial, con el propósito de optar por el título de Ingenieros en Automática Industrial. Así mismo, pretende que la empresa Omnicon, obtenga el beneficio de exploración y ampliación de conocimientos en el campo de aplicativos digitales.

Para lo anterior, en colaboración con personal del área de innovación de la empresa Omnicon, se logra trabajar en un mismo propósito para el desarrollo del presente proyecto con intereses mutuos. Lo anterior, se realiza con la implementación de la metodología ThingWorx y de la plataforma MIRO en donde se consignan todos los pasos brindados por la metodología y escogidos en un consenso grupal que permitirán la ejecución y culminación del proyecto.

Estructura del documento

A continuación, se sustenta de forma estructurada el plan de trabajo acordado entre estudiantes de la Universidad del Cauca y personal de la empresa Omnicon haciendo uso de la metodología Design Thinking, que permite ordenar de forma coherente los pasos necesarios para dar solución al objetivo principal del proyecto; para ello se realizaron investigaciones e implementaciones de la siguiente forma:

En el **capítulo 1**, se analiza la información pertinente a la trazabilidad y al beneficio que se obtiene al implementarla en el área de inventario, se estudia que se hace necesario para llevar a cabo una buena ejecución mediante el uso de herramientas digitales. También, se orienta a la conceptualización de características deseables y necesarias en sistemas digitales en industrias manufactureras.

Se realizó la identificación y estructuración de las funciones, flujos de información e interfaces de inventario; estudiando y analizando algunos modelos del estándar internacional ISA 95, en donde se realiza el estudio del modelo de flujo de datos funcional para extraer las actividades más importantes a ejecutar en dicha área.

En el **capítulo 2** se realiza el diseño conceptual del proyecto mediante la metodología Design Thinking en donde se encuentra el desarrollo del modelado de inventario estructural y dinámico de las operaciones de inventario basados en la isa 95.003. Para el modelado estructural, se efectúan diagramas en UML e IDEF0, realizando una representación de alto nivel que permita el entendimiento de los desarrolladores y que brinde una idea global de lo que se desea obtener.

En el **capítulo 3** se realiza la implementación de la metodología y el prototipo, en donde para el modelado Dinámico se realizan diagramas en la notación gráfica estandarizada Business Process Model and Notation (BPMN), la cual muestra una representación de cómo se desea realizar el plan de ejecución de cada una de las actividades escogidas para validar el plan de inventario.

También se realiza la investigación teórica de la plataforma escogida para el desarrollo (ThingWorx de PTC), ejecutando la implementación del prototipo, para ello se debe tener en cuenta la capacidad que brinda la herramienta y lo que con ella se puede lograr.

Finalmente, se dan a conocer las conclusiones y recomendaciones futuras que se obtuvieron en el desarrollo del proyecto.

Estado del Arte

El concepto de trazabilidad nace en la Unión Europea respondiendo a las exigencias de los consumidores debido a las sucesivas crisis alimentarias ocurridas en el seno de la Unión Soviética como la crisis de las Dioxinas, las encefalopatías de vacuno y de ovino y la fiebre porcina. Existen diferentes definiciones acerca de la trazabilidad propuestas por diferentes entidades como: La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) la define Como: "La propiedad del resultado de una medida o del valor de un estándar donde este pueda estar relacionado con referencias especificadas. [9]. Según el Comité de Seguridad Alimentaria de AECOC: "Se define como aquellos procedimientos que permiten conocer el histórico, la ubicación y la trayectoria de un producto o lote de productos a lo largo de la cadena de suministros en un momento dado." [10]

Basándose en las anteriores definiciones, y centrado al presente trabajo, se entiende trazabilidad como el conjunto de aquellos procedimientos que permiten conocer datos necesarios para mantener un mejor control de todos aquellos productos de la industria manufacturera en cualquier momento de su ciclo de vida, a través de herramientas determinadas para el manejo de dicha información [11]. Así, la trazabilidad ha sido una herramienta de vital importancia para el aseguramiento de la calidad, convirtiéndose desde hace tiempo en uno de los grandes pilares en la industria de alimentos. Otras, como la farmacéutica, automovilística, electrónica, etc. principalmente del sector manufacturero, empiezan a adoptar esta herramienta de administración a medida que se centran más en el cumplimiento del trabajo a un nivel más alto de calidad [12].

En la actualidad, la respuesta frente al incremento planteado en cuanto a exigencias en la Trazabilidad es la tendencia a la automatización e implementación de software digitales, como por ejemplo, los WMS, ERPs, TMS, Optimización de rutas, etc. [13]; los cuales están enfocados en los cuatro ejes tecnológicos: cloud, social y mobile e IoT, siendo estos la base de la transformación digital, haciendo posible que las compañías puedan establecer una relación y una experiencia más intensas y bidireccionales con los clientes, mejorando sus ingresos y su rendimiento, optimizando sus operaciones, accediendo a nuevas oportunidades de negocio y cambiando su mentalidad centrada solo en el producto a un enfoque orientado

al servicio.

Ahora bien, para lograr dar cumplimiento a todos los cambios demandados por los consumidores, las industrias del sector manufacturero tienen claro que hoy en día es necesario que cada una de las áreas que hacen parte de su organización se encuentren integradas y manejen un sistema de trazabilidad para que, al presentarse un cambio en el entorno, se pueda reaccionar de forma tal que no se afecte drásticamente el funcionamiento actual o futuro de la empresa. Por otro lado, un área de vital importancia dentro de una empresa es el manejo del inventario, ya que este se encuentra involucrado directa o indirectamente con la mayoría de las actividades de una organización.

Una adecuada administración de las operaciones de inventario repercute, entre otros aspectos, en la eficiencia de la producción, en las compras y ventas, y en la economía empresarial. No importa cuán grande o pequeña sea la organización, los inventarios siempre estarán presentes, ya sea en forma de materias primas, productos terminados, productos en proceso o productos circulantes en el proceso productivo.

Para ello, existen metodologías que brindan formas de ejecutar dichos sistemas de trazabilidad dentro de cualquier área sea o no de la industria manufacturera, como ejemplo: Blockchain o “Cadena de Bloques” creada e implementada por Peter Smith, Ben Reeves y Nicolas Cary en el año 2008 [14], donde a pesar de que su primer uso permitió la creación del famoso Bitcoin, la Blockchain no se limita al sector financiero e implementar estrategias que permiten llevar un mejor control del proceso de transporte y distribución de alimentos; reduciendo procesos manuales abundantes en tareas administrativas, tratándose de una plataforma tecnológica colaborativa, donde cada uno de los agentes de la cadena alimenticia introduce los datos y blockchain, combina la integridad y confidencialidad de la información, con un punto en su contra, el cual es no tener la posibilidad de ser modificados. Sin embargo, crea un esquema de recorrido del alimento desde su origen hasta el consumidor reduciendo riesgos que surgen del sistema de seguimiento y la gestión de datos [15], trayendo enormes ventajas para cada actor dentro de la cadena de suministro ya sean los productores, minoristas o los mismos consumidores.

Autores como Zhongyuan, proponen el método denominado ZWSM [16] o “fabricación inteligente sin almacenamiento”, con el objetivo de maximizar la eficiencia en el área de inventario con la metodología de cero almacenajes, minimizando el uso de recursos para evitar daños y pérdidas de la producción y la incertidumbre logística. Proponen modelos para flujos de información muy ligada al uso de internet de las cosas y el Big Data como herramientas principales para la aplicación del método.

En un artículo publicado por la editorial HALL, llamado Repositorio empresarial, [17] exponen modelos que permiten el uso de implementar plataformas MES, basado en estándares para sistemas de ejecución de fabricación por demanda, este busca que las empresas tengan consistencia en un modelo para facilitar la heterogeneidad empresarial, teniendo como bases de referencia estándares como ISO62264 [9] y la IEC [18] (Comisión electrotécnica internacional), donde se hace énfasis especial en SCP (Operación e cadena de suministro) suministrada por ISA, proporcionando lineamientos y flujos de información en el nivel empresarial (Nivel 4) de forma muy general. De acuerdo con lo anterior, se puede

resaltar la importancia del uso de estándares ISA [19] (Sociedad internacional de Automatización ANSI/ISA), el cual tiene como objetivo facilitar la integración de las funciones empresariales y los sistemas de control en empresas productivas.

El estándar usa métodos gráficos que definen acciones o sistemas por medio de bloques, diagramas de flujo de información entre ellas IDEF0, y actualmente propone el uso de la herramienta de modelado BPMN, con el objetivo de integrar niveles de manufactura MES y ERP aplicando consideraciones de estándares ISA-95, para la proyección de aplicaciones que permitan el óptimo flujo de información en niveles altos (MES/ERP), además de plantear futuros trabajos como el presente, para que se tome en cuenta la integración de los niveles 1 y 2 y sus respectivos intercambios de información.

Por otra parte, el mundo tecnológico cambia rápidamente y el uso de know-how digital es cada vez mayor. Las Aplicaciones digitales enfocadas en la gestión de la información se han convertido en un recurso estratégico para que las organizaciones desarrollen capacidades competitivas y de gestión [20]. Esto también es válido para pequeños negocios que deben prepararse para ser ágiles y eficaces ante los cambios y oportunidades del entorno. También, los sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) contribuyen a fortalecer las capacidades de gestión de los negocios.

Una de las herramientas actualmente más utilizadas es Odoo [21], de acceso gratuito hasta cierto punto; es intuitivo y oportuno en lo que compete en sistemas de inventariado de pequeñas y medianas empresas. Sin embargo, a pesar de sus ventajas estratégicas, el ciclo de aprendizaje para su configuración es muy costoso. En el artículo [22], realizado por investigadores del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, se expone la experiencia de trabajo para llevar a cabo un proyecto de aprendizaje y configuración del sistema ERP Odoo, obteniendo impactos importantes en gestión de disminución de tiempo y costos en sus distintas áreas incluyendo la del inventario.

También, es importante resaltar el uso de tecnologías como la de código de barras en 2D, proporcionan la capacidad de rastrear todas las secciones de la cadena de suministro y coordinar el proceso de producción. Como lo dicen los autores en [23], donde realizan la trazabilidad completa en la industria cárnica, desde la crianza, compra, venta y sacrificio de los cerdos en este caso. También, proponen futuros estudios en nuevos métodos de trazabilidad para la industria cárnica. Aunque es un método de trazabilidad funcional, cada empresa lo aplicaría a sus políticas de calidad internas.

Por otro lado, se encuentra el uso de los identificadores por radiofrecuencia, (RFID) [24] tecnología que no requiere contacto directo para la identificación automática de objetos, animales o persona. Esta tecnología, es ideal para hacer seguimiento en cadenas de suministro, ya que almacena datos en la memoria de las etiquetas, que luego un lector de RFID puede adquirir y transferir a bases de datos, para luego monitorear los parámetros del objeto. Así pues, se han aplicado exitosamente estas tecnologías en diferentes áreas como healthcare [25,26], en áreas de manufactura y gestión de almacén [27]. Aunque es una tecnología muy eficaz para hacer seguimiento a sus productos, los fabricantes no proporcionan un método para su aplicación, y las empresas lo aplican bajo su criterio.

Trazabilidad a nivel Internacional

- **Propuesta y diseño de un sistema de trazabilidad de inventario para la empresa industrias Zabra S.A.** Se propone un sistema de trazabilidad de inventario el cual tiene como propósito principal el rastreo y localización en las diferentes etapas de un producto para su fabricación y distribución en la cadena de suministro, ofreciendo posibilidades de mejoras en la cadena de abastecimientos y dentro del proceso de producción. [28]
- **Implementación de mejoras en la administración de inventarios de una empresa constructora.** En esta investigación se presenta una oportunidad de mejora y cambio de enfoque en el manejo del sistema de gestión de inventarios de una empresa constructora. Se realiza una propuesta donde se categorizan diferentes grupos como el de compras y sus diferentes artículos, se realiza la codificación de materiales, depuración y unificación de referencias, y la implementación del módulo de SAP para el manejo de inventarios, cambiando el enfoque de la administración de inventarios, mejorando el nivel de servicio, llevando la trazabilidad del proceso, permitiendo la rotación de materiales y mejorando considerablemente el flujo efectivo de la empresa. [29]

Trazabilidad a nivel nacional

- **Diseño y planificación de la cadena de suministro de palma aceitera en Colombia.** En el artículo [30] presentan un estudio realizado en una empresa colombiana para el diseño y planificación en la cadena de suministro del aceite de palma, por medio de lo que se denomina un programa de optimización o factibilidad matemática. El modelo incluye múltiples tecnologías para producción, modos de transportes y destinos de exportación. Fue orientado como una herramienta cuantitativa para la toma de decisiones dentro del área estratégica, diseño y planeamiento óptimo de la industrialización de la biomasa.
- **Revisión de datos de inventario en la evaluación del ciclo de vida aplicada en la producción de tomate fresco en invernadero.** Se realiza un estudio para determinar un método de trazabilidad eficiente, además de amigable con el medio ambiente, para la aplicación en producción de tomate fresco de invernadero con respecto al análisis realizado en métodos usados para la trazabilidad en distintos países y cultivos en el mismo ámbito que el suyo, concluyendo que en el área de inventario el nivel de detalle de los datos varía considerablemente. Su objetivo principal, es identificar aquellos puntos a lo largo del proceso productivo, en los que se presentan dificultades o alteraciones en el producto, obteniendo así un diagnóstico real de las falencias del proceso. Es allí, donde se debe trabajar para realizar las correcciones adecuadas que generen variaciones de la normalización del producto [31].
- **Estructura Gremial e Institucional Café de Colombia (Trazabilidad de Cafés Especiales).** Como parte de la estrategia de ascender en la cadena de valor agregado,

a finales del 2004 se inició el desarrollo de un modelo de Trazabilidad para el café de Colombia enfocado en tres conceptos básicos: proceso comercial, sistemas de información y herramientas tecnológicas. En una primera fase se implementó el certificado de origen y trazabilidad con información comercial, logística y de calidad obtenidas del sistema de información SAP R/3. En 2005, se llevaron a cabo proyectos satélites en la serranía del Perijá y en el departamento del Cauca, donde se empleó tecnología de códigos de barras. La tecnología fue evolucionando y de esta manera en el 2013 se introdujo un componente denominado RFID que automatizó el seguimiento del saco de café por las distintas etapas del proceso, obteniendo grandes beneficios de su implementación, reconocida como ejemplo de uso de dicha tecnología en otras empresas para el 2019. [32]

Trazabilidad a nivel local

- **Diseño e implementación de un software para la trazabilidad del proceso de beneficio del café.** En el artículo, enuncian el diseño y la implementación de un software para la trazabilidad en el proceso del café en el departamento del Cauca, con la metodología de desarrollo de software llamado Xtreme Programing (XP). Formulan una aplicación para la trazabilidad y control en todos los ciclos de vida del café en la fábrica, mostrando datos históricos y de proceso. Si bien los procesos estaban representados por diagramas de flujo, estos no estaban hechos bajo ningún estándar, ni la aplicación cimentada sobre los mismos. [33]
- **Definición de un método para administración de operaciones de inventario desde el paradigma de los sistemas holónicos de manufactura.** En esta investigación, los autores modelan funciones de inventario como holones en base a el estándar ISA 95 parte 3. Presentan las características deseadas de un HMS, obteniendo un sistema integrado y distribuido, que permite la administración de inventarios de manera controlada y eficiente. Proponiendo para futuros trabajos el uso de sus diferentes metodologías que representen de forma más completa procesos de inventariado, además de proponer investigaciones en pro de la implementación en tecnologías existentes o emergentes en el ámbito digital. [34]
- **Sistema TOA, trazabilidad en el reporte de OT e inventario.** La empresa Compañía Energética de Occidente (CEO), está realizando el estudio e implementación en el uso de herramientas como SGO y TOA enlazadas con el sistema OPEN, propiedad de Oracle, que facilitan el tratamiento de información en órdenes de trabajo junto con todo lo que conlleva dicho reporte, incluyendo el área de inventario, donde se vigila y se estudia el stock para poder realizar dichas órdenes llevando todo tipo de información virtual, generando un mejor control, disminuyendo tiempos muertos de trabajo y aumentando la efectividad de trabajos realizados. [35]

Dentro de las referencias encontradas, se opera el termino de trazabilidad de exigencias, la cual hace referencia a la gestión de requisitos en los procesos de empresas desarrolladoras de Software que disponen de métodos y ontologías que implementan modelos UML para lograr realizar trazabilidad; estos métodos no son aplicables a la mayoría de las empresas manufactureras debido a que son soluciones abstractas. También se encuentran procedimientos para la aplicación de trazabilidad donde no definen de forma específica un conjunto de instrucciones que permitan realizar trazabilidad de manera sistemática y organizada, y puedan así ser aplicados mediante el uso de tecnologías digitales.

El método que se propone desarrollar en este trabajo de grado, tiene un componente que lo diferencia de las referencias estudiadas, debido a que se busca formular una metodología con su respectiva serie de pasos y tareas específicas, empleando estándares de calidad brindados por la Sociedad Internacional de Automatización – ISA, ejecutado mediante herramientas que permitan plasmar dicha propuesta en un Modelo y Notación de Procesos de Negocio de alto nivel, definiendo flujos de información necesarios para su desarrollo, permitiendo la integración de información; y así, poder realizar un prototipo de validación mediante el uso de una plataforma digital donde se puedan desarrollar de forma sencilla aplicaciones digitales enfocadas en IoT, que permitan plasmar dicha propuesta y hacer una integración entre los diferentes niveles de la automatización industrial descritos en los diagramas.

Para el proyecto se contará con el apoyo y respaldo de la empresa OMNICON que permitirá desarrollar investigaciones futuras en el campo de la automatización bajo el enfoque de Industria 4.0.

Objetivos

Objetivo General

Proponer un prototipo de un sistema de trazabilidad para la gestión del inventario en un modelo de notación de procesos de alto nivel, ajustable a cualquier tipo de industria manufacturera y desarrollado en un entorno de Transformación Digital Industrial enfocado en IIoT.

Objetivos Específicos.

- Diseñar la arquitectura del prototipo de un sistema de trazabilidad para la gestión de inventario en un entorno de Transformación Digital.
- Plantear el diagrama procedimental de un sistema de trazabilidad para la gestión de inventario en un modelo de notación de alto nivel.
- Implementar un prototipo para la gestión del inventario en un entorno de Transformación Digital Industrial, que permita liberar el valor de la convergencia

entre el mundo físico y el mundo digital mediante la toma de información, brindando una posible transformación del modelo de negocio.

Marco teórico

Con el fin de facilitar el desarrollo e interpretación del proyecto de una manera sólida y cumplir con los objetivos planteados, se debe tener en cuenta algunas definiciones teóricas, las cuales permiten un mejor entendimiento del problema descrito. De la misma manera, se debe considerar e interpretar cuáles serán los resultados en aplicar procesos de automatización estandarizados en un entorno de Transformación Digital Industrial.

Para lo anterior se exponen conceptos como:

Estándares (ISA-95)

Son especificaciones que recomienda y sirven de guía en el cómo debe desarrollarse una función o tarea determinada, dentro de la industria los estándares deberán ser implementados, creados y cumplidos, para así ayudar a definir las mejores prácticas y proporcionar pautas claras en la implementación de sistemas sea software y/o hardware utilizados para control en fábrica.

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 creados en el año de 1949, inicialmente como una práctica recomendada y posteriormente publicada como estándar en el año de 1984 [19]. ISA-95 contiene modelos y terminología que puede ser usada para determinar qué tipo de información se debe intercambiar entre las diferentes funciones empresariales y las de operación de administración de fabricación incluyendo a inventario.

Transformación Digital

El hablar de transformación digital implica no solo la innovación a la que se ven sumergidos los negocios u organizaciones con la implementación de tecnología, sino que inexorablemente nos involucra a todos, debido a que, como parte de una empresa o consumidores, también nos vemos impactados. En pocas palabras se puede decir que la transformación digital, se trata de un proceso por el cual se aprovechan las soluciones digitales para realizar lo que anteriormente se hacía, pero ahora de una manera más eficiente, gracias al aprovechamiento máximo de los datos, los cuales utilizados correctamente son de gran importancia convirtiéndolos en conocimiento. Esta se basa en tres ejes fundamentales: los procesos operativos, los modelos de negocio y la experiencia que brindan los clientes.

En análisis de estudios realizados por organizaciones como ISIJEB, reiteran la importancia de transformación digital y su puesta en marcha en las diferentes organizaciones, sean

grandes o pequeñas. El impacto en mejoras económicas, de tiempo e incluso ambientales son notables y beneficiosas para estas.

Diagramas de Proceso.

Son representaciones gráficas en bloques de uno o varios procesos, se convierten en una herramienta de gran valor dentro de una empresa para analizar e interpretación de estos, siendo una de las técnicas más útiles para la mejora continua de cada proceso. Entre los más conocidos para generar dicha representación se encuentran los diagramas de proceso, procedimental, diagramas en UML, diagramas IDEF, diagramas BPMN, los cuales se tendrán en cuenta para el desarrollo de lo requerido en el presente proyecto. [37]

Inventario.

El inventario es una relación detallada, valorada y ordenada de elementos tangibles que compone el patrimonio de una empresa en un tiempo determinado, estos elementos pueden ser para la venta o para ser consumidos en la producción de bienes o servicios para una posterior comercialización (Materia prima, Material en proceso de transformación y producto terminado). El descuido y mal manejo de inventario, puede ocasionar grandes pérdidas financieras, pérdida de material y desperdicio de espacio y tiempo productivo; por ello, la importancia de llevar un buen manejo del inventario con una trazabilidad bien estructurada y un manejo total del material que se encuentra dentro de una empresa.

Trazabilidad.

Existen numerosas definiciones de trazabilidad, para la definición de esta, en el presente trabajo se escogen dos que complementan con el objetivo principal. De acuerdo con el vocabulario y definición planteada por la Real Academia Española (RAE), la trazabilidad se define como la posibilidad de identificar el origen y las diferentes etapas de un proceso de producción y distribución de bienes de consumo. Ahora, una de las definiciones más completas, es la que utiliza la Asociación Española de Codificación Comercial (AECOC), la cual define trazabilidad como “aquellos procedimientos preestablecidos y autosuficientes que permiten conocer el histórico, ubicación y la trayectoria de un producto o lote de productos a lo largo de la cadena de suministros en un momento dado, a través de unas herramientas determinadas” [36, 38].

Aunque el concepto de trazabilidad no es desconocido en publicaciones e incluso antiguas, es a partir de finales de los años noventa, con las crisis alimentarias sufridas en la Unión Europea, donde la trazabilidad se convierte en un concepto frecuentemente asociado a la industria. De hecho, en muchos casos, la trazabilidad es vista como una herramienta utilizada por las empresas para demostrar la seguridad de su producto. Uno de los reglamentos más importantes en lo que respecta a la trazabilidad está estipulado en el Artículo 18 de la Regulación EC178/2002. Esta directiva europea, que entró en vigor el 1 de enero de 2005, donde se dice que, se deberá garantizar la trazabilidad en todas las etapas de producción,

transformación y distribución. El foco está en la industria alimentaria, pero es necesario para cualquier tipo de industria manufacturera.

Capítulo I.

El objetivo de este capítulo, es el estudio de información referente a los sistemas digitales y la trazabilidad dentro del área de inventario, que permita centrar más el enfoque que se quiere dar a la propuesta metodológica; para ello se estudian diferentes fuentes confiables, que brindan información de lo que es necesario para realizar el proceso de trazabilidad, de igual forma extraer información respecto al correcto manejo de los diferentes recursos dentro de la industria manufacturera.

1 Análisis de la trazabilidad y los sistemas digitales en el inventario

Uno de los procesos de mayor cuidado en cualquier empresa manufacturera es el abastecimiento adecuado y oportuno de materia prima, insumos que son indispensables en el tiempo, tanto en cantidad como calidad apropiados para el proceso productivo; así como del manejo que se le dé a estos y a cada uno de los recursos con los que cuenta la organización (Talento humano, materia prima, energía y maquinaria). Las pequeñas y medianas empresas emplean frecuentemente procesos administrativos rústicos diseñados con base en experiencia y sus recursos, al no tener un control factible del inventariado, pueden ocurrir que tales procesos presenten deficiencias que provoquen malos funcionamientos en la operación, por lo tanto, pérdidas económicas.

El desconocimiento de las consecuencias que tiene el mal empleo de métodos y técnicas para generar el inventario, puede llegar a poner en riesgo la existencia de una empresa, con mayor repercusión en las PIMES. A pesar de la existencia de diversos métodos elaborados por especialistas, para el manejo de inventarios y probados en condiciones reales, muchas organizaciones no son capaces de emplearlos y su personal no lo utiliza, sea por desconocimiento, negligencia o solo el suponer que el uso de herramientas tecnológicas o métodos enfocados en el tema, traerán consigo aumentos económicos, impidiendo mejoramientos dentro de los diferentes procesos.

A continuación, se presenta de manera detallada un análisis necesario de información tanto de trazabilidad como de inventario, que permitirá tener claro lo requerido para llevar un mejor control dentro del proceso, y así ejecutar el desarrollo de una metodología que brinde mejoras dentro de la empresa junto con el uso de herramientas digitales.

1.1 Análisis de la información de trazabilidad dentro del inventario

El estudio de la trazabilidad, dentro del inventario en una empresa manufacturera, se enfoca

en el análisis que se ejecuta en un análisis interno, en donde se recomienda generar registros y documentar la información referente a la manera en que fue producido, manejado, transformado, almacenado, transportado, y presentado el producto, en caso de existir estos procesos y siempre y cuando tales actividades puedan tener una influencia sobre la seguridad e higiene de este.

Para la recolección de este tipo de información se determinó realizar los siguientes procedimientos:

- Planificar cantidades de materias primas e insumos que se necesitan para la producción (Cuánto, cuándo, cómo, disponibilidad).
- Planificar recursos como equipos (Disponibilidad y estado) necesarios para ejecutar un plan.
- Solicitar materias primas, recursos, mano de obra e insumos para el surtido de inventario y cumplir con la demanda dentro de la empresa.
- Obtener y definir ordenes de producción (Qué se va a producir, cómo, cuándo, quién, con qué). En esta parte conviene documentar:
 - Materias Primas: (Qué se va a usar, cuánto, origen).
 - Equipo: (Qué se va a utilizar, estado, referencia, observaciones).
 - Mano de Obra: (Datos del personal encargado de producción, turno, observaciones).
 - Fecha y hora de arranque y posible fecha y hora de finalización.
- Realizar seguimiento a la orden de trabajo (Control y supervisión a lo largo del proceso productivo). Se pueden generar registros de información referente a:
 - Posibles problemas encontrados durante la producción.
 - Información de productos intermedios y terminados.
- Realizar pruebas de calidad del producto (Control y supervisión de los productos intermedios, pruebas de calidad producto terminado), en esta parte es importante la documentación de información como:
 - Resultados obtenidos de las pruebas.
 - Cantidad producto conforme y no conforme.
- Almacenar producto terminado. Se solicita la documentación de:
 - Quien recibe en bodega-almacén.
 - Fecha y hora de ingreso.
 - Numero de lote.
 - Tipo de producto.
 - Ubicación.
 - Observaciones del producto.
 - Orden de despacho.
 - Orden de salida del producto de la bodega o almacén.

Importancia de los inventarios en la empresa manufacturera

El control de inventario es uno de los elementos más importantes y fundamentales para el fortalecimiento ya sea en grandes, medianas o pequeñas empresas, debido a que abarca el manejo de control de costes y rentabilidad de una empresa. Una mala administración, conlleva al incumplimiento de actividades, provocando descontento en los clientes, además de ocasionar problemas financieros [39].

Uno de los principales retos que se enfrentan al momento de generar un inventario, es el tener certeza de que cantidad de recursos se requiere para cubrir las expectativas de los clientes y así ofrecer un servicio de calidad. Esto implica el conocer la cantidad necesaria de materia prima, que cantidad se requiere en el proceso de surtido, en que tiempos realizar dichos pedidos, tener claro el proceso de almacenaje y surtido de material. Todo esto de la mano de un buen control de stock, en donde se lleve un consolidado de lo que se tiene, de lo que entra y lo que sale. Así, de una buena ejecución del inventario, depende el proveer y distribuir adecuadamente lo que se tiene y colocar a disposición un recurso en el momento indicado. Sin duda alguna, para cualquier tipo de empresa se hace necesarios los inventarios, dado a que la base de todas las organizaciones consiste en la compra y venta de bienes y servicios, en donde se hace necesario el control de los recursos requeridos para la ejecución de actividades internas.

Ahora, debemos tener en cuenta que la buena organización del inventario evitara:

Robo interno / externo

A pesar de las fuertes medidas de seguridad que muchas empresas del sector manufacturero han tomado, el hurto por parte de externos o incluso personal de la misma organización es un factor que siempre se podrá presentar, sea en robo directamente de mercancía, legalización de material, mal manejo de los diferentes recursos, entre otras [45]. Por tanto, se deberán tomar medidas extremas, con el apoyo de la tecnología se pretende controlar el uso adecuado de los recursos, manejo de salidas y entradas de material, y tener la vigilancia tanto de ubicación, cantidad como de calidad de cada uno de los recursos.

Minimizar costos de almacenamiento

El almacenamiento, implica la inversión económica para el buen embalaje de la materia prima, producto en proceso y producto terminado, siendo una de las etapas en las que más se invierte, en muchas ocasiones y sobre todo en la industria del sector manufacturero se hace necesario replantear el cómo se realiza este proceso, debido a que en ocasiones en el proceso del inventario se involucran pasos innecesarios por una falta de organización, elevando costos de producción.

Desperdicio por producto almacenado en malas condiciones

La gestión inadecuada de bienes puede conducir a la perdida en gran cantidad de diferentes recursos, con cifras muy elevadas de perdidas, como las ocurridas en el año 2013 en estados unidos, donde las empresas manufactureras del sector alimenticio presentaron una perdida

que ascendió a los \$43 mil millones tan solo en ese año [46].

También se hace referencia a todo producto dentro del inventariado que no pudo ser aprovechado para su principal fin, sea de venta directa o de uso para su transformación, debido a daños, caducidad o se han vuelto irrelevantes debido al lanzamiento de modelos más prometedores, esto provoca costos de manutención, como en su almacenamiento dentro del inventariado.

1.2 Análisis de la información para la ejecución del inventario

Tener un sistema de control de manejo y trazabilidad del inventario, trae consigo múltiples ventajas para una empresa, al brindar información trascendental y oportuna en tiempo real, que ayudará a tener una mejor planeación en la tomar de decisiones pertinentes que permita ser más eficiente en el manejo del proceso.

Uno de los principales retos para los encargados del área de inventario es tener certeza de cuanto stock se necesita para cubrir las expectativas del consumo, sea en venta o en distribución en la propia empresa, así como el de suplir necesidades mediante la asignación de recursos en las diferentes actividades que lo necesiten, ofreciendo un servicio de calidad. Todo lo anterior implica tener conocimiento tanto de lo requerido, como de lo que se tiene en reserva, saber el cuándo realizar pedidos para surtir, manejo de tiempos para la recepción de mercancía, almacenamiento, ejecución de calidad y ventas.

También, es necesario saber que en toda industria, es requerido de forma prioritaria indicadores de desempeño en que basarse y así proceder a la ejecución de diferentes actividades, aun mas en el proceso de inventario, que requiere de puntos clave para realizar cada actividad dentro de este conforme a lo requerido, por la anterior, se han escogido los siguientes indicadores relevantes para ejecutar en el proceso del inventario:

1.2.1 Control de existencias

Un factor muy importante de estudiar y tener en cuenta a la hora de implementar software IoT, es el control de existencias en una empresa, encargada de registrar las entradas y salidas de un producto dentro del almacén, validando perdidas o ajustes en el inventario. Depende mucho del control que lleve la empresa de todos los recursos que posea, siendo necesario tener un conocimiento claro y verdadero de materiales con los que se cuenta [41].

En algunas empresas, aún se realizan controles de existencia de la forma antigua, con el uso de fichas y tablas a mano donde se encuentra información necesaria para tener conocimiento de los recursos dentro de inventario [48]. Hoy en día las nuevas tecnologías, permiten llevar este control a través de un código de barras, el uso de chips o radio frecuencia, permitiendo llevar una mejor y más segura trazabilidad de cada uno de los recursos con los que se cuenta; así se tienen en cuenta diferentes factores para proceder con la manipulación de estos, evitando desperdicios y daños de estos.

1.2.2 Cantidad, localización y tamaño de puntos de almacenamiento

La utilización de espacios para almacenamiento influye mucho en el manejo y control de stock, este es un indicador que valida y señala el espacio dentro del almacén que se está usando en relación con el disponible, dependiendo de su porcentaje se podría hablar de cómo se encuentra la empresa en nivel de stock o control de espacios. Se puede decir que un porcentaje demasiado pequeño de utilización resulta ser negativo para la empresa, debido a que se cuenta con espacio infrutilizado, pero también lo será un porcentaje de utilización alto, debido a que si es excesivo por encima del 100% indicara que no se está haciendo el uso apropiado de las instalaciones.

Luego de efectuar el almacenamiento apropiado de los productos, se hace necesario realizar un seguimiento con respecto al tiempo para aprobar el uso de cada uno de los productos, donde se hace necesario validar información como localidad, estado y fecha de entrada, para con ello saber que material se le deberá dar uso prioritario, evitando pérdidas de materiales debido a fechas de caducidad o daños en almacenamiento.

1.2.3 Manejo de stock.

La administración de inventarios es un proceso clave dentro de la gestión de una empresa, tanto en las alianzas con los proveedores, en la relación con el cliente, en la ejecución de producción y por ende en los resultados financieros. Por esto, es muy importante realizar un estudio de la manipulación, control y de los diferentes factores que intervienen dentro del área, dado que así, se manipulara información necesaria para realizar un control dentro de los aplicativos implementados en el inventario, cumpliendo con algunos de los objetivos primordiales que debería brindar un software con este propósito como lo son:

- Asegurar el abastecimiento de materia prima.
- Lograr un manejo eficiente de los recursos en el área de inventario.
- Reducir las posibilidades de tener exceso de material.
- Mantener un informe detallado y actualizado del material disponible.

Ahora, para una mejor comprensión del cómo se mide la administración de inventario, se hace necesario realizar el estudio de indicadores que afectan dicha ejecución en el stock como lo son:

1.2.4 Validación de Stock Máximos

Se hace importante evaluar cual es el punto máximo de stock en la organización a estudiar, esto se realiza teniendo en cuenta varios factores que afectan la toma de decisión como lo es el costo de almacenamiento, si el producto es o no de alta rotación, el precio de incremento sobre los productos, tiempos del proveedor en surtir, entre otros que dependen más del manejo que se le dé a la empresa como tal.

1.2.5 Validación de Stock Mínimos

Se maneja y verifica la cantidad mínima de determinado artículo dentro del almacén. Es importante evaluar dicha cantidad, debido a que, si cae por debajo del mínimo requerido, podría generar un problema de abastecimiento por ende pérdidas para la empresa. El control de dicho factor requiere de un sistema que permita alertar cuando sea necesario realizar pedidos para abastecerse y se ponga en contacto con los proveedores. En este punto es importante evaluar factores como el costo que conlleva el realizar pedidos, debido a que incrementa el valor del material en un porcentaje; es necesario tener en cuenta que el tiempo de solicitud para los materiales dependerá de factores como: el tiempo de entrega por parte de los proveedores, el costo del transporte, la identificación si el material es de bajo o alto movimiento y circunstancias como promociones que me permitan obtener ganancias en la adquisición de artículos.

1.2.6 Estudio de Rotura de stock

Las roturas de Stock se producen por una inadecuada administración, manipulación o solicitud de materiales. Como ejemplo, si al momento de recibir un pedido, la empresa no cuenta con el espacio y condiciones necesarias para su almacenaje, teniendo que rechazar la compra, genera consecuencias poco favorables como la pérdida que ocasiona el no comercializar sus productos, y la decadencia de la imagen ante el cliente [42].

El índice de gestión de stock se sostiene sobre un delicado equilibrio que varía entre la demanda del producto o materia prima necesaria para cumplir con los diferentes requerimientos, y su existencia en almacén. Una rotura de stock se produce en el momento que el equilibrio entre estos dos factores se quiebra. Lo más grave es no contar con proveedores que suplan una demanda necesaria para evitar dicho punto de quiebre, por eso es importante siempre tener no solo uno, sino varios distribuidores que eviten malas prácticas [43].

Para extraer el índice de rotura de stock dentro del inventario en una organización, se puede hacer uso de la siguiente fórmula

$$\text{Índice de rotura de stock} = \left(\frac{\text{Pedidos no satisfechos}}{\text{Pedidos totales}} \right) * 100$$

En el contexto actual de las empresas es mayor el riesgo de una rotura de stock, esto debido a que las empresas se enfrentan al desafío de comprometerse con mayores volúmenes de inventario, incrementando considerablemente los costos ligados al almacenamiento logístico, por lo que en general las compañías están tendiendo a limitarlos al máximo.

Ahora bien, en todo proceso de una organización, se debe conocer muy bien lo que implica realizar movimientos o ejecuciones de trabajos, para ello, cada organización realiza cálculos internos para así llevar un mejor control de lo que se ejecuta; inventario es uno de los procesos que debe mantener al día dichos datos, debido a que maneja información muy importante que requiere de un control exacto para el manejo de niveles de stock y el costo que produce inventario. Para ello, se manejan diferentes sistemas de gestión nombrados a continuación:

1.2.7 Sistema de revisión continua

Son sistemas que automáticamente evalúan los niveles de stock dentro de un almacén tras la ejecución de una actividad como el extraer o ingresar recursos dentro de este. En la práctica, estas revisiones se realizan con frecuencia y muchas veces de modo continuo y en cada revisión se toma una decisión acerca de cómo está el nivel de cada uno de los recursos, evaluando sus características como calidad en la que se encuentra y cantidad para así tomar decisiones de adquisición [37].

Después de cada verificación, se computa el nivel de inventarios. Para ello se tiene presente la siguiente formula:

$$NI = E + RP - PP$$

En donde:

NI= Nivel de Inventario

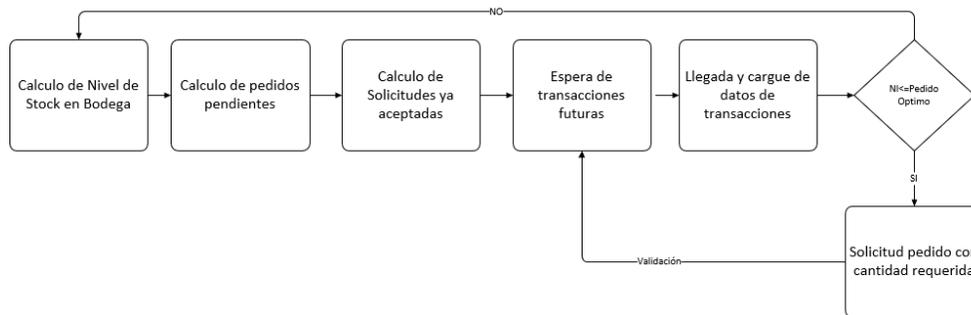
E= Existencias físicas presentes al momento del control

RP= Recepciones programadas

PP= Pedidos pendientes

Para ello se llevan a cabo las siguientes fases indicadas en la figura 1.

Figura 1 Sistema de revisión continúa



Fuente propia

1.2.8 Sistemas de cantidad fija de pedido

Las solicitudes dentro del inventario son muy importantes para realizar pedidos de recursos ya sea por bajo nivel de stock o por requerimientos futuros o de última hora, debido a que de ello depende que se encuentren disponible para la ejecución de las diferentes actividades, evitando pérdidas económicas por la escasez de estos; De esta manera se hace importante mantener un control de los diferentes recursos. Uno de los más conocidos es la realización de pedidos fijos mensualmente dependiendo de la cantidad de material que se consuman dentro de la empresa [44].

Para ello se evalúa:

- Nivel de Stock (Q).
- Punto de pedido (PP)
- El tiempo de suministro (TS)
- Tiempo de culminación (TC)

A continuación, en la Figura 2 se propone en una línea de tiempo lo descrito anteriormente

Figura 2 Línea de tiempo sistema fijo de pedido



Fuente propia.

1.3 Coste de Inventario

Dentro de cualquier organización, uno de los puntos más importantes es el manejo y validación de costos, ya sea por el desarrollo de las actividades internas, manipulación de materiales y equipos, traslado de personal, o cualquier actividad que sea requerida. Ahora bien, centrándonos en el área de inventario, el costo comprende todo precio en el que se incurre tras la ejecución de un plan, ya sea en el proceso de adquisición, almacenaje, surtido o plan de mantenimiento dentro del mismo [42] Es importante su análisis en el desarrollo de metodologías dirigidas a esta área, debido a que una de las formas de validar su correcto funcionamiento es con el estudio del precio en que se incurre en el desarrollo de sus actividades; también por que una de las actividades del inventario es el envío de información para generar el reporte de costos efectuados en un tiempo determinado.

Dentro de los costos del inventario es importante el estudio y análisis de los siguientes:

1.3.1 Costo de adquisición

Se refiere al costo en el momento de realizar solicitudes de copras de materia prima, o de algún recurso que se requiera. Para ello, se evalúa si verdaderamente es necesario, mediante la valoración de la capacidad de cada uno de los recursos con los que se cuentan en el momento, haciendo necesario un control interno con herramientas que lo permitan. Una vez adquirido se asumen costos a la hora de la recepción del pedido y en la ejecución de pruebas de calidad [45].

1.3.2 Costo de almacenaje

En el momento en que se adquieren nuevos materiales, se realiza el proceso de transformación o culminación de producción, se realiza el proceso de almacenamiento, para ello se tiene que evaluar la capacidad real con la que se encuentra en el depósito, se evalúa las condiciones necesarias para proceder a su acaparamiento, en donde personal de inventario procede en la asignación de sitios específicos para su descarga y en la actualización de dichos datos para tener una información veraz de lo que se tiene en bodega [46].

1.3.3 Costo de mantenimiento

Cuando se ejecuta un plan de mantenimiento en inventario, se realiza la investigación previa para su ejecución, se evalúan los diferentes factores como tiempo y área en mantenimiento a tratar, evitando la no ejecución de otras actividades dentro de la misma u otras áreas de la empresa. En este caso se deberá tener en cuenta recursos necesarios para su debida ejecución, involucrando nuevamente a inventario [47].

1.4. Marco de referencia de los sistemas digitales en la industria manufacturera

Con la investigación a continuación, se pretende extraer datos como características y requerimientos útiles al momento de realizar la selección del software más conveniente en la ejecución del prototipo de la metodología enfocada en el inventario, debido a que se enfoca netamente en los requerimientos de la industria manufacturera.

1.4.1 Características deseables para la industria manufacturera

El desarrollo tecnológico ha tenido un impacto importante en los sistemas de manufactura, primero con la máquina de vapor y la mecanización de los procesos en la primera Revolución Industrial, entre los siglos XVIII y XIX [42]. La segunda transición en el siglo XX, trajo la producción en serie, con la aparición de fábricas y líneas de montaje que permitieron fabricar productos masivamente para el gran consumo. Más recientemente, con la que ha sido llamada “industria 4.0” o “transformación digital”, que debido a beneficios referentes con la integración, innovación y autonomía de los procesos es considerada como la 4 revolución industrial [43].

Las tecnologías sobre las que se fundamenta la Industria 4.0 se utilizan actualmente en las empresas manufactureras, permitiendo que las cadenas de valor se transformen en un flujo completamente integrado, automatizado y optimizado que mejorará la eficiencia y cambiará la relación tradicional entre proveedores, productores y clientes, así como entre personas y máquinas. Algunas de las tecnologías apropiadas para el desarrollo del proceso de inventario, y requeridas en sistemas digitales que se enfoquen en la ejecución de procesos en la industria manufacturera son las siguientes:

1.4.1.1 Ciberseguridad

El aumento de la conectividad que representa la Industria 4.0, incrementa dramáticamente la

necesidad de proteger los sistemas industriales críticos y las líneas de producción contra las amenazas informáticas. También hay que mejorar la protección de la propiedad intelectual, los datos personales y la privacidad [48]; para ello se debe tener en cuenta herramientas que me brinden confianza al momento de extraer y manipular datos importantes y confidenciales dentro de la empresa, de igual manera permita una seguridad interna en el manejo de datos por usuarios, dependiendo de la actividad a ejecutar.

1.4.1.2 Internet de las cosas industrial (Internet of things, IoT)

Para el desarrollo del presente trabajo se tendrán en cuenta tecnologías que contribuyan en el enfoque manufacturero del ámbito de inventario debido a que cada vez, más dispositivos estarán enriquecidos con informática incrustada y conectados por medio de tecnologías estándar. Esto permite a los dispositivos de campo comunicarse e interactuar entre ellos y con los controladores centrales. También descentraliza el análisis y la toma de decisiones y permite respuestas en tiempo real [49]. Dentro de inventario se hace necesario la implementación de IoT debido al flujo de información que se maneja y lo importante que este es para los procesos dentro de la organización.

1.4.1.3 La Nube

Cada vez más, las tareas relacionadas con la producción requerirán más intercambio de datos. Al mismo tiempo, las tecnologías en la nube mejorarán y conseguirán tiempo de reacción de apenas algunos milisegundos. Como resultado, se irán traspasando trabajos informáticos a la nube y facilitarán que más servicios informáticos se dediquen a la producción. Incluso los sistemas que controlan los procesos podrán estar basados en la nube [50]. Para los sistemas de inventario se convierte en una herramienta muy útil, pues información tan importante como la cantidad de stock, calidad y ubicación de los diferentes recursos son requeridos por diferentes procesos, y su almacenamiento en la nube brinda aparte de seguridad, el poder compartir datos necesarios para gestión de su análisis.

1.4.1.4 Integración horizontal y vertical de sistemas

Los fabricantes, proveedores y clientes estarán estrechamente enlazados por los sistemas informáticos, facilitando cadenas de valor verdaderamente automatizadas, del mismo modo que los departamentos de una empresa, como ingeniería, producción y servicios [51]. Dentro del sistema de inventario, es de vital importancia que se tenga un adecuado conocimiento del estado de los recursos, el brindar esta información a otros departamentos de la organización, facilita la buena integración entre estos, el permitir conocer los diferentes requerimientos tanto a los clientes como a los proveedores mejora el proceso de compra y venta evitando tiempos muertos por una mala comunicación.

1.4.1.5 Integración de talento humano con hardware y software

Uno de los procesos más complicados al momento de implementar aplicativos software en la industria, es el de acoplar o capacitar al personal con respecto a lo que se implementara, dejando vacíos y muchas dudas en un inicio referente a su utilización; Las personas, los computadores y los equipos de automatización y control, necesitan estar integrados para

trabajar de manera colectiva durante todo el ciclo de vida del producto, con el objetivo de obtener un rápido acceso al conocimiento y a la información.

Dentro del manejo de datos e interacción humana con el proceso de inventario, se hace necesario hardware y software que brinden lo necesario y esencial para llevar a cabo la culminación exitosa del proceso, mostrando una interfaz sencilla, practica y agradable a la vista [50].

1.4.1.6 Escalabilidad

Dentro de la industria se deberá contar con herramientas que tengan la capacidad de adaptarse a cambios de una manera fácil y sin aumentar exageradamente los costos operativos, cuando el cumplimiento de objetivos lo solicite [52], esta acción debe realizarse sin alterar los enlaces de comunicación previamente establecidos dentro de la organización. Para el área de inventario, es necesario el uso de un software digital adaptable a cambios de características en todo momento, actualizado en normas y estándares que me avalen su buen funcionamiento. El propósito del desarrollo de una metodología enfocada en el área de inventario es a futuro adaptarla a otras metodologías dirigidas a las diferentes áreas de una empresa, permitiendo hacer una integración en las actividades de la organización.

1.5 Estudio del estándar ISA 95

Para una mejor ejecución del proyecto, se hace necesario contar con una guía que permita conocer a más detalle el área del inventario necesario, para ello se hace la utilización del estándar ISA 95.000, en donde se encuentran guías para el desarrollo y ejecución de las actividades principales dentro del área de inventario, se presenta la investigación referente al estándar y los beneficios que se obtendrán al trabajar con este, veamos a continuación:

Funciones, flujo de información e interfaces del inventario con respecto al estándar ISA 95.000.

El inventario, es uno de los procesos de mayor importancia dentro de una organización, y sobre todo en la empresa manufacturera o de transformación, en donde se requiere un mayor cuidado para su valoración y registro de información contable. Más del 50% de sus activos circulantes están comprometidos al proceso de inventariado, [53] esto se debe a la gran diversidad de productos y el volumen de estos que se mantiene en existencia.

El manejo de inventarios puede ser una tarea que requiere de gran esfuerzo, aún más en aquellas organizaciones en las que se cuenta con alto volumen y variedades de productos; estos constituyen en la mayoría de los casos, uno de los principales componentes del capital de trabajo dentro de la organización, donde se toma en cuenta el factor costo, siendo este el principal objetivo dentro de los enfoques de gestión. Dentro de una organización se manejan diferentes tipos de inventarios enfocados a productos y materiales con los que se cuentan, por ejemplo:

- **Inventario de materia prima:** Dirigido a aquellos productos que van a sufrir una transformación para poder estar disponibles para su venta. Es de vital importancia debido a que sin esta existencia el proceso de producción tendría que verse obligado a detenerse, implicando pérdidas para la empresa.
- **Inventario de productos terminados:** va dirigido a todos aquellos productos que han culminado con todos los pasos del proceso de producción y se encuentran disponibles para la venta.
- **Inventario de equipos:** este tipo de inventario va dirigido al manejo de herramientas y equipos que pertenezcan a la organización, evaluando su estado físico y de disponibilidad.
- **Inventario de personal:** se tiene el conteo de todo el personal con el que cuenta la empresa, donde se describe su área de conocimiento, puesto de trabajo, perfil profesional y su tiempo laboral; se realiza para verificarla disponibilidad real de todo el personal con el objetivo de tener una capacidad de producción alta.

El control interno y una buena administración, son herramientas fundamentales para que la dirección de todo tipo de organización obtenga una confiabilidad en el cumplimiento de sus objetivos institucionales, y así, se encuentre en capacidad de informar sobre su gestión al personal interesado, para ello es de vital importancia realizar una buena administración en las diferentes áreas de la empresa; dentro de las cuales se encuentra el inventario, interactuando con la mayoría de los procesos; su objetivo principal es contar con la información suficiente para:

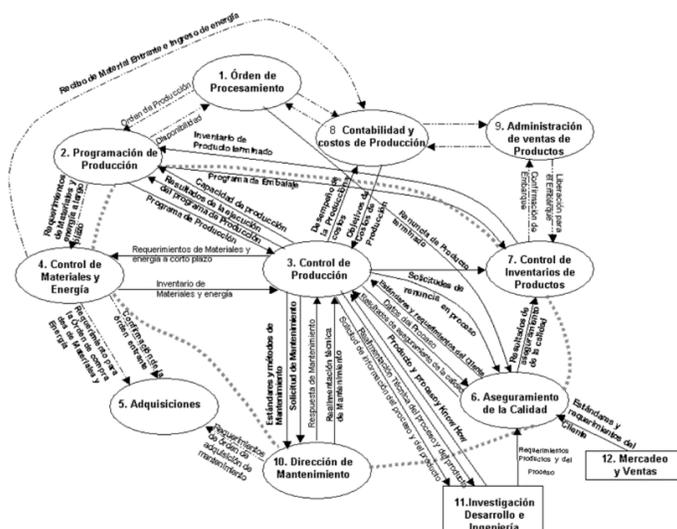
- Generar una información exacta en el aprovisionamiento de productos, manteniendo un nivel de inventario óptimo.
- Ahorro y reducción de tiempos y gastos operativos, sea en el proceso de aprovisionamiento o consumo.
- Generar un plan de compra de acuerdo con la planificación de ventas y producción
- Detectar procesos realizados en algunas organizaciones de forma manual o mediante la utilización de tecnología que conduzcan a realizar un mejor trabajo.

Teniendo en cuenta lo anterior, en todos los niveles de la empresa es necesario encontrar métodos eficientes para la administración del inventario, que permitan dar solución a la problemática que muchas empresas enfrentan en el manejo óptimo del mismo. Para ello, es necesario, identificar cuáles son las funciones que corresponden a dicha área, debido a que existen diferentes textos y documentación en donde los autores han abordado de forma variada el tema, identificando aspectos importantes que permiten tener una visión más clara de las actividades que se realizan, considerando de gran importancia para el desarrollo de este trabajo el uso de estándar es como la ISA 95.

Entre los modelos que se encuentran definidos en el estándar, uno de los más importantes para el desarrollo del presente trabajo es: “El Modelo de Datos Funcional” (Figura 3),

expuesto en la parte uno del estándar, en donde se aprecian los flujos de datos y las funciones dentro de la organización, este no refleja la estructura organizacional dentro de la organización, sino la estructura organizacional de cada una de las funciones; entonces, a través del modelo indicado en la Figura 3, es posible obtener información para definir adecuadamente las funciones y flujos de información relacionados directa o indirectamente con las actividades orientadas a la gestión de inventarios.

Figura 3 Modelo de flujo de datos funcional



Fuente: Estándar de automatización ANSI/ISA—95.00.01—2000.

En la Tabla 1 se especifican dos (2) de las doce (12) funciones analizadas del Modelo de Flujo de Datos Funcional relacionadas con el proceso de inventario. Para consultar la tabla completa, remítase al Anexo C.

Tabla 1 Funciones y subfunciones del Modelo de Datos Funcional relacionadas con Inventario

FUNCIÓN	SUBFUNCIÓN	
Orden de Procesamiento	Manejo de órdenes del consumidor, y producción y su respectiva aprobación y confirmación Ámbito: Ventas – PPC Manejo de reserva y rechazo Ámbito: Ventas Manejo de renuncia Ámbito: Ventas	Hay generalmente una interfaz no directa entre las funciones de procesamiento de orden y las funciones de control de producción de Manufactura.

Programación de la producción	Determinar programa de producción. Ámbito: PPC	Interfaz entre funciones de programación de la producción para las funciones del sistema de control de manufactura a través de un plan de producción, información de producción actual e información de capacidad de producción.
	Reconocimiento de requerimientos de la materia prima a largo plazo. Ámbito: CAP	
	Determinar stock de productos disponibles Ámbito: Ventas – CAM de almacén	
	Determinar embalaje de producto final a la venta Ámbito: PPC -CAM	

Fuente propia.

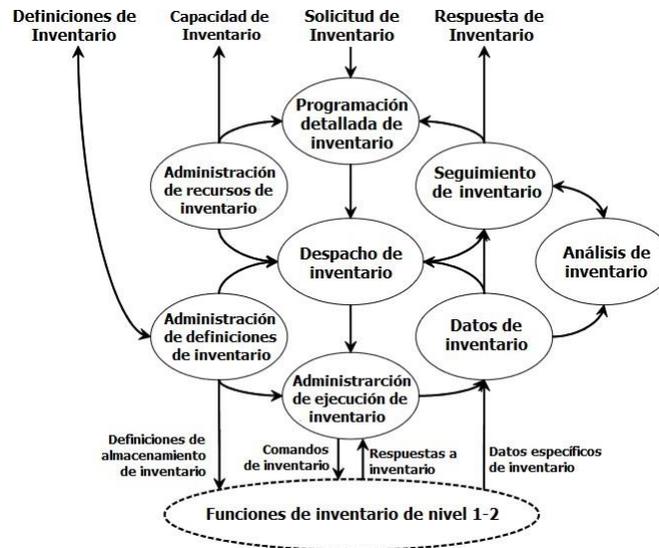
Ahora bien, el proyecto va encaminado al estudio y análisis referente al área del inventario, para ello el estándar ISA 95.00 en su parte 3 (ISA 95.003), desarrolla el inventario como uno de los principales componentes de las operaciones de manufactura. Gracias a los diferentes modelos que se plantean es posible tener una idea de cómo las actividades de Administración de Operaciones de Inventario [11], que han sido definidas por la norma como: actividades dentro del nivel 3 de una planta de fabricación encargadas de coordinar, dirigir y hacen seguimiento al inventario y movimiento de material dentro de las operaciones de fabricación [53]; se relacionan con la recepción, almacenamiento, transferencia, transformación, pruebas y envíos de materiales fuera y dentro de los centros de trabajo.

A continuación, se analiza el estándar ISA 95.003 donde se estudian los modelos de administración de operaciones de inventarios necesarios para el desarrollo de la metodología

1.5.1 Análisis del modelo de administración de operaciones de inventario (AOI)

El modelo que se muestra en la Figura 4, definido por la parte 3 del estándar ISA-95 precisa las actividades de la gestión de operaciones de inventario en lo que se refiere a la transferencia de materiales dentro de los centros de trabajo. El modelo, define qué actividades de transferencia pueden realizar y la secuencia relativa de las actividades, convirtiéndose en referente fundamental para el desarrollo del presente proyecto, debido a que brinda las herramientas necesarias para definir el flujo de información de los diferentes niveles, teniendo en cuenta lo más importante dentro del proceso del inventario para el desarrollo de modelos que permitan llevar una mejor trazabilidad de los recursos de una empresa manufacturera ejecutados en una herramienta digital.

Figura 4 Modelo de Administración de Operaciones de Inventario



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

Según el estándar las actividades generales en la gestión de operaciones de inventario incluyen:

- a. Manejo y seguimiento del inventario del producto y/o material; los materiales pueden ser de producción, de mantenimiento, de calidad o cualquier otro material que necesite ser rastreado y gestionado.
- b. Realización de recuentos cíclicos periódicos y/o bajo demanda del inventario.
- c. La gestión de transferencia del material necesario entre los diferentes centros de trabajo.
- d. Medir e informar sobre el inventario y las capacidades de transferencia de materiales.
- e. Coordinar y controlar al personal y equipos utilizados en la transferencia de material
- f. Dirigir y monitorear la transferencia de material hacia producción, calidad o mantenimiento cuando sea solicitado.
- g. Informar periódicamente sobre el stock de inventario de todos los recursos a producción, gestión de la calidad, mantenimiento y/o actividades del Nivel 4
- h. Generar el enrutamiento de la materia prima hacia y desde almacenamiento.
- i. Reconocer trabajos fuera de programación, realizando la identificación de programas de embalaje.
- j. Organización detallada y seguimiento del material dentro de almacenamiento.

Hay otros aspectos de la gestión de operaciones de inventario que no se definen en la Parte 3 del estándar, como lo es la coordinación con proveedores y distribuidores, en el desarrollo del presente trabajo se tomaran como parte de los recursos humanos, quienes deben cumplir con especificaciones técnicas para suplir las necesidades requeridas por ellos y por la empresa.

Ahora, las actividades de inventario que se refieren a los materiales se pueden agrupar en ocho categorías funcionales. A continuación, se relacionan las actividades de administración

de operaciones de inventario propuestas en el estándar.

Para consultar más información sobre el Modelo de Administración de Operaciones de Inventario Estándar ISA 95.003 (figura 4) remítase al Anexo B.

- Administración de Definición de Inventario.
- Administración de Recursos de Inventario.
- Programación Detallada de Inventario.
- Despacho de Inventario.
- Administración de Ejecución de Inventario.
- Recolección de Datos de Inventario.
- Seguimiento de Inventario.
- Análisis de Inventario.

Así definimos el conjunto de actividades que analizan la eficiencia de inventario y los recursos utilizados para mejorar los procesos realizados y el uso óptimo de los activos de la empresa.

Capítulo II.

Diseño conceptual

2. Desarrollo Mediante La Metodología Design Thinking.

En cualquier proyecto independientemente de su fin, la planificación constituye una de las principales etapas, siendo la base donde se sustenta y planifican cada uno de los pasos que se llevarán a cabo en las siguientes fases, caracterizándose por el momento donde se toman las principales decisiones, los métodos para su desarrollo, estrategias y posibles recursos necesarios en el cumplimiento de cualquier proyecto independientemente de su fin.

En este proceso de planificación se debe disponer de la información necesaria para poder desarrollar un proyecto de la mejor manera, tomando las decisiones más adecuadas. En el análisis inicial se debe tener en cuenta todos los factores que puedan influir en su buen desarrollo, con el fin de planificar las actividades necesarias y descubrir posibles riesgos.

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 5) útil 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.

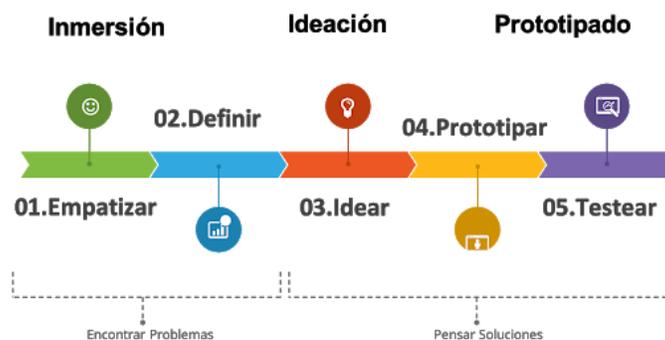
Figura 5 CPS



Fuente Plataforma MIRO.

Ahora, el desarrollo de la técnica va muy ligado con el uso de la metodología Design Thinking que brinda la interacción de grupos multidisciplinarios unidos en el desarrollo y solución de un problema, generando tantas ideas y soluciones como sean posibles, (Figura 7) y para una mejor trazabilidad, dichas ideas son plasmadas en la herramienta MIRO, instrumento online, útil para proponer y forjar cada una de las ideas de los participantes escritas en el tablero y plantillas creado para dicho fin (Figura 6), generando un mejor desarrollo, llevándose a cabo mediante la implementación de la ley de los 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 anheladas y buscadas para llevar a cabo el desarrollo del proyecto.

Figura 6 Design Thinking



Fuente Plataforma MIRO

Es importante recalcar que en cada uno de los pasos a desarrollar se aplica el uso de dos pilares fundamentales en el desarrollo de la metodología Design Thinking, estas son: el Pensamiento divergente donde todos los implicados proponen ideas con un propósito o enfocadas en un concepto, y entre todas estas aplicar el pensamiento convergente que permite mediante un consenso de los integrantes del grupo llegar a una idea formal que categorice la mayoría de los apuntes más importantes y así poder trabajar sobre él.

En tal sentido, mediante la aplicación de herramientas como las anteriormente nombradas, se realizan reuniones semanales de un promedio de dos horas y media (HH 2:30), que

permiten: priorizar intereses, enfatizar en procesos, realizar acuerdos de trabajo y llegar a un consenso entre estudiantes de la Universidad del Cauca y personal calificado en el área de desarrollo de aplicaciones industriales de la empresa Omnicon, permitiendo trabajar en un mismo propósito para la planificación y desarrollo del proyecto, con intereses mutuos como lo es para la empresa Omnicon realizar una investigación de herramientas digitales en la implementación de metodologías en el proceso de inventario, y del grupo de Universidad del Cauca como estudiantes, realizar el proyecto de grado de forma híbrida entre aportes a una empresa determinada pero centrado en la investigación propia referente al proceso de desarrollo metodológico en el área de inventario.

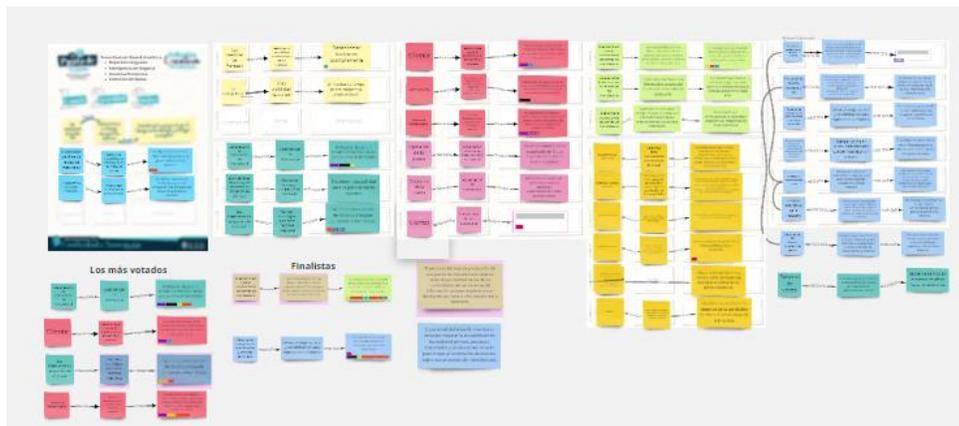
A continuación, expondremos el método CPS utilizado para la formulación y desarrollo del proyecto, conveniente en la toma de decisiones oportunas para cumplir con las metas propuestas, para ello se ejecuta cada uno de los pasos propuestos en la metodología Design Thinking en la Figura 6, los cuales son: 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 define en el grupo de trabajo realizar una investigación referente al uso de metodologías para el desarrollo de aplicativos en la industria, de igual manera hacer uso de un entorno digital para implementar un prototipo de aplicación enfocado en una área en específico de la organización; tras esto, se lleva a cabo una lluvia de ideas relacionadas con el tema y así tener una idea clara del enfoque que se le dará al proyecto y al final haciendo uso de la convergencia, se escogen por votación las ideas más destacadas que se adapten a lo requerido.

Veamos en la Figura 7 el tablero MIRO con las ideas aportadas por el grupo.

Figura 7 Tablero Miro Propuestas de problemas.



Fuente Plataforma MIRO

Ahora tras la deliberar se relaciona en la Figura 8 la recopilación de las ideas más importantes

escogidas y con las que se seguirán trabajando.

Figura 8 Tablero Miro Propuestas de problemas.



Fuente Plataforma MIRO

Una vez definido el tema a trabajar, centrado en el personal del área del inventario en la industria manufacturera, se prosigue con el siguiente paso, veamos.

2.2. Design Thinking – Definir

El objetivo fundamental de esta fase es establecer la visión del proyecto; no siempre las necesidades primordiales vienen claramente definidas y aun cuando así sea, es preciso 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).

Para la ejecución del proceso de definir se realizaron los siguientes pasos:

2.2.1. Selección del problema Etapa convergencia y divergencia.

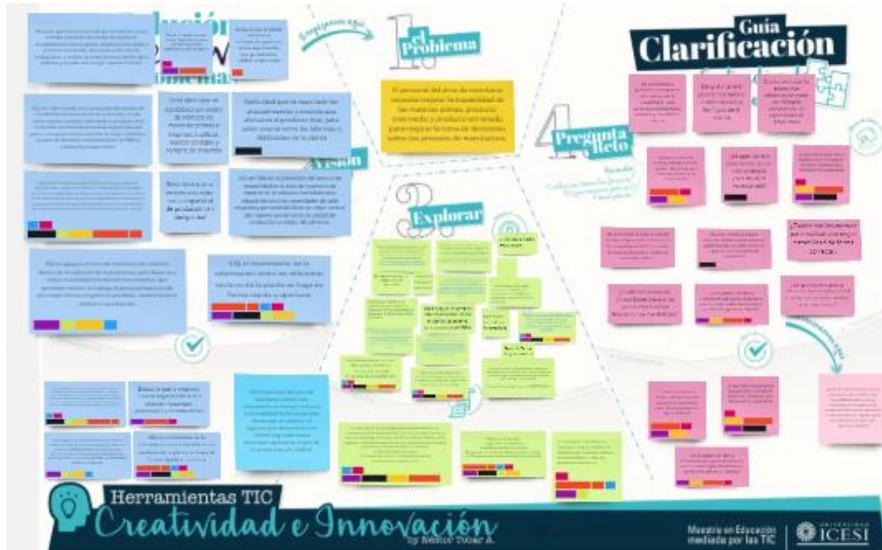
Se estudia cada uno de los problemas propuestos sobre el tema a tratar en el proceso de empatizar, para realizar un consenso entre los participantes y verificar que problemática y soluciones se adaptan a las necesidades de la idea principal (Propuesta Metodológica en el inventario) permitiendo el desarrollo del proyecto. Para ello se tiene en cuenta el problema, su necesidad y el porqué de esta. Cada integrante del grupo aporta ideas sobre ello utilizando el pensamiento convergente [6].

Se realiza la divergencia y se llega a la selección del siguiente problema:

El personal del área de inventario necesita mejorar la trazabilidad de las materias primas, producto intermedio y producto terminado para mejorar la toma de decisiones sobre sus procesos de manufactura.

Sobre el problema escogido se realiza el tablero de clasificación (Figura 9) donde se plasman ideas en torno al problema sobre: la visión a lo que se espera llegar, la exploración del problema en otros contextos y la realización de preguntas reto.

Figura 9 Tablero Guía de Clasificación



Fuente Plataforma MIRO

Al realizar la convergencia se llega al siguiente resultado:

Se deberá seleccionar los datos necesarios para realizar una trazabilidad optima de los materiales en tiempo real, y brindar la información apropiada al personal que lo requiera.

En la Figura 10 se puede observar como con este paso, se obtiene a partir de una problemática, una posible solución.

Figura 10 Proceso Definir



Fuente Plataforma MIRO

Visión:

Sería ideal que el personal del área de inventario contara con información en tiempo real para la trazabilidad de los materiales desde que se solicitan, se ingresan

y se despachan a los clientes logrando tomar decisiones oportunas en pro de la producción y la calidad.

Pregunta Reto (Pregunta problema):

¿Cuáles son las actividades más importantes dentro de los modelos propuestos del sistema de trazabilidad en la gestión del inventario basado en estándares a ser implementadas en un entorno de transformación digital?

Ahora, será necesario enfocarse en un solo punto, y a partir de las ideas y problemáticas anteriormente propuestas, validar lo que se pretende obtener, para ello se desarrolla el siguiente paso.

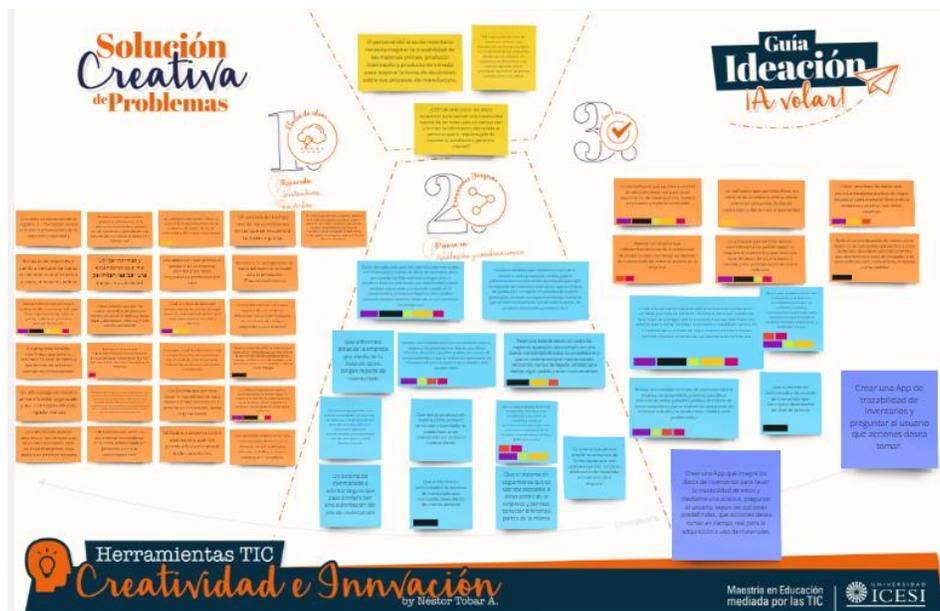
Diseño Preliminar

2.3. Design Thinking – Idear

En la etapa de idear (Figura 11) se tiene en cuenta todas las posibles soluciones enfocadas en la visión propuesta, se plasman muchas ideas que ayudan a tener un mejor panorama de posibles recursos que tenemos al desarrollo del problema.

A continuación, se muestra el tablero elaborado.

Figura 11 Tablero Guía de Ideación



Fuente Plataforma MIRO

Aplicando la convergencia se llega a la selección de:

Crear un prototipo de App de inventario en el ámbito digital.

Enfoque:

Crear una App que integre los datos de inventarios para llevar la trazabilidad de estos y mediante un análisis, preguntar al usuario, según las opciones predefinidas, que acciones desea tomar en tiempo real para la adquisición o uso de materiales.

También se hace necesario definir el objetivo general y los objetivos específicos para darle cumplimiento a la solución planteada, para ello se hace necesario que el enfoque de los objetivos permita realizar un proyecto investigativo, y de igual manera cumplir con los requerimientos propuestos por el grupo de trabajo (Universidad del Cauca – Omnicon). Una vez definidos obtenemos tanto el objetivo general, como los objetivos específicos expuestos anteriormente.

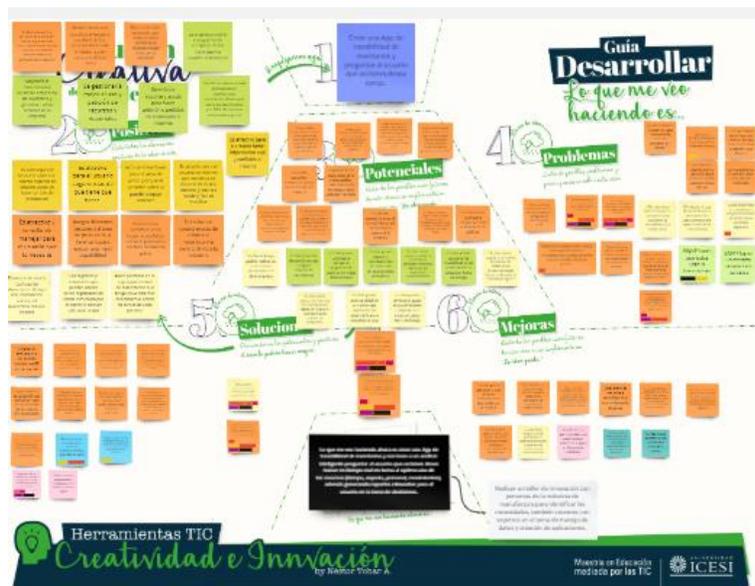
Las tres primeras etapas comprenden la preparación, construcción o formulación del problema. Esto se realiza aclarando la percepción del problema recabando información y reformulando el problema.

Teniendo claro lo que se pretende desarrollar, se requiere hacer el estudio pertinente de los requerimientos necesarios en el desarrollo de lo planeado, ejecutado en la siguiente etapa.

2.4. Design Thinking – Planeación (Prototipar)

Con lo anteriormente propuesto, se realiza la etapa de Planeación (Figura 12) una de las etapas más importantes, donde se proponen posibles soluciones, retos, mejoras al futuro y problemática que se pueda encontrar en el transcurso del desarrollo.

Figura 12 Tablero Guía de Planeación (Desarrollo)



Fuente Plataforma MIRO

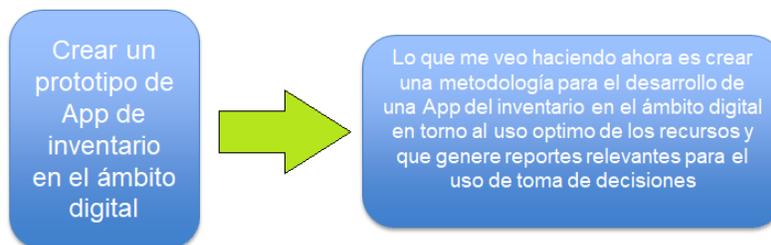
Después de realizar la etapa de convergencia se llega a un acuerdo grupal para:

La creación de una App de trazabilidad del inventario, y con base a un análisis inteligente preguntar al usuario que acciones desea tomar en tiempo real en torno al óptimo uso de los recursos (tiempo, espacio, personal, movimientos), además generando reportes relevantes para el usuario en la toma de decisiones.

Para darle solución a lo anterior, es necesario proponer ideas para realizar el proceso de trazabilidad en el aplicativo digital a desarrollar ver Figura 13, con lo que se llega a la necesidad de:

Realizar una metodología para el desarrollo de una App del inventario en el ámbito digital en torno al uso óptimo de los recursos y que genere reportes relevantes para el uso de toma de decisiones

Figura 13 Solución planeación



Fuente Plataforma MIRO

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

- Datos necesarios del área de inventario en la industria manufacturera al igual que los requerimientos para la ejecución de una aplicación digital, que permitan realizar una mejor metodología del área de inventario y el desarrollo del prototipo. Esta investigación la podemos encontrar en los capítulos 1 y 2 del presente trabajo y en los Anexos B y C.
- El estudio de herramientas de notación gráfica útiles para ejecutar los diferentes diagramas de alto nivel que permitan realizar la interpretación de la metodología del inventario, 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: (Unified Modeling Language) Se utiliza para definir un sistema, para detallar los artefactos en el sistema y para documentar y construir. Es el lenguaje de modelado de sistemas de software más conocido y utilizado actualmente. Enfocado en un entorno gráfico

para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema. UML ofrece un estándar para describir un "plano" del sistema (modelo), incluyendo aspectos conceptuales tales como procesos, funciones del sistema, y aspectos concretos como expresiones de lenguajes de programación.

IDEF0: (Integration Definition for Function Modeling) es un método que permite modelar decisiones, acciones y actividades de una organización o sistema, en el presente trabajo se tendrá en cuenta para realizar la implementación de actividades necesarias en la ejecución de la metodología, y saber que recursos, entradas y controles son necesarios para su ejecución, y que salidas podemos obtener para realizar la conexión con las demás actividades si se requiere.

2.4.2. Diagramas Dinámicos:

BPMN: Es una notación gráfica estandarizada que permite representar una secuencia de actividades que conforman los procesos de negocio de una organización y de toda la información que fluyen entre las demás actividades y quienes interceden. En el presente trabajo se le da uso para realizar la interpretación del flujo de secuencias que requiere cada actividad dentro del inventario.

- Es necesario hacer uso del estándar ISA 95 para realizar una mejor ejecución de la metodología enfocado en el inventario, como lo son: las actividades, funciones, subfunciones y uniones entre ellas y entre actividades de las diferentes áreas que requieran del proceso de inventario como lo es mantenimiento, producción, ventas, etc. Es importante tener en cuenta que se trabaja con el estándar ISA 95.003 debido a que es el encargado de la definición y ejecución del arte de inventario, a continuación, se extrae alguna de la información recolectada importante en el desarrollo del trabajo, para más información dirigirse al Anexo B.

Se hace necesario estudiar los flujos de información que brinda el estándar ISA 95.003 con relación a inventario proporcionados por [62]. A continuación, se presentan las diferentes tablas que brindan las conexiones necesarias dentro del proceso de inventario, es necesario tener presente que al tratarse de un trabajo enfocado en la industria IoT, el manejo de información se realiza netamente digital, donde se ejecutan recolecciones de información, solicitudes, envíos de peticiones y respuestas, entre otras. En la Tabla 1, se aprecian los flujos de información y su contenido entre interfaces o áreas necesarias para el funcionamiento apropiado del plan de inventario. En el internet de las cosas (IoT) la implementación de una buena comunicación entre objetos es fundamental, ayudando a prevenir los riesgos laborales y la pérdida de productos.

Tabla 2 Flujos y contenido de información de las actividades de administración de operaciones de inventario

Flujo dentro de la interfaz	Contenido de datos
Administración Recibe de Nivel MES	Definición del área de inventario

<p>ón de las definiciones de inventario</p>	Envía a		<p>Definiciones de indicadores de rendimiento KPI's asociados con calidad de inventario</p> <p>Definición dentro del área de inventario</p> <p>Nuevas definiciones de inventario (Cambiante)</p> <p>Modificación de las definiciones dentro del área de inventario a actualizar</p>
	Envía a	Administración de recursos de inventario	Definiciones estipuladas para inventario y las nuevas definiciones para actualizar
	Envía a	Despacho de inventario	Reglas y restricciones para proceder en el almacenamiento, se valida los recursos necesarios para llevar a cabo una orden de trabajo
			Ruta detallada de inventario donde se indica el movimiento de material
			Actualización de Normatividad, restricciones e instrucciones de almacenamiento, así como de la ruta detallada de inventario
	Recibe de	Administración de ejecución de inventario	Instrucciones y restricciones para el proceso de almacenamiento
			Ruta detallada de inventario donde se debe indicar el movimiento de cada material
			Actualización de instrucciones, restricciones de almacenamiento y la ruta dentro del proceso de inventario
	Envía a	Análisis de inventario	Instrucciones y restricciones dentro del área de inventario
			Ruta detallada de inventario, indica movimiento para análisis de inventario
		Actualización de instrucciones, restricciones y rutas detalladas de inventario dentro del análisis	
Recibe de		Indicadores de inventario	
Recibe de	Análisis de calidad	Resultados del análisis de pruebas de calidad	
Envía a	Nivel de Campo, Nivel de Control	Criterios de transferencia de material donde se verifican los movimientos, instrucciones y restricciones dentro del proceso de almacenamiento	

Fuente propia

A continuación, se expone los diferentes procesos en la Tabla 3. Los flujos de información que interactúan entre ellos, representados en la Figura 4 y suministrados por ISA 95.003, se clasifica para sustentar en el presente documento los necesarios para el desarrollo de la

metodología por su relación con el proceso de inventario en la Tabla 2.

Tabla 3 Procesos de información

FLUJOS DE INFORMACIÓN	
ITEM	PROCESO
1.0	Procesamiento de Ordenes
2.0	Programación de la Producción
3.0	Control de la Producción
4.0	Control de Material
5.0	Adquisición
6.0	Aseguramiento de la Calidad
7.0	Control de Inventario
8.0	Contabilidad Costo de Producto
9.0	Administración Envío de producto
10.0	Administración de mantenimiento

Fuente propia

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

Por lo tanto, es muy importante el estudio de estas, su buena y efectiva relación para que así se logre el cumplimiento de los objetivos logrando el éxito en términos de crecimiento, rentabilidad y sostenibilidad como se puede observar en el caso [11] donde se realiza un estudio que ayuda a mejorar el flujo de información de la cadena de abastecimiento, dando como resultado la creación y actualización de informes en el área de estudio, con una distribución de información más efectiva en el ámbito digital.

- Se hace necesario conocer que herramienta digital se requiere para la ejecución del prototipo, en este punto se tiene ayuda de ingenieros de desarrollo de aplicaciones de la empresa Omnicon, quienes proponen según su experiencia en el campo, el posible uso de dos herramientas digitales para validar la implementación del prototipo. Para validar la utilidad de cada una y poder escoger la más apropiada y que se adapte a lo necesitado, se realiza la siguiente investigación:

2.4.3. Software de implementación

Para la implementación de la metodología enfocada en el área de inventario, 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 un software que permiten dicha ejecución y desarrollo; se trata de las plataformas ThingWorx e Ignition, debido a que permiten cumplir con características deseables en la industria manufacturera y el entorno IoT, (para consultar dichas características consultar Anexo F).

Posteriormente, se realiza una investigación sobre cada una de las plataformas anteriormente nombradas, en donde se extraen características de cada una de ellas para validar su funcionalidad y ver cuál de las dos se adapta más a lo que se necesita en el desarrollo de la metodología del inventario. Se realiza una tabla comparativa de dichas plataformas (Ver Tabla 4). Para consultar tabla completa de comparación de las herramientas en cuestión, diríjase al Anexo F.

Tabla 4 Comparativo ThingWorx - Ignition

Característica	ThingWorx	Ignition
Software	Software para ejecución y almacenamiento en la nube y por medio de aplicativo descargable que brindan continuidad en el trabajo	Software para descargar y realizar trabajos y aplicativos bajo software instalado en servidor
Licencia	Licencia paga, para obtener beneficios en la ejecución, cuenta con dos versiones DEMO de 30 y 90 días, una para investigación y familiarización con la plataforma, trabajada netamente en la nube, la segunda descargable para desarrollo de aplicativos.	Licencia paga, para obtener beneficios en la ejecución, cuenta con una versión DEMO de 90 días, dentro de los cuales se puede trabajar 4 horas diarias distribuidas en lapsos de 5 horas.
Interfaz	Brinda herramientas como widgets para el control y manejo de una variable, interfaz Android, modificable a gusto del usuario, compatible con Java, Gitlab, entre otros que permiten adaptar interfaces desarrolladas en lenguajes de programación diferentes.	Interfaz tipo SCADA. Cuenta con recursos propios, poco modificable para el desarrollo de interfaz.

Fuente propia

Al finalizar la investigación, se opta por la utilización del software ThingWorx, debido a La funcionalidad que brinda. Para consultar la investigación completa de la herramienta ThingWorx diríjase al Anexo F.

2.4.4. Planeación por actividades

En esta etapa se propone una ruta de trabajo para la realización del proyecto (Figura 14).

Ya definiendo la idea a abordar se realiza una planeación a corto, mediano y largo plazo (Figura 15) la cual podemos ver a continuación:

Figura 14 Ruta de desarrollo propuesta



Fuente Plataforma MIRO

Se ejecuta la etapa de convergencia con personal a cargo del proyecto y se realiza la propuesta a desarrollar (Figura 15), esta es un poco más centrada, con actividades puntuales, responsables y fechas de entrega que empezaran desde la investigación pertinente, hasta la entrega que se realiza del proyecto a la universidad para su validación.

Figura 15 Ruta de desarrollo.

	Actividad	Responsable	Fecha	Reportar ante	Entregables
Corto plazo	Definir el proceso de Solución Creativa de Problemas utilizando Design Thinking para la generación de ideas para proyectos académicos.	Manuel Valenzuela / Juan David Pipicano	Semana 1	Oscar Rojas / Ana M. Rodríguez	Documento sobre el proceso desarrollado
	Realizar la investigación y contextualización para profundizar sobre los estudiantes y docentes para mejorar la funcionalidad del mismo.	Manuel Valenzuela / Juan David Pipicano	Semana 2 - Semana 3	Oscar Rojas / Ana M. Rodríguez	Documento de la investigación. (Referencias)
	Generar un modelo estructural y funcional, teniendo en cuenta los flujos de información en una herramienta (GSD, WIREFLOW, redes de pines o BPM).	Manuel Valenzuela / Juan David Pipicano	Semana 4 - Semana 7	Oscar Rojas / Ana M. Rodríguez	Diagramas de modelos estructurales
	Realizar una revisión tecnológica de las herramientas para identificar su uso según la funcionalidad del mismo.	Manuel Valenzuela / Juan David Pipicano	Semana 8 - Semana 9	Oscar Rojas / Ana M. Rodríguez	Reporte de tecnologías existentes y disponibles.
Mediano plazo	Socializar y validar el proyecto con respecto a las tecnologías existentes en el mercado.	Manuel Valenzuela / Juan David Pipicano	Semana 10	Oscar Rojas / Ana M. Rodríguez	Anteproyecto
	Desarrollar el anteproyecto bajo los lineamientos definidos por la universidad.	Manuel Valenzuela / Juan David Pipicano	Semana 11 - Semana 13	Oscar Rojas / Comité del Programa	
	Ajustar el anteproyecto según las recomendaciones del comité del programa.	Manuel Valenzuela / Juan David Pipicano	Semana 14	Oscar Rojas / Ana M. Rodríguez	
Largo plazo	Validar el método usado para una posible implementación en las herramientas tecnológicas identificadas.	Manuel Valenzuela / Juan David Pipicano	Semana 15 - Semana 16	Oscar Rojas / Ana M. Rodríguez	Diagrama de la Arquitectura del Sistema
	Definir los componentes de software y hardware necesarios mediante un diagrama de arquitectura del sistema.	Manuel Valenzuela / Juan David Pipicano	Semana 16 - Semana 19	Oscar Rojas / Ana M. Rodríguez	Guías y herramientas del método desarrollado.
	Realizar un método para su aplicación en un caso de estudio.	Manuel Valenzuela / Juan David Pipicano	Semana 20 - Semana 21	Oscar Rojas / Ana M. Rodríguez	Resultado de las pruebas y validación de los usuarios.
	Ajustar método según pruebas con usuarios finales.	Manuel Valenzuela / Juan David Pipicano	Semana 22	Oscar Rojas / Ana M. Rodríguez	Producto final de los guías y herramientas del método desarrollado.
	Recopilar información para validar la funcionalidad.	Manuel Valenzuela / Juan David Pipicano	Semana 22	Oscar Rojas / Ana M. Rodríguez	

Fuente Plataforma MIRO

Una vez realizada la planeación y teniendo claro cada una de las actividades necesarias, se procede con la ejecución de lo necesario para el desarrollo tanto de la metodología del

inventario en la industria manufacturera, como del prototipo de aplicativo en la herramienta ThingWorx; para ello, en el siguiente capítulo se desarrollan las actividades anteriormente propuestas por medio del último paso propuesto por la metodología Design Thinking que hace referencia a la etapa de ejecutar.

Capítulo III.

Implementación

3. Design Thinking – Ejecutar (Testear)

Cumplido el proceso creativo desarrollado en el capítulo 2, en donde se obtienen actividades a ejecutar y una investigación a fondo de lo requerido para ejecutar cada una de estas, se procede a desarrollar las actividades necesarias para la implementación de la metodología. Para ello, se realizan tres pasos en donde se le da cumplimiento a cada uno de los objetivos planteados y culminar con lo planteado en el proyecto.

3.1. Design Thinking – Ejecutar – Arquitectura del prototipo del sistema de trazabilidad.

El propósito principal de este punto es la creación de una arquitectura enfocada en la trazabilidad en el área de inventario, basada en los estándares de la ISA 95.003 que permita conocer las actividades, funciones y subfunciones necesarias para la ejecución de la metodología del inventario; de igual manera que permita realizar 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 inventario como lo es Mantenimiento, producción, etc.

A continuación, se presentan una serie de tablas desarrolladas a partir de los estándares de la ISA estudiados en el capítulo 1, Anexo B, etapa de definir, e investigaciones referentes a las necesidades principales dentro del inventario para ejecutar aplicativos digitales, que permitan llevar una trazabilidad óptima de los recursos estudiados en el Capítulo 1 y en el Anexo C del presente proyecto. Una vez definido lo necesario, se obtiene lo siguiente:

3.2. Análisis de inventario

Se define el conjunto de actividades que analizan la eficiencia de inventario y los recursos utilizados para mejorar los procesos realizados y el uso óptimo de los activos de la empresa. El análisis de inventario también incluye análisis de trazabilidad de recursos, información sobre calidad de materiales, evaluación de proveedores, entre otros.

Con base en los estándares ISA 95 en su parte 3 se realiza un estudio del flujo de información entre procesos que se encuentran en el sistema de inventario. A continuación, se exponen 2 de las diferentes funciones de inventario en la Tabla 5, para consultar la tabla completa diríjase al Anexo C.

Tabla 5 Flujos de información.

FLUJO DE INFORMACIÓN

FUNCIÓN	OBJETIVO	CONEXIÓN	
		DESDE	HACIA
Producción del Plan	Resultados de producción actuales y completados. Incluye información sobre qué fue hecho, cuanto, cómo y cuándo se hizo.	3.0	2.0.
Capacidad de producción	de Capacidad involucrada, disponible e inalcanzable de producción. Incluye materiales, equipos, mano de obra y energía.	3.0	2.0

Fuente propia

Se realiza un análisis sobre los flujos para seleccionar adecuadamente cuales guardan relación con las actividades de Inventario

Teniendo en cuenta las diferentes actividades que se llevan a cabo dentro de cada función del modelo propuestas en el estándar ISA 95.003, se estructuró la Tabla 6; en ella se han codificado las funciones y subfunciones para tener mayor claridad en el proceso de análisis de estas. Para consultar el resultado final de esta tabla remitirse al Anexo C.

Tabla 6 Actividades de Administración de Operaciones de Inventario.

Flujo dentro de la interfaz		Contenido de datos	
Procesamiento de Ordenes de trabajo	Recibe de	Administración de recursos de inventario	Validar disponibilidad de recursos
	Recibe de	Control de inventario del producto	Inventario de productos terminados
	Recibe de	Nivel de integración y gestión	Ordenes de reserva y renunciaciones de productos terminados y/o recursos
	Envía a		Aprobación y rechazo de ordenes solicitadas por el consumidor
	Envía a	Administración de	Reserva y renuncia en solicitud de recursos y/o productos terminados

	definición de inventario	
Envía a	Programación detallada de inventario	Reserva y renuncia en solicitud de recursos y/o productos terminados

Fuente propia

Todas las funciones y subfunciones del modelo fueron clasificadas dentro de los ámbitos funcionales (Anexo C) y en algunos casos se requiere hacer algunas aclaraciones sobre el análisis y/o los criterios que se tuvieron en cuenta para dicha clasificación.

3.3. información para las actividades Modelo AOI

Dentro del modelo de Actividades de Administración de Operaciones de Inventario, se pueden definir flujos de información e interfaces entre las diferentes funciones que lo componen. El modelo AOI, permite estructurar las actividades orientadas al movimiento y almacenamiento de material y el Modelo de Flujo de Datos Funcional brinda la información referente a la recepción de material, manejo de productos, administración de envío de producto, entre otros; así como también permite ver algunas relaciones importantes con otras áreas de la empresa.

La agrupación de las actividades de ambos modelos proporciona la posibilidad de estructurarlas de forma más cooperativa y establecer cómo Inventario puede participar en el cumplimiento de objetivos más generales dentro de la organización como es el caso de la programación y el cumplimiento del programa de producción.

Como resultado de tener la unión de los dos modelos, surgen nuevas relaciones a través de los flujos de información entre las funciones del Modelo de Flujo de Datos Funcional y las del AOI.

A continuación, se incluye la Tabla 7 y Tabla 8 que contiene las relaciones para los flujos del modelo AOI, con esta relación del flujo de información se trabaja en la ejecución del modelo estructural de inventario. Para consultar la tabla completa remítase al Anexo C.

Tabla 7 Definición de los nuevos flujos para las funciones del AOI, Administración de Definiciones de Inventario y Administración de Recursos de Inventario

Flujo dentro de la interfaz		Contenido de datos	
Administración de las definiciones de inventario	Recibe de	Programación de la producción	Capacidad necesaria, recursos necesarios
	Recibe de	Aseguramiento de la calidad	Normatividad del producto a validar dentro del inventario
	Recibe de	Procesamiento	Recibimiento de reservas y renunciaciones de

Recibe de	o de ordenes Nivel 4	recursos y/o productos terminados Normatividades relacionadas a las operaciones de inventario, y necesarias en dicho proceso junto con la solicitud de transporte de material.
-----------	-------------------------	---

Fuente propia

Tabla 8. Flujos de información del modelo de inventario

Programación detallada de inventario	Recibe de	Control de la producción	Capacidad disponible
	Recibe de	Administración de recursos de inventario	Cantidad de recursos dentro de inventario
	Envía a	Aseguramiento de la calidad	Programas de verificación dentro de inventario
Despacho del inventario	Recibe de	Procesamiento de ordenes	Recibimiento de reservas y renunciaciones de recursos y/o productos terminados
	Recibe de	Adquisición	Estudio de trazabilidad de las compras
	Envía a	Control de materia y energía	Ejecución de inventarios y transportes para actividades de producción; solicitud de orden de preparación, salida y almacenamiento de material
	Envía a	Control de inventario del producto	Generación de orden de embalaje, preparación y salida del almacén, activación de transporte de producto terminado.
	Envía a	Administración de despacho de producto	Validación de orden activación de transporte

Fuente propia

El flujo de información relacionado con solicitud de transporte es recibido por la actividad Administración de Definiciones de Inventario, quien después de realizar el análisis correspondiente la puede incluir dentro de las definiciones necesarias para realizar el programa detallado de inventario. Desde Administración de Definiciones de Inventario, se reciben órdenes generales de inventario que posteriormente son enviadas por parte de despacho como órdenes específicas en las listas de despacho.

Para obtener los Balances y pérdidas de producto se recolecta la información pertinente por parte de Recolección de Datos de Inventario quien la envía a Análisis de Inventario que es quien finalmente la analiza y envía los datos requeridos. El flujo de información Activación de transporte que se envía desde Despacho de Inventario hacia funciones como Control de Material y Energía y Administración de Envío del Producto incluye el transporte que se puede llevar a cabo con productos terminado, actividades orientadas a producción en las que

se emplean materiales o herramientas del área de inventario.

En las tablas de los diferentes flujos de información y de las funciones y subfunciones respectivas, se relacionan actividades del área de calidad, estas son nombradas de forma distinta en cada tabla, por ejemplo, se encuentra la función Aseguramiento de la calidad, también se presenta un flujo de información entre ciertas actividades del AOI y Seguimiento de la calidad o Análisis de Inventario. Teniendo en cuenta que el uso de estas puede ser confuso, se aclara que el Aseguramiento de la calidad está orientado a todas aquellas actividades desarrolladas en piso planta de Inventario, Producción, Mantenimiento o Calidad, con las que se vela porque el producto obtenido siga los estándares establecidos. Entre tanto el Seguimiento de la calidad y el Análisis de calidad se centran en las actividades de manejo y transferencia de materiales dentro de Inventario. Lo anterior indica que estas últimas áreas pueden estar inmersas en la primera.

Con lo anterior, se le da cumplimiento al primer objetivo de diseñar la arquitectura del prototipo de un sistema de trazabilidad para la gestión de inventario ejecutable en un entorno de Transformación Digital, que funcione como guía para el desarrollo de diagramas que representen el proceso del inventario en la industria manufacturera.

3.4. Design Thinking – Ejecutar – Modelado de inventario en notación gráfica.

Es necesario realizar la implementación de los modelos en notación gráfica de alto nivel para el entendimiento de quien lo requiera, 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 para ello.

3.4.1. Modelado de inventario estructural.

El modelado estructural, permite describir los componentes de un sistema y las relaciones estáticas entre ellos. Existen diferentes metodologías y herramientas para el desarrollo de modelos estructurales, una de ellas es UML (lenguaje unificado de modelado) con la cual se pueden modelar aspectos conceptuales tales como procesos de negocio, funciones del sistema, esquemas de bases de datos, etc.

El UML, soporta un conjunto rico en elementos de notación gráfica. Describe la notación para clases, componentes, nodos, actividades, flujos de trabajo, casos de uso, objetos, estados y cómo modelar la relación entre esos elementos. Esta herramienta provee beneficios significativos para los ingenieros y las organizaciones al ayudarles a construir modelos rigurosos, trazables y mantenibles, que soporten el ciclo de vida de desarrollo de software completo [54].

Para complementar la definición del modelado estructural a partir de UML, se han

considerado nuevos apartes del estándar ISA 95, dado que estos brindan mayor profundidad en la definición del desarrollo de las actividades de administración de operaciones de inventario.

De la parte 4 del estándar ISA 95, se extrae información con la cual se realiza la Figura 16, esta muestra parte de la información intercambiada entre las actividades de manufactura del nivel tres. Se muestran los principales flujos de información de forma general, que permiten identificar como producción, mantenimiento, calidad e inventario se relacionan entre sí. Posteriormente, se realizó el diagrama de secuencias (Figura 17) correspondiente, donde se observa la interacción entre inventario y los diferentes componentes (departamentos) de las operaciones de manufactura.

Figura 16. Principales interacciones entre los 4 componentes de operaciones de manufactura

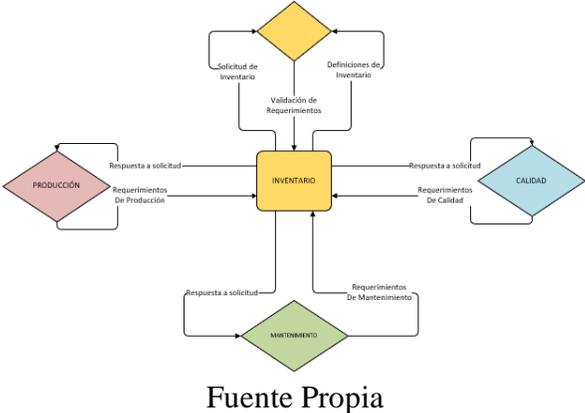
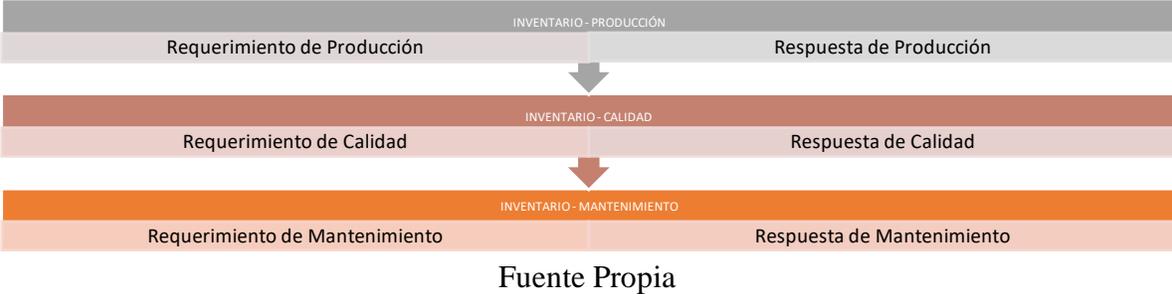


Figura 17. Diagrama de secuencia de operaciones de manufactura



3.4.1.1. Diagramas de Clases del sistema de inventario

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.

La importancia de tener una claridad al momento de desarrollar dichas clases se hace necesario, debido a que deberá representar como tal el objeto, o acción que se ejecuta y así conseguir que el software sea confiable, que no tenga modificaciones en pleno desarrollo, y lo más importante, que sea reusable, y en este caso que sirva como tal para el sistema de inventario, pero que pueda ser utilizado en un futuro como entidad de los demás procesos que la empresa maneja [55].

A continuación, se describen las clases más importantes para ejecutar el desarrollo de la metodología y la realización de los diagramas en UML en el proceso de inventario. Para consultar la totalidad de clases realizadas en el desarrollo de los diagramas consultar el Anexo D.

Dentro de los modelos de Objetos se encuentran 3 muy importantes (Tabla 9):

Tabla 9. Modelos de objetos.

RECURSO	PROPIEDAD
Material	Recursos de material manejados por producción: Materiales, Clases, Lotes, Pruebas de Calidad de materiales.
Personal	Recursos de personal manejados por producción Personas, clases, pruebas de clasificación.
Equipo	Recursos de equipo manejados por producción Equipos, clases, pruebas de capacidad.

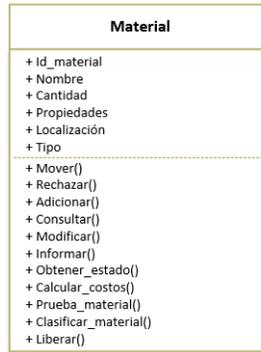
Fuente propia.

3.4.1.1.1. Modelo de Material

Dentro de la clase de material, se realiza la descripción de cada recurso y se le asigna un ID para su identificación. En esta también se asigna información necesaria como cantidad, estado, etc. Esa identificación, es necesaria para el manejo y entendimiento del recurso dentro de inventario [55].

Se elabora la entidad de Material, en donde se extraen las características deseables y necesarias según el estándar ISA, que permitan cumplir con el objetivo de la metodología propuesta. Se desarrolla la clase Material utilizada para la ejecución del presente trabajo y presentada a continuación Figura 18.

Figura 18. Entidad Material.



Fuente Propia

3.4.1.1.2. Modelo de Equipo

Para realizar la identificación del modelo de equipo, se tiene que realizar un informe de stock de todos los equipos que se tienen en la industria, manejando una base de datos en donde se verifica su disponibilidad, ubicación, estado y demás características necesarias para su identificación.

Se elabora la entidad de Equipo (Figura 19), en donde se extraen las características deseables y necesarias según el estándar ISA, que permitan cumplir con el objetivo de la metodología propuesta.

Figura 19. Entidad Equipo.



Fuente Propia.

3.4.1.1.3. Modelo de Personal

La descripción y manejo apropiado del recurso personal, es uno de los más importantes y necesarios de la 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. Otro factor importante es su capacidad, para ello es necesario tener actualizada una buena hoja de vida de cada uno, capacitaciones necesarias y habilidades que le brinda a la organización para llevar un mejor control en la ejecución de tareas [55]. Para realizar la instancia del modelo de personal se propone llevar a cabo los siguientes pasos:

Se elabora la entidad de Personal (Figura 20), en donde se extraen las características deseables y necesarias según el estándar ISA, que permitan cumplir con el objetivo de la metodología propuesta.

Figura 20. Entidad Personal.



Fuente propia.

3.4.1.2. Diagrama UML para la representación del área de inventario

La finalidad de los diagramas, es presentar las diferentes actividades propuestas en el área de inventario, a las cuales se les conoce como modelos o representación simplificada de la realidad, estos describen lo que realizara, pero no dice el cómo se implementa dicho sistema.

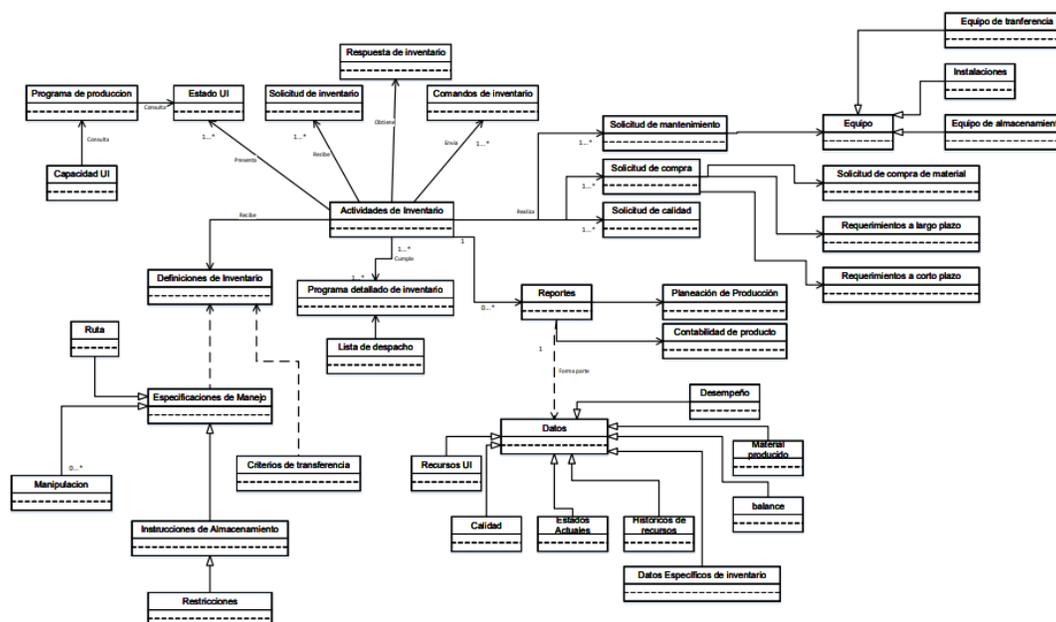
Utilizando la herramienta UML, se realiza un modelo estructural que representa operaciones dentro del proceso de Inventario, el diagrama de clases permite representar las diferentes partes organizacionales en forma general y el cómo estas guardan relaciones entre sí, lo necesario para cumplir con las diferentes actividades que requiere el área de inventario, así como de las actividades necesarias, el uso y verificación de cada uno de los recursos, entre otras actividades.

3.4.1.2.1. UML Información Unidad de Inventario

A continuación, en la Figura 21 se sustenta la representación final en diagrama UML del área de inventario, se llega a la conclusión que cada uno de los puntos tratados en el UML son los más importantes y necesarios para plasmarlos en un aplicativo IoT y llegar a un buen desarrollo.

En el diagrama, se observa que inventario debe cumplir órdenes generadas dentro de sí mismo, las cuales se realizan gracias a sus diferentes actividades o métodos de ejecución, dentro de las cuales se abarca actividades de Administración de Operaciones de Inventario. Dichas acciones, permiten el manejo y manipulación de los diferentes recursos que maneja la organización, el control de calidad y la transferencia de los materiales, de productos en proceso y productos terminados; así como también el mantenimiento sea preventivo o correctivo de maquinaria y equipos empleados dentro del área de inventario.

Figura 21. Diagrama Unidad de Inventario.



Fuente propia.

Las actividades de inventario intercambian información entre sí y también envían información hacia el nivel de negocio y hacia los niveles de piso planta, cada una de estas actividades se rige por necesidades y normas colocadas por la misma organización, las diferentes actividades se realizan dentro de la unidad de inventario y para su beneficio. De igual manera, se realizan actividades que en conjunto con los diferentes procesos de la empresa traen un beneficio a la misma y requieren de la intervención de inventario para su ejecución.

La clase datos, representa todos los datos que se manejan en inventario para dar cumplimiento a sus actividades, entre los cuales se identificaron: datos del desempeño de la Unidad de Inventario, datos de calidad, de estados actuales, material consumido, material producido, datos específicos de inventario, balances, e históricos como los de recursos.

Estos datos son necesarios para realizar los distintos reportes que brinda el proceso de inventario. Dichos reportes se logran a través de la clase con su mismo nombre, en donde se maneja información que ocurre entre cada una de las actividades de inventario, dicha información puede ser solicitada o requerida por las diferentes actividades con las que inventario tiene conexión, como por ejemplo el área de mantenimiento, que lo requiere para realizar sus actividades y poder alterar el estado de disponibilidad del recurso, mantenimiento se lleva a cabo sobre equipos, pruebas de calidad o incluso solicitudes de compra cuando no hay suficientes materiales o según los requerimientos de largo o corto plazo.

En la planeación de la producción para realizar la ejecución de ordenes de manufactura y en contabilidad para el recuento del valor que tiene inventario dentro de la empresa, se tienen reportes de capacidad, de material consumido y producido, reportes de stock de productos terminados, despacho, de estados actuales, de costos, etc.

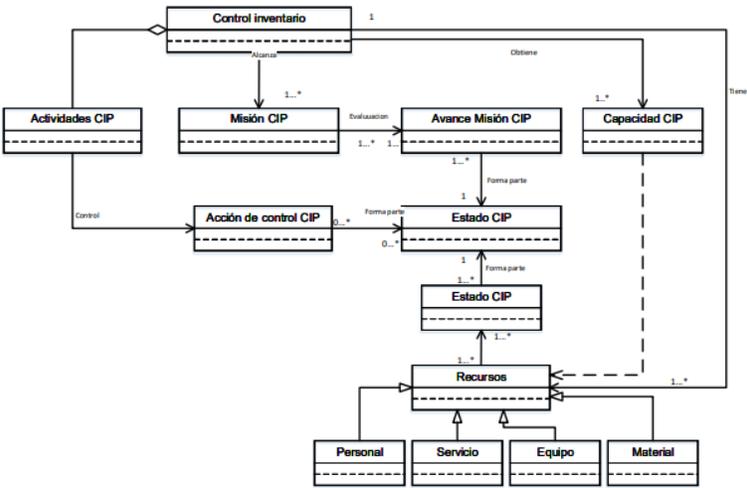
La unidad de inventario cumple con un programa detallado, se reciben solicitudes de inventario del nivel de negocio, se envían comandos de inventario a los niveles de control y supervisión, y se obtienen respuestas de estos niveles cuando inventario requiere información del nivel de proceso y equipos relacionada con inventario.

3.4.1.2.2. Actividades de la unidad de inventario UML

La Figura 22, corresponde al diagrama de clases de las diferentes actividades de inventario, estas son actividades que se encuentran dentro del diagrama de la Ilustración 12, necesarios para entender cada una de estas, como las actividades de Administración de Operaciones de Inventario. El diagrama representa como tal a las diferentes actividades y las acciones que se encuentran en cada una de ellas. Este tipo de acciones, permitirá el manejo, control de calidad y transferencia de materiales y productos en proceso y terminados, de igual manera permitiendo asignaciones y mantenimientos de equipos y maquinaria empleados dentro del área de inventario.

Para llevar a cabo todas las actividades dentro del proceso de inventario, la unidad cuenta con recursos de servicios, personal, material y equipos; su capacidad depende de dichos recursos y el estado actual de los mismos, para así poder lograr la capacidad de los objetivos realizando el manejo y transferencia dentro de inventario. Dentro del diagrama, se expone la acción de supervisar y controlar mediante la representación de clases acción de control de inventario y el estado de los manejos respectivamente. En cada una de estas se hace necesario representar la misión que maneja dentro del control de inventario, sus actividades y acciones de control, estas son necesarias para representar dicha actividad y para realizar posibles mejoras con actualizaciones futuras.

Figura 22. Diagrama Unidad de Inventario.



Fuente propia.

Dentro de las actividades de inventario, se reciben las definiciones de inventario del nivel de

negocio, las especificaciones de manejo y criterios de transferencia dependen de estas definiciones. Las especificaciones de manejo pueden ser la ruta, que corresponde a la ruta detallada de inventario que indica el movimiento de inventarios, manipulación; que hace referencia a especificaciones especiales en el manejo de materiales (condiciones medioambientales, materiales tóxicos, material contaminante o peligroso, implementos de manipulación, etc.) y las instrucciones de almacenamiento.

3.4.1.2.3. Características para rescatar en los modelos estructurales en UML

Es importante que, al realizar los modelos de las actividades de Inventario en el ámbito digital, estos reflejen un comportamiento deseado y logren el cumplimiento de los requerimientos de la industria manufacturera. A continuación, se describen aspectos del análisis sobre los modelos realizados en los modelos UML.

Dentro de los modelos realizados en UML se encuentran las siguientes características:

- Auto similaridad: esta propiedad se aprecia claramente en los modelos de las funciones los cuales presentan una configuración similar a la Unidad de Inventario. Todos cuentan con características de control, la misión y el avance en la misión para la supervisión.
- Autonomía: se observa a cada unidad por separado siendo capaz de cumplir sus metas, monitoreando la ejecución de sus propios planes y generando la toma de correctivos en caso de un mal funcionamiento.
- Colaboración: Mediante el UML se aprecia esta propiedad. Esto se debe a que varias unidades comparten clases que permiten realizar diferentes métodos de manera colaborativa.

3.4.1.2 Modelado estructural mediante la implementación de IDEF0

Continuando con el desarrollo del modelado estructural dentro del área de inventario, debemos tener en cuenta que realizar el modelado de un proceso, “consiste en sintetizar las relaciones dinámicas que en él existen, probar sus premisas y poder predecir sus efectos [94]. Por otro lado, Modelar es desarrollar una descripción lo más exacta posible de un sistema y de sus actividades. Cuando un proceso es modelado con ayuda de una representación gráfica, (diagrama de proceso) pueden apreciarse con facilidad las interrelaciones existentes entre distintas actividades, analizar cada actividad, definir los puntos de contacto con otros procesos, así como identificar subprocesos comprendidos.

Una metodología muy eficaz para el modelado que permita reflejar los diferentes procesos que se desarrollan en una empresa de actividad compleja, es la de IDEF0. Esta es una metodología para representar de manera estructurada las actividades que conforman un sistema o empresa y los objetos o datos que soportan la interacción de esas actividades. Esta metodología permite modelar gráficamente sistemas con diferentes propósitos y a cualquier

nivel de detalle que se desee. De esta forma es posible realizar el modelado de las actividades que anteriormente fueron abordadas a través de diagramas UML.

A través de los diagramas obtenidos con la aplicación de IDEF0, es posible tener una mayor visión de los intercambios de información y material que se llevan a cabo dentro de las actividades de Inventario, para esto cabe señalar que son de gran ayuda las tablas obtenidas en el proceso de Ejecutar y que a partir de estas se obtienen los diferentes flujos a modelar.

A continuación, se sustentan 2 de los diagramas IDEF0 realizados para el proceso de inventario; en ellos se muestran las entradas, controles, recursos y salidas necesarios en cada uno de estos, para así realizar un buen manejo en el área de inventario y poder cumplir con los requerimientos solicitados por cada organización. Para consulta de todos los diagramas IDEF0 realizados para el proceso de inventario dirigirse al Anexo D.

3.4.1.2.1. Diagrama IDEF0 Verificación de Inventario

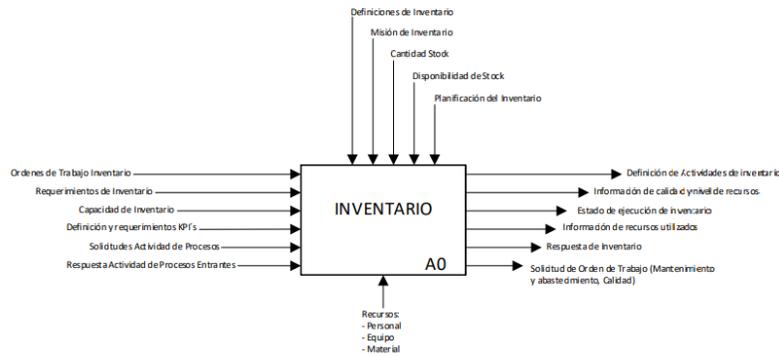
Es muy importante llevar a cabo un buen control del área de inventario, para ello se hace necesario el validar información que garantice el correcto funcionamiento del mismo, en el diagrama de verificación de inventario (ver Figura 23), se quiere plasmar como tal lo más importante que requiere esta área para ejecutar los planes de trabajo que maneja; para ello se hace necesario la entrada de Ordenes de Trabajo (OT) de las diferentes áreas que solicitan requerimientos de inventario para la ejecución de una actividad, de igual forma las OT de la misma área de inventario.

Para el cumplimiento de dichas OT, se hace necesario cumplir con requerimientos descritos por la misma organización, el cumplimiento de KPI's de la industria y corroborar la capacidad con la que cuenta inventario de almacenamiento. De esta manera, realizar una toma de decisión referente a las solicitudes realizadas al área de inventario. Para esto, se debe tener en cuenta algunos controles necesarios para cumplir con dichos requerimientos como lo son: la definición y misión de inventario, la cantidad de stock y disponibilidad de recursos dentro de almacén con el que se cuenta para dar cumplimiento a los requerimientos solicitados por las diferentes áreas, y la buena planificación de inventario.

Dichos controles son requerimientos directamente de cada empresa, y varía dependiendo de lo que se necesite. La información necesaria para extraer de inventario, se realiza para dar respuesta a los requerimientos solicitados en otras áreas, para llevar controles de estos y ejecutar otras actividades como lo es el área de finanzas, mantenimiento, inventario, entre otras. También se exponen datos de inventario como lo son el nivel de stock, calidad y ejecución de actividades de almacenamiento, esto para tener actualizado y a disposición de quien requiera información.

Los recursos con los que cuenta el área de inventario siempre serán los mismos (Personal, Equipo y Material); estos son necesarios para la ejecución y cumplimiento de actividades no solo de inventario, sino del resto de áreas de la empresa.

Figura 23. Validación del área de inventario IDEF0.



Fuente propia.

3.4.1.2.2. Diagrama IDEF0 Procesamiento de Ordenes de Inventario

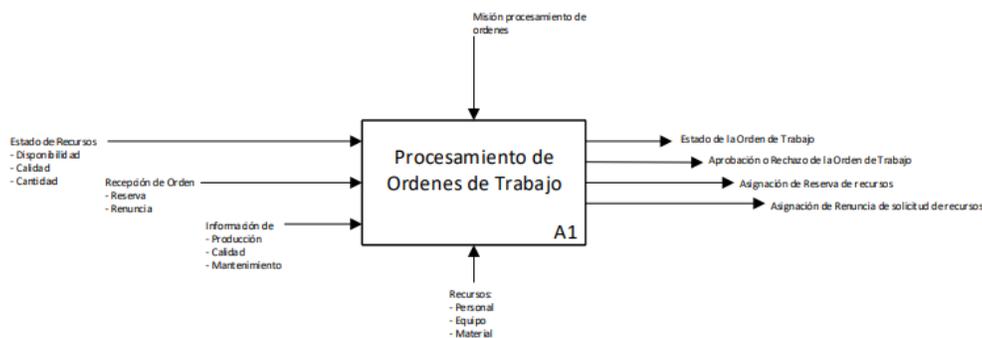
El procesamiento de órdenes de trabajo, (Figura 24) es una actividad fundamental para la ejecución de actividades de una empresa; es aquí donde se valida información de las ordenes ya sean de suministro en caso de otras áreas, o de adquisiciones futuras, venta y mantenimiento en el área de inventario, para esto se deberá tener estradas de información como lo es el estado y cantidad de los diferentes recursos con los que cuenta en bodega inventario y con los que maneja la empresa, se manejan dos tipos de ordenes: Reserva si de otro proceso se requiere adquirir algún recurso ubicado en inventario, o de Renuncia que cancela todo tipo de Orden solicitada anteriormente, para mantener siempre un informe detallado del stock manejado, inventario deberá tener conocimiento de áreas que afectan el stock de almacén como lo son:

- **Producción:** En esta se valida las reservas de recursos futuras y hacer un recuento de con que no se cuenta y con que sí, de igual manera en la finalización de una producción se requiere datos de productos realizados para así mismo modificar la cantidad de stock a la mano.
- **Calidad:** La verificación de productos entrantes, en proceso o de maquinaria es de suma importancia para inventario, debido a que se deberá manejar características confiables, evitando así daños o perturbaciones futuras por un recurso en mal estado o de mala calidad.
- **Mantenimiento:** Datos necesarios para que inventario brinde información a otras áreas, como lo es el estado de equipos y su disponibilidad, el uso de instalaciones, cuando se puede o no es posible por futuros mantenimientos.

Esta actividad brindara a las demás áreas o a quien lo requiera, información del estado de las Órdenes de Trabajo, de su aprobación o rechazo y de asignaciones de recursos para el cumplimiento de la actividad.

Los recursos son los mismos mencionados en el diagrama anterior, necesarios para el cumplimiento de cada actividad.

Figura 24. Procesamiento de Ordenes de Trabajo IDEF0.



Fuente propia.

3.4.1.2.3. Características para rescatar en los modelos estructurales en IDEF0

Es importante que, al realizar los modelos de las actividades de Inventario en el ámbito digital, estos reflejen un comportamiento deseado y logren el cumplimiento de los requerimientos de la industria manufacturera. A continuación, se describen aspectos del análisis sobre los modelos realizados en los modelos IDEF0.

Las propiedades más importantes que se pueden encontrar en estos modelos son:

- Colaboración: en los diagramas de observa como los niveles interactúan entre sí en el cumplimiento de los objetivos de Inventario.
- Reactividad: parte del “cumplimiento” (reflejo) de esta característica se percibe gracias a la inclusión de flujos:
 - Aviso de perturbaciones, con el cual cada unidad indica que han sucedido eventos anormales que ha podido resolver satisfactoriamente dando como resultado una comunicación de las fallas para el seguimiento de las operaciones de Inventario.
 - Perturbaciones, que permiten a la unidad informar situaciones anormales en las cuales él mismo no puede encontrar una solución. En estos casos se requiere de la colaboración de otras unidades para alcanzar el cumplimiento de sus objetivos.

- Benevolencia: cada unidad tiene una misión que le permite organizar sus métodos conforme obtiene sus objetivos y además cuenta con diferentes flujos de información que en este caso activan diferentes actividades dentro de cada función.

3.4.2. Modelo de inventario dinámico

El modelado dinámico permite la identificación y representación de aspectos en un proceso (sistema o conjunto de actividades) 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. Los distintos elementos en interacción que conforman un modelo de negocio, poseen una dinámica en tiempo real que responde a distintos estados y eventos; por ello se deben realizar modelos donde sea posible plasmar la evolución en el tiempo, informar estados actuales y especificar el comportamiento frente a diferentes eventos que pueden ser esperados o no anticipados.

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. Razones expuestas a continuación, permiten hacer de BPMN la notación idónea para la realización de modelos estructurales necesarios para el desarrollo del presente trabajo:

- BPMN les da a todos los analistas de negocio y desarrolladores, un lenguaje común para representar los distintos flujos de trabajo que tienen que modelar.
- BPMN maneja una notación sencilla y fácil de comprender, pero sobre todo da una capacidad de expresividad que hace al modelado de procesos una tarea simple.
- BPMN es independiente de cualquier metodología de modelado de procesos.
- BPMN permite modelar los procesos de una manera unificada y estandarizada permitiendo un entendimiento a todas las personas de una organización.

3.4.2.1. Modelado de las actividades de administración de operación de inventario en BPMN

A continuación, se presentan algunos de los resultados obtenidos en el modelado dinámico de las funciones de Inventario estudiadas anteriormente. Para consultar todos los modelos diseñados en BPMN dirigirse al Anexo E.

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

esto implique la restricción de tareas manuales.

En la implementación de parte del proceso de inventario en el software suministrado, se realiza las especificaciones respectivas del uso que se hará a cada recurso en el desarrollo de cada actividad.

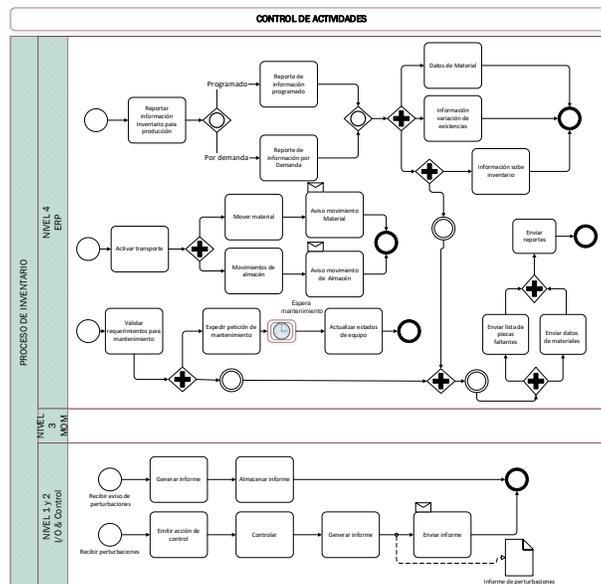
3.4.2.1.1. Control de las actividades de inventario

Las diferentes actividades que suministra el área de inventario, son definitivas al momento de la toma de decisión para la ejecución de cualquier otra actividad dentro de la empresa. El manejo de inventarios, dentro de almacén se hace necesario para llevar un control exacto del stock de los recursos almacenados, validando información como su estado con respecto a la calidad, sitio exacto de almacenaje y su disponibilidad.

La generación de órdenes de producción, las cuales se ligan a inventario debido a que se deberá tener conocimiento del stock en bodega para cumplir con los requerimientos de producción. El área de inventario deberá validar información de igual forma que producción, para generar una orden de mantenimiento sobre un equipo, confirmando la disponibilidad de los recursos necesarios para procesar la orden de trabajo. De igual forma, el área de calidad suministra información a inventario para ejecutar actividades de almacenamiento o actualización de información sobre los recursos.

Por lo anterior, se hace necesario la implementación de control de actividades (Figura 25), para ello, a continuación, se presenta el diagrama dinámico realizado en el lenguaje modelado unificado (UML).

Figura 25. Control de Actividades de Inventario BPMN.



Fuente propia.

obtienen 9 modelos en diagrama IDEF0 que permiten tener claro que controles, entradas y recursos se requieren para dar cumplimiento a cada actividad ejecutada, y de igual manera que salidas son necesarias para realizar la unión con las demás actividades. La realización de 2 diagramas UML necesarios para el desarrollo software (1 estándar y 1 de conexión de actividades), también se obtienen las entidades más importantes involucradas en las funciones de inventario y 19 diagramas en BPMN (9 Actividades y 9 entre funciones y subfunciones) que servirán como guía para la implementación del prototipo de la metodología.

3.5. Design Thinking – Ejecutar – Implementación del prototipo

El desarrollo de la aplicación se basa en los principios de la metodología propuesta por los desarrolladores de ThingWorx, la cual suministra recomendaciones y buenas prácticas para el planteamiento de unas buenas bases ante el desarrollo de cualquier solución provista para desarrollar en la plataforma.

3.5.1 Desarrollo de la aplicación.

El desarrollo de las aplicaciones variará según el objetivo y la propuesta de valor de la misma, teniendo el flujo de información trabajado en los anteriores capítulos y sus respectivos diagramas de clases, se planteará una adaptación de estos a la aplicación y su estilo de programación; es de aclarar que la metodología de trabajo para el sistema de gestión de inventarios basada en las normas ISA 95, deberían ser capaces de adaptarse a cualquier entorno de programación.

La metodología propuesta para el desarrollo de soluciones dentro de ThinkWorks se basa en la buena identificación de las propiedades y servicios que se quiere abordar y dar solución, empezando por la identificación de los requerimientos, quien o quienes usaran la solución y lo que ellos necesitan. El conocer las fuentes de datos se hace importante para saber e identificar las partes del sistema y que proveerán.

También así, tener una idea del modelo relacional de las entidades que se necesitan, el ¿cómo se verá el modelo desarrollado? a través de componentes que permitan la uniformidad y reutilización de sus funcionalidades siempre que sea posible, desglose de requisitos y datos del usuario. Seguido de esto la estrategia de los datos, las fuentes y evaluación de estas, los distintos tipos de datos que se tendrá, cuales son y cómo se deben almacenar.

Posteriormente se examinan las necesidades funcionales para el diseño e implementación adecuada de la lógica empresarial, además de la identificación y permisos de cada usuario, comprendiendo las estrategias detrás del acceso.

Así, la metodología se plantea en base a:

- Historias de usuarios
- Fuentes de datos
- Desglose del modelo
- Estrategia de datos
- Estrategia de lógica empresarial
- Estrategia de acceso de usuarios.

3.5.2. Historias de usuarios.

Con enfoque de diseño basado en el usuario, se identificarán los requisitos para los usuarios desde el comienzo del proceso en términos de funcionalidad e información.

- Las funcionalidades que tendrá el usuario la determinaran los tipos de servicios y suscripciones que deben estar en el sistema y que elementos de datos y propiedades deben recopilarse.
- Es muy importante saber qué información necesita cada usuario, por tal, se examinan los requisitos funcionales del usuario para identificar que datos son los que necesitan conocer para que cumplan con sus responsabilidades.

En el escenario se contempla, desde la capta de datos hasta la planificación de órdenes de trabajo, hasta capta de información en proceso en inventario. Se definen los cuatro siguientes tipos de usuario a consideración propia, estos fluctuaran y sus actividades según el proceso o el tamaño del inventario a automatizar.

- **Operarios en planta:** encargados de movimientos de material, capta de información y actualización, como movimiento de materiales, entre otras actividades de nivel 1 en la pirámide de automatización.
- **Jefe de planta:** Se encargará de llevar control y planificación sobre los operarios en planta, teniendo la información de estos y las actividades a realizar de nivel 2 y 3.
- **Jefe de inventario:** llevara a cabo las actividades de nivel 3 y conexión con el nivel 4, como control de pedidos y movimientos de materiales, solicitudes y peticiones.
- **Gerencia:** Mostrara datos históricos de desempeño y análisis de rendimiento.

3.5.3. Fuentes de datos.

Una vez identificados los usuarios y sus requisitos, se debe determinar que partes del sistema deben estar conectadas, esto definirá las “cosas” en nuestra solución.

Estos son algunas de las posibles cosas que pueden surgir:

- Dispositivos implementados en campo con conectividad directa o indirecta con la solución.
- Bases de datos remotas
- Conexiones a sistemas comerciales externos, como páginas de pronóstico del clima.

En el entorno de desarrollo se tiene actividades desarrolladas en la gestión de inventario, compuesta por materiales, almacenes y equipos, a los que se les predeterminará una cosa, con sus respectivos atributos y propiedades. Estas se explicarán en siguientes secciones de este capítulo.

Se deberá tener en cuenta que es posible tener escenarios en los que se desee añadir detalles a nivel más profundo de los activos, por ejemplo, un stand, congeladores o partes de una máquina. Hay muchas posibilidades posibles, pero en pro de la simplicidad y generalidad se mantendrá los objetos en su más alto nivel de cualidad. Pero teniendo en cuenta que se puede ser tan detallado como sea necesario para su solución, aunque, sin embargo, ser demasiado granular podría crear complejidades innecesarias y generar sobrecargas en los datos.

3.5.4. Desglose de componentes.

Teniendo claro las cosas que necesitaremos en la aplicación, así como los requisitos para cada usuario, lo siguiente es mostrar la información necesaria de cada “cosa”, según los requisitos del usuario. Aquí es importante analizar la funcionalidad de los datos con los requisitos del usuario para determinar lo que exactamente lo que necesita, mientras depura lo que no se necesita.

Para mayor entendimiento, a continuación, se describe las propiedades de cada “Cosa” en los diagramas de clases expuestos posteriormente.

➤ Matriz de componentes.

Cuando se ha identificado los componentes necesarios para construir la solución, se puede proceder a la creación de un diseño de modelo de datos, sin embargo, antes de pasar de lleno al diseño, es muy importante tener una buena idea de cómo estos componentes interactúan con las diferentes partes de la solución, Para eso, se recomienda el uso de la matriz de componentes “Cosa”, en donde se enumerará las “cosas” en fila y sus propiedades en columnas, esto permitirá identificar donde hay superposiciones entre componentes. A partir de ahí, se puede dividir los componentes en grupos reutilizables.

Tabla 10 Matriz de componentes Cosa.

Class	Id	nombr	tipo	Propiedad	disponibilidad	Horas	cargo	competencias2	Ubicacion	Cantidad	Fecha	estado
PERSONAL	x	x	x	x	x		x	x	x			
EQUIPO	x	x	x	x					x			
MATERIAL	x	x	x	x					x	x	x	x
INVENTARIOS	x	x	x	x					x		x	x
Almacen	x	x	x	x					x	x		x
ORDEN	x	x	x	x							x	x
Manejo	x	x	x	x								
critérios de tranferencia	x	x	x	x								
Ruta	x	x	x	x							x	x

Fuente propia – Tabla de agrupación de propiedades.

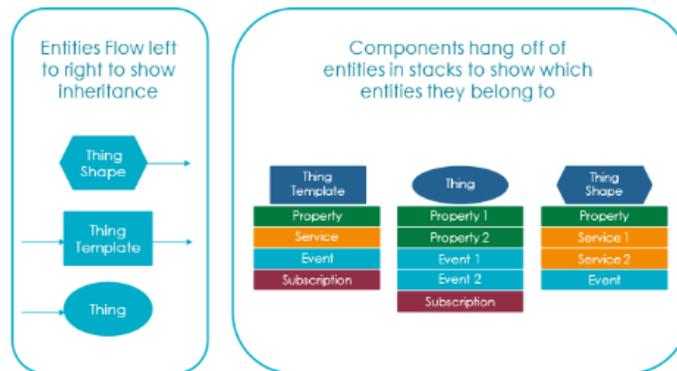
En la Tabla 10. Se muestran las “cosas” en filas, mientras hay una serie de componentes, es decir, propiedades y eventos en las columnas, permitiendo identificar de forma lógica y visual

como algunos de los componentes son comunes en varias “Cosas”, es muy importante para determinar las recomendaciones sobre cuando usar Plantillas de “cosas” Frente a “cosas” directamente instanciadas.

➤ **Relación diagrama entidad**

Para estandarizar la representación de datos, 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.

Figura 27 Componentes de la metodología.



Fuente Thinkworx – metodología de desarrollo.

3.5.5. Desarrollo de interfaces.

La plataforma ofrece algunas conexiones útiles a la hora de generar interfaces en términos de conectividad con entornos de programación como lo es Java, esto lo muestra en sus guías, donde plantea el paso a paso de lo que se debe hacer para realizar una correcta conexión e intercambio de información entre ambos entornos de desarrollo. Con los SDK de Java se pueden adaptar aplicaciones al entorno desarrollado en Thinkworx por lo que será de gran ayuda para quien quiera reutilizar un programa desarrollado en este entorno.

Al igual que con Java la plataforma permite hacer conexiones sin muchas complicaciones con el lenguaje de programación C, siendo muy versátil a la hora de enviar y recibir información entre ambas plataformas.

También existe una forma de renderizar, los botones, texto e interfaces que suministra Thinkworx por medio de la integración con la conexión de CSS u hoja de estilos de cascada, que es un lenguaje de programación el cual describe como debe ser renderizado un elemento estructurado en la pantalla.

Con esto se puede crear las interfaces graficas de actividades que lo requieran bajo las necesidades de la empresa manufacturera, donde se podrán modificar con gran nivel de detalle las interfaces gráficas. Por ejemplo, a un botón se le podrá configurar características básicas como tamaño, color, tipo de texto, también se podrá configurar parámetros más

específicos y detallados como los bordes del botón, sombras, degradados, texturas e incluso configurar animaciones. Esto se podrá hacer también con los demás widgets que provee la interfaz de diseño de interfaces de Thinkworx a necesidad de proponer un entorno gráfico amigable con el usuario.

Con la inclusión de estas posibles conexiones con la plataforma permitirá tener una mayor flexibilidad para las empresas aplicarlo o adaptarlo a sistemas ya existentes, así, también se podrá modificar a detalle las interfaces que se desarrollan en la propia plataforma con CSS adaptándolas a requerimientos específicos y teniendo la posibilidad de hacer mucho más personalizable las interfaces.

3.5.6. Pasos para seguir según la metodología.

Para el desarrollo de la metodología y una puesta en marcha óptima se deben seguir las siguientes recomendaciones que provee la plataforma, relacionados en la Tabla 11.

Tabla 11 Pasos para seguir según la metodología.

Paso	Descripción
1	Priorice los grupos de componentes de su matriz de componentes de cosa por la cantidad de componentes de cada grupo.
2	Crea una plantilla básica de cosas para el grupo más grande .
3	Repita cada grupo para decidir qué tipo de entidad crear.
4	Valide el diseño mediante la creación de instancias.

Fuente propia – Desarrollo de la aplicación.

En los próximos apartados se examinarán cada uno de los pasos en profundidad.

3.5.6.1. Priorizar.

El primer paso en el diseño es usar la matriz de componentes cosa para identificar y priorizar grupos de componentes que comparten varias cosas.

Estos grupos se priorizan según el número de componentes compartidos, de mayor a menor, lo que permitirá dividir los grupos de componentes más utilizados y agruparlos en piezas reutilizables como se indica en la Tabla 12.

Tabla 12. Matriz de componentes Cosa.

Class	Id	nombr	tipo	Propiedade	disponibilidad	Horas	cargo	competencias2	Ubicacion	Cantidad	Fecha	estado
PERSONAL	x	x	x	x	x		x	x	x			
EQUIPO	x	x	x	x					x			
MATERIAL	x	x	x	x					x		x	x
INVENTARIOS	x	x	x	x					x		x	x
Almacen	x	x	x	x					x			x
ORDEN	x	x	x	x							x	x
Manejo	x	x	x	x								
critérios de tranferencia	x	x	x	x								
Ruta	x	x	x	x							x	x

Fuente propia - Matriz de relaciones.

En esta tabla se visualiza la separación de grupos de propiedades superpuestas por colores, se deberá tener en cuenta, que de los componentes únicos también tienen un grupo por sí solos, pero esto se puede trabajar por separado extrayéndolo de la matriz de relaciones, por lo que no existen superposiciones entre diferentes cosas.

3.5.6.2. Grupo más grande.

Teniendo en cuenta lo anterior, se procede a la creación de una Thing Shape o plantilla de “cosa”, que es el bloque de construcción que se usa con más frecuencia, se aplica al grupo de “cosas” superpuestas más numeroso, como lo es lo enmarcado en color verde en la Figura 28 del diagrama de relación de entidades.

Figura 28. Grupo de propiedades 1.



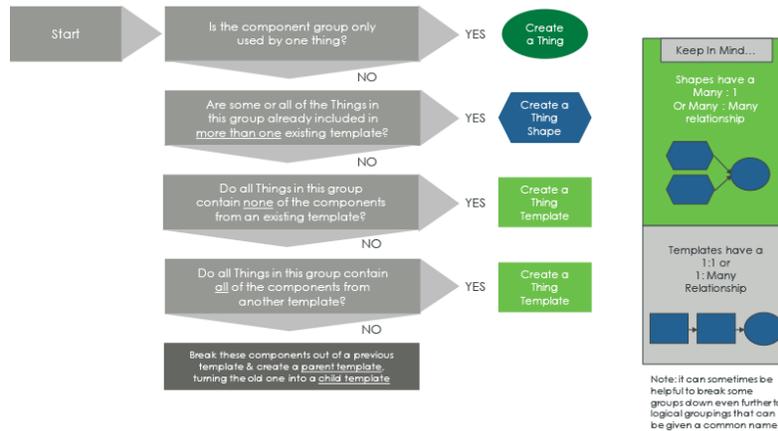
Fuente propia – Grupo de propiedades.

3.5.6.3. Iterar.

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.

Think Works propone un diagrama de flujo de decisión para hacer una óptima elección del tipo de entidad que se usara en cada escenario.

Figura 29 Diagrama de flujo de decisión de entidad.

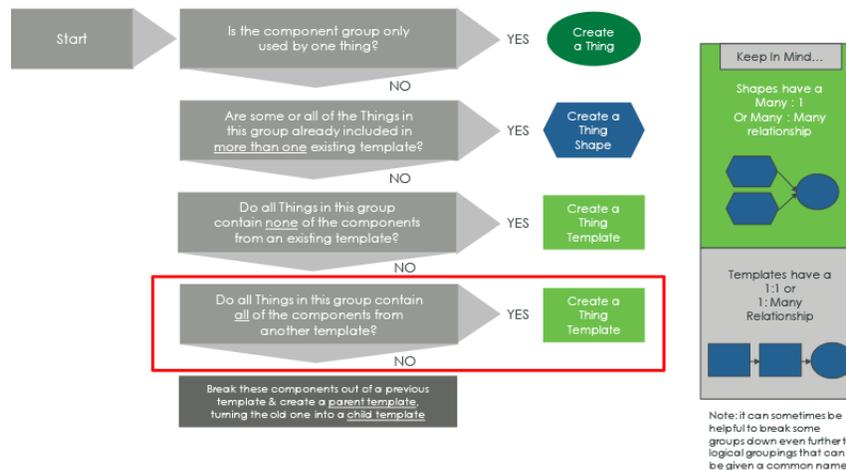


Fuente – Metodología Thinkworx.

Ya instanciado el grupo más grande de propiedades, el siguiente paso es recorrer cada uno de los grupos restantes e identificar el tipo de entidad para cada grupo en cuestión.

Haciendo uso del diagrama de flujo decisión de entidad se pudo determinar que los demás grupos convergían en tipo Thing Templates.

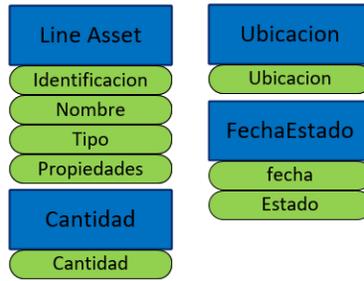
Figura 30. Determinación de tipo de entidad.



Fuente – Metodología ThingWorx.

Así, las plantillas de cosa de los grupos quedan como se indica en la figura 31.

Figura 31. Plantillas cosa.

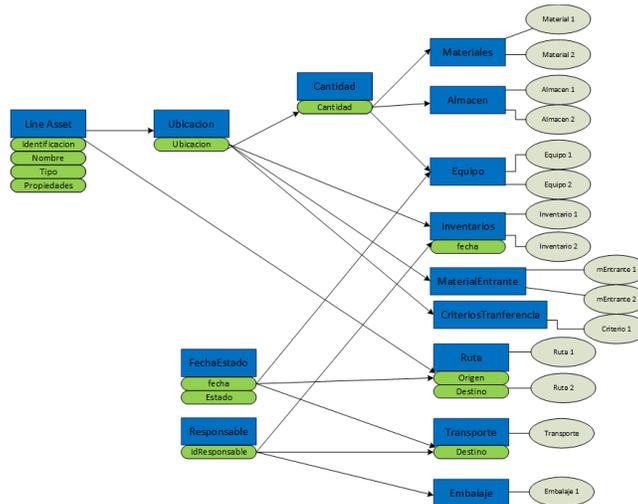


Fuente propia – Metodología Thinkworx.

3.5.6.4. Instanciar cosas.

Para este punto el modelo de datos está completamente construido, lo que resta por hacer es la creación de una instancia de las cosas reales que representan los materiales, inventarios, equipos, etc.

Figura 32. Instancias de cosas reales.



Fuente propia – Metodología ThingWorx.

3.6. Puesta en marcha del desarrollo del prototipo.

Teniendo definidas las Cosas que se implementaran, y el tipo de cada una (Consultar Anexo G), se procede a instanciarlas en la plataforma de ThingWorx, para esto se crearán las instancias de cosas reales, como se muestra en la Figura 32, se hará la respectiva creación de las Plantillas de Cosas, que luego se reusaran para crear otras Cosas, acorde a las propiedades intrínsecas de cada elemento que compone el sistema de inventario.

Es necesario tener en cuenta el acotamiento de cada propiedad, si este tiene restricciones, como el número de dígitos de un Id, la cantidad de caracteres de un nombre o el tipo de dato que almacenará una variable, pero esto debe ser lo más general posible, dado que estas limitaciones interpuestas a la propiedad de una Thing Template se heredaran a las cosas que la contengan.

Así, se puede ver una Thing Template instanciada en la Figura 33

Figura 33. Thing Template Line Asset.

The screenshot shows the 'Alerts' tab for the 'propiedadesMain' template. The table below lists the defined properties:

Name	Actions	Source	Default Value	Alerts	Category	Additional Info
#-identificacion	⊕			⊕ 0		0 10 minimum
- nombre	⊕			⊕ 0		
- propiedades	⊕			⊕ 0		
- line	⊕			⊕ 0		

Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx

Con lo anterior, se procede armando las demás Thing template que serán la base de las Cosas definidas para el inventario, proporcionando escalabilidad a gran número de formas de cosas que se usarán para la creación de otras Cosas. Por ejemplo, se tiene la plantilla de Cosa (Thing template) Shape **Aseguramiento Calidad** (Figura 34), la cual posee las formas de cosa fechaEstado y responsable, además de la plantilla de cosa propiedadesMain. Esta plantilla de cosa se usa para la creación de aseguramiento de la calidad, para materias primas, trabajos realizados y personal.

Figura 34. Propiedades de plantilla de cosa aseguramiento Calidad.

The screenshot shows the 'Alerts' tab for the 'ShapeAseguramientoCalidad' template. The table below lists the defined properties:

Name	Actions	Source	Default Value	Alerts	Category	Additional Info
objetoInspeccion	⊕			⊕ 0		

Below the table, the 'Inherited Properties' section is expanded to show the following hierarchy:

- propiedadesMain
 - fechaestado
 - Responsable
- Generic

Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

Teniendo claro lo anterior y creadas todas las plantillas mostradas en la Figura 32, se pueden crear las cosas, tal como se muestra en la Figura 35

Figura 35. Cosa Material 1.

Property	Value	Unit	Alerts
# cantidad	0	0	✓ ✓
-T- estado	Set value	0	✓ ✓
📅 fecha	2021-10-03 15:00:57.417	0	✓ ✓
# identificacion	0	0 10 minimum	✓
-T- nombre	Set value	0	✓
-T- propiedades	Set value	0	✓ ✓
-T- tipo	Set value	0	✓
-T- ubicacion	Set value	0	✓ ✓

Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx

Aquí, se puede observar las propiedades heredadas de las plantillas y formas de cosa. En esta instancia, se podrá llenar valores para las Cosas creadas, ya que esta será la representación digital de una Cosa real, como en este caso lo es la de un material (Figura 35).

3.6.1. Gestión de alarmas.

Para la gestión de alarmas, se debe tener en cuenta los valores críticos que pueda tomar una variable, para así determinar el valor o rango que pueda activar una alerta o notificación.

El tipo de alerta seleccionada, permitirá definir un modo de activación de alerta, los modos disponibles actuales funcionaran de la siguiente manera:

- Igual a: Se activará cuando el valor de la variable alcance este valor, funcionará con datos tipo, fecha, tablas de información, ubicaciones, números y caracteres.
- Diferente a: Esta alarma se activará cuando el valor de la propiedad no alcanza este valor. De igual manera funciona con los mismos tipos de variables enunciados en el tipo de alerta anterior.
- Encima: se activa cuando la variable exceda el límite configurado. Se podrá aplicar a datos tipo fecha, tablas de información, integer, long y variables tipo numérico.
- Debajo: Se activa cuando el valor esta debajo de un rango.
- Fuera de rango: Se disparará la alarma cuando el valor de la propiedad se salga del rango definido.

Teniendo en cuenta estas características, se pueden definir el tipo de alertas que se implementaran, como por ejemplo las de controles de cantidades para materiales, materias primas, tiempos de solicitudes, entre otras.

La implementación de dichas alarmas se muestra en la Figura 36.

Figura 36. Alarmas en una propiedad.

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts
# <u>cantidad</u>				8330	2

Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

En la última casilla de la Figura 35, se observa el número de alertas que posee la propiedad. Cuando la variable sobrepasa los límites definidos se activa la alarma, en este ejemplo se configuro una alarma por bajo y una alarma por alto.

Al variar la cantidad a 450 quedaría por debajo del límite establecido en 500 mostrara la alarma (Ver Figura 37) en cuestión.

Figura 37. Alarmas.

Alerts

Alert Name	Source	Property	Acknowledge Status	Timestamp	Type	Duration	Message
AlarmaPorbajo		cantidad	Acknowledge	2021-10-22 23:47:32.946	Below	99435	450.0 <= 500.0

Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

3.6.2. Recolección de 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.

Sabiendo que se pueden leer variables directamente desde campo a una solución, se puede determinar y llevar un control en variables como temperaturas de algún almacén específico u otra variable medible por medio de sensores. También, se puede adquirir datos ingresados manualmente, como actualización de bases de datos, revisiones, inspecciones y evaluaciones.

En el trabajo actual, se toma la forma manual, por cuestión de limitaciones de licencia del programa, adquiriendo la información desde interfaces planteadas desde ThingWorx. Cabe decir, que a estas interfaces se podrá acceder con cualquier dispositivo que tenga conexión a internet, por lo que se podrá hacer monitoreo y/o actualizaciones de información desde sitios remotos.

Como se muestra en la Figura 38, se puede ingresar uno a uno los datos necesarios para una “Cosa”.

Figura 38. Propiedades de materiales.

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts	Category	Additional Info			
# cantidad				330	0					
-T estado				Disponible	0					
fecha				2021-10-10 16:07:29.648	0					
# identificación				10416	0		0 10 minimum			
-T nombre				sellos	0					
-T propiedades				Sellos para medidores	0					
-T tipo				individual	0					
-T ubicacion				almacen 1	0					

Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

Se podrá modificar o actualizar los demás valores desde la siguiente interfaz, que aparecerá al hacer clic en el botón con el icono del lápiz, también es bueno saber que algunas variables se podrán restringir, esto para evitar modificaciones de información por parte de usuarios no autorizados.

Figura 39. Interfaz de ingreso de datos.

Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx

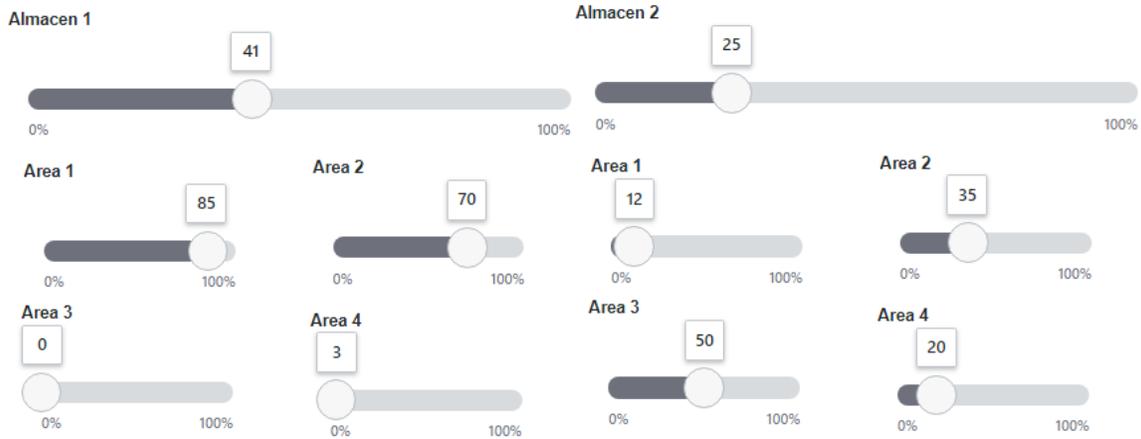
3.6.3. Funcionamiento.

El prototipo de aplicación se basa en las normas ISA.95, sirviendo de guía para el desarrollo diagrama BPMN para realizar las actividades generales en el área de inventario. Haciendo uso de estos cada vez que se quiera realizar la implementación, mejora o validación de algún proceso dentro del área de inventario. Se analizan los principales diagramas y sus debidas características heredadas a las aplicaciones, además de su modo de ejecución en ciertos casos.

3.6.3.1. Programa de producción.

Para el programa de producción, se deberá tener en cuenta las existencias de productos y materiales a disposición, los requerimientos de materia prima, además del estado del almacén y su capacidad (Figura 40).

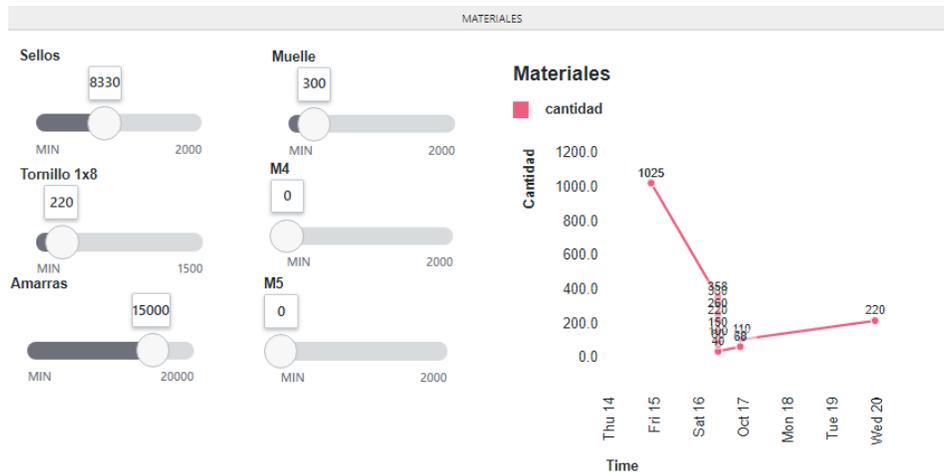
Figura 40. Estado de Almacén.



Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

La Figura 40, muestra una consulta de existencias en diferentes productos, exponiendo las unidades actuales y su disposición; también es importante el saber el estado actual (Figura 41) para con ello saber con cual material se cuenta verdaderamente.

Figura 41. Estado de materiales.



Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

3.6.3.2. Control de actividades.

El control de actividades lleva a cabo el monitoreo y seguimiento de transportes, requerimientos de mantenimiento, entre otras actividades de inventario.

Las peticiones de inventario se harán y registrarán bajo el formato de la Figura 42. De aquí se podrá extraer las piezas faltantes y datos de los equipos para futuros análisis.

Figura 42. Interfaz de usuario para mantenimiento.

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts
-T- equipo	[Action]	EquipoTransporte.ident...		3030.0	0
-T- PiezasFaltantes	[Action]		Set value		0

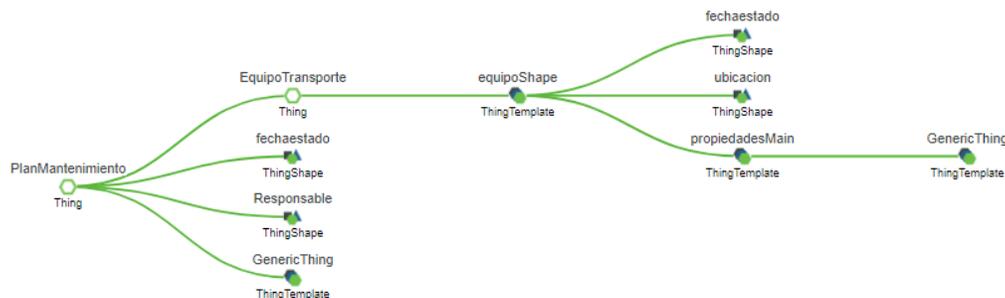
Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts
-T- estado	[Action]			En Mantenimiento	0
fecha	[Action]			2021-10-20 22:39:27.085	0

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts
responsable	[Action]			Carlos Garcia	0

Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

A continuación, en la Figura 43 se muestra las relaciones que lleva la Cosa denominada Plan Mantenimiento, donde podrá observar el equipo con el que se relaciona y de lo que este compuesto.

Figura 43. Relaciones Plan mantenimiento.



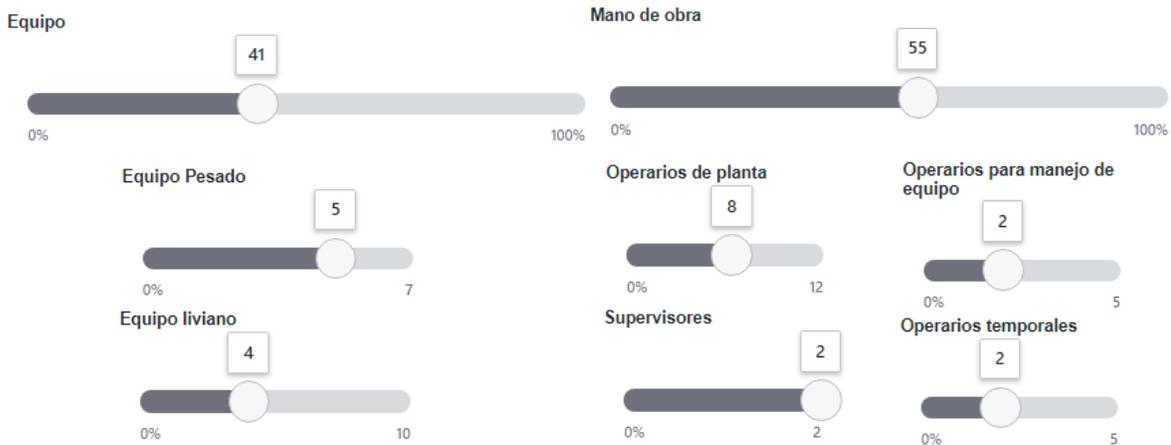
Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

3.6.3.3. Control de capacidad de recursos.

Para el control de la capacidad de recursos, se debe tener muy en cuenta el estado de materiales, equipo y/o personal, para con esto determinar qué acciones tomar, como solicitar materiales, equipo o personal extra.

Para la parte de personal y materiales, se define una interfaz (Figura 44) sencilla, que muestra la capacidad usada actual para los equipos y el personal.

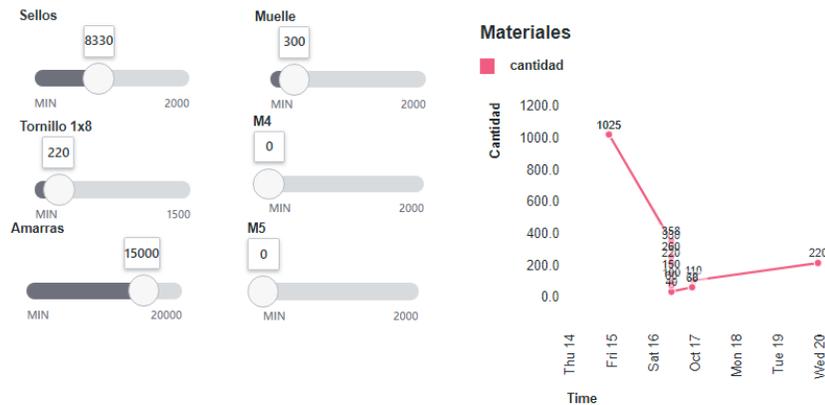
Figura 44. Estado de quipo y personal.



Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

Para el estado de materias primas, se tiene una interfaz aparte, la cual cuenta con el número de unidades por cada tipo de material (Figura 45).

Figura 45. Interfaz de materiales.



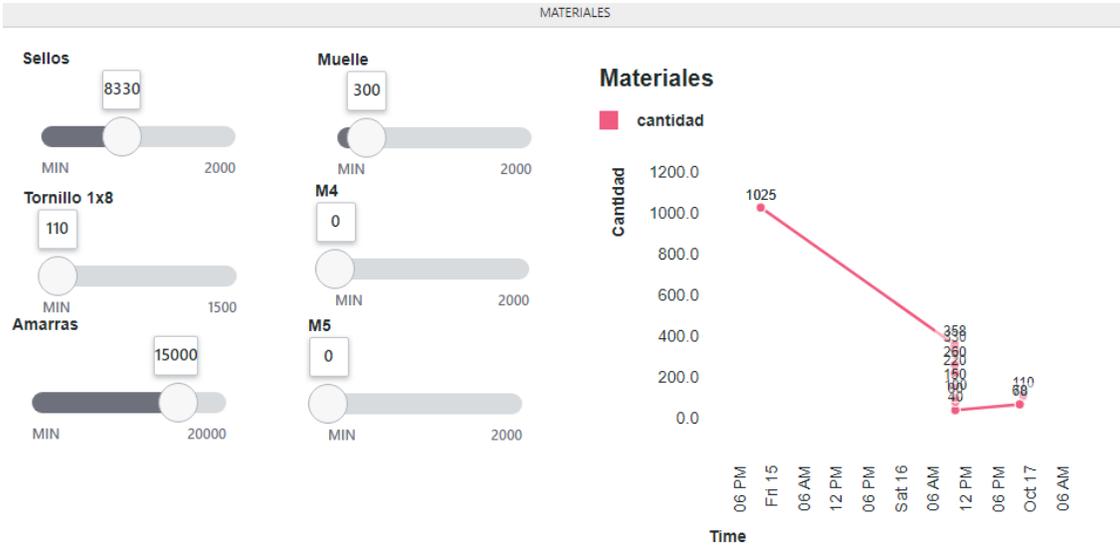
Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

Con ello, se podrá verificar el histórico de consumo de las actividades y también su estado actual en cuestión de número de unidades. Así, se puede determinar fácilmente la capacidad actual de cada uno de los recursos, determinando si se acepta una orden o bajo qué criterios se aceptará. Con la orden, se identifica que materias primas son necesarias para la ejecución, cuantos equipos se son solicitados y que personal es necesario para la ejecución. De esta manera, administrador sabrá deducir si la capacidad actual complace los criterios de la orden y así se identificará que materiales se necesitan de ser el caso o que personal extra se debe solicitar.

3.6.3.4. Monitoreo de existencias y adquisición.

Después de la recepción de las instrucciones y listas de recursos faltantes, se procede a realizar la verificación de existencias, esta se creará por medio de la interfaz de usuario predeterminada para mostrar las cantidades de cada material como lo muestra la Figura 46.

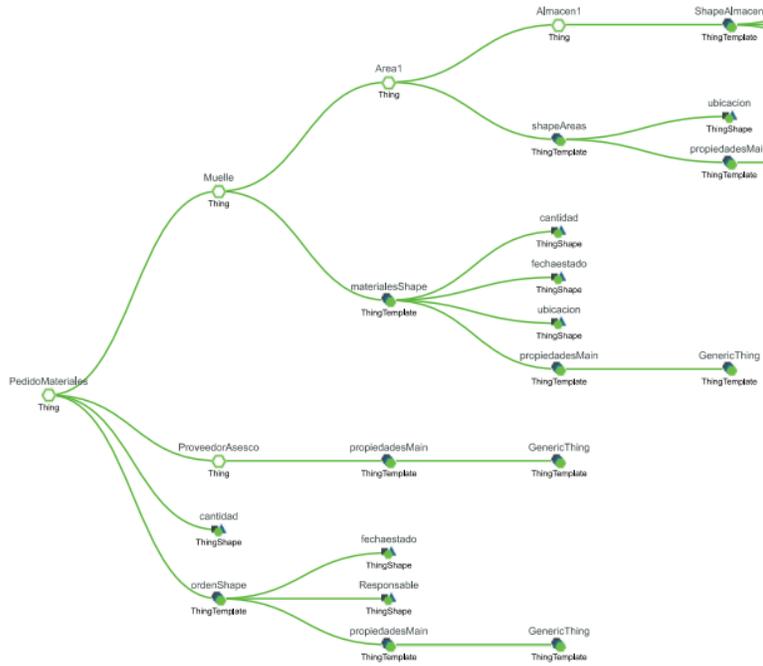
Figura 46. Cantidades de materiales.



Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

Esta interfaz, solo funcionará como vista de cantidades, mas no como actualización de las mimas, lo anterior se explica en otro apartado. Con los datos suministrados y observando su cantidad, se podrá realizar una orden de adquisición de materiales si es necesario. Para dicha solicitud de materiales, se requiere de una plantilla de Cosa, donde contendrá los datos del pedido como las cantidades solicitadas y las características de los materiales, además de los datos del proveedor. Las relaciones que posee se muestran en la Figura 47.

Figura 47. Relaciones de pedido de material.



Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx

Aquí se encuentra la relación del material y su ubicación actual, en área y almacén respectivo. Así, se tendrán las propiedades suficientes para realizar el pedido, como se muestra en la Figura 48.

Figura 48. Propiedades de pedido de material.

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts	Category	Additional Info
## CantidadSolicitada	[Refresh]			5000	+	0	
## IdentificacionMuelles	[Refresh]	Muelle:identificacion		1003	+	0	0 10 minimum
## IdentificacionProveedor	[Refresh]	ProveedorAsesco:identificacion		1443	+	0	0 10 minimum
Inherited Properties							
ordenShape							
-T estado	[Refresh]			en proceso	+	0	
fecha	[Refresh]			2021-10-16 23:29:07.692	+	0	
## identificacion	[Refresh]			1001	+	0	0 10 minimum
-T nombre	[Refresh]			Peticion de material 1	+	0	
-T propiedades	[Refresh]			Peticion prioritaria	+	0	
responsable	[Refresh]			Set value	+	0	
-T tipo	[Refresh]			Peticion	+	0	

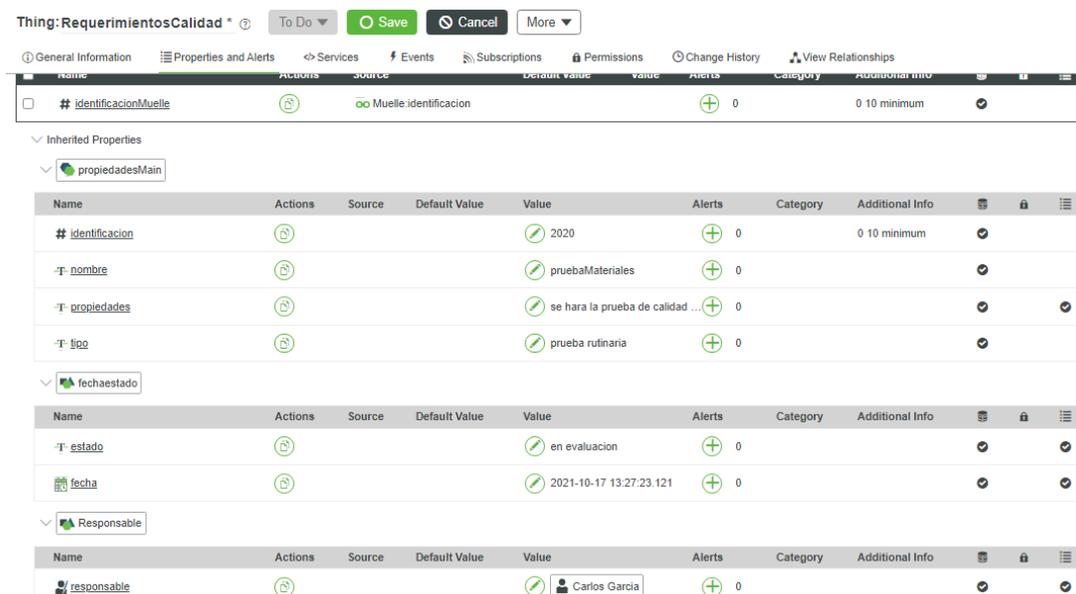
Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx

Con lo anterior, se puede retroalimentar la información y así tener completo conocimiento del estado de la orden para su respectivo análisis, como: Confirmación del pedido y monitoreo del progreso en el área de compras hasta llegar a suministrarse los materiales solicitados.

3.6.3.5. Aseguramiento de la calidad de inventario.

En cualquier proceso y sobre todo en el de inventario, las pruebas de calidad son muy importantes, debido a que con ellas podemos tener certeza de lo que se está adquiriendo, lo que se está produciendo y de lo que le entregamos al cliente. La herramienta ThingWorx, permite realizar un seguimiento a actividades y pruebas referentes a la calidad, para ello todo tipo de solicitud de calidad deberán ser diligenciadas dentro de la interfaz teniendo en cuenta los requerimientos de calidad, como lo muestra la Figura 49.

Figura 49. Requerimientos de calidad.



The screenshot shows the ThingWorx interface for a quality requirement named 'identificacionMuelle'. The main table lists the requirement with its source, default value, current value, alerts, and category. Below this, three sections show 'Inherited Properties' for 'propiedadesMain', 'fechaestado', and 'Responsable', each with a sub-table of properties.

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts	Category	Additional Info	🔒	⋮
# identificacionMuelle	🔄	🟢 Muelle identificacion			+	0	0 10 minimum	🔒	⋮

Inherited Properties

propiedadesMain

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts	Category	Additional Info	🔒	⋮
# identificacion	🔄			2020	+	0	0 10 minimum	🔒	⋮
-T nombre	🔄			pruebaMateriales	+	0		🔒	⋮
-T propiedades	🔄			se hara la prueba de calidad ...	+	0		🔒	🔒
-T tipo	🔄			prueba rutinaria	+	0		🔒	⋮

fechaestado

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts	Category	Additional Info	🔒	⋮
-T estado	🔄			en evaluacion	+	0		🔒	🔒
📅 fecha	🔄			2021-10-17 13:27:23.121	+	0		🔒	🔒

Responsable

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts	Category	Additional Info	🔒	⋮
👤 responsable	🔄			Carlos Garcia	+	0		🔒	🔒

Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

Como se observa, se tendrán entre otras propiedades, el material, proceso o equipo a inspeccionar, además del encargado responsable de la ejecución de la actividad. Con esto se podrá enviar a ejecución la prueba de calidad y determinar el estado del objeto inspeccionado.

3.6.3.6. Administración definición de inventario.

Para este apartado, se hace la recepción de la información necesaria para la administración de definiciones del inventario, que contempla la creación de órdenes de transporte, pruebas en inventario y la evaluación de estas, para adaptarlas a las condiciones actuales de la empresa y así realizar los respectivos ajustes. Para la Orden de transporte se define una interfaz como la mostrada en la Figura 50.

Figura 50. Orden de transporte.

Name	Actions	Source	Default Value	Value
-T- destino	⊞			Overseas
-T- estado	⊞			Listo para despacho
📅 fecha	⊞			2021-10-17 21:51:25,450
# identificacion	⊞			100022
-T- nombre	⊞			Transporte materiales
-T- origen	⊞			Almacen 1
-T- propiedades	⊞			Carga normal
-T- registro	⊞			2333
👤 responsable	⊞			Andres Rios
-T- tipo	⊞			Carga convencional

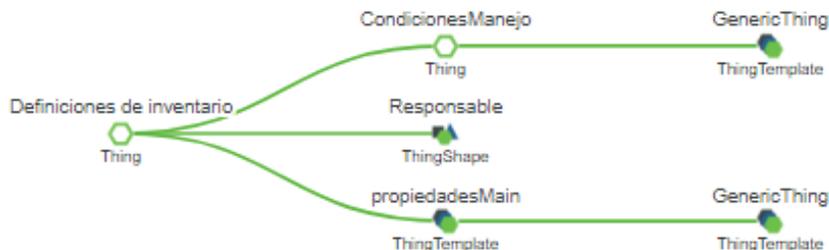
Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx

De igual manera se realiza la interfaz de “definiciones de inventario” mostrada en la Figura 51 y sus conexiones en la Figura 52.

Figura 51. Propiedades Definiciones de inventario.

Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx

Figura 52. Relaciones Definiciones de inventario.



Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx

Las relaciones mostradas, pueden variar dependiendo del nivel de detalle que se requiera para la definición de inventario, se podría establecer Cosas específicas para la reglamentación, especificaciones e instrucciones, cada una con sus respectivas propiedades. Esto dependerá del nivel de detalle requerido.

3.6.3.7. Administración de ejecución de inventario.

Para este apartado, se suministrará la orden de trabajo y definiciones de inventario; las cuales se les hará seguimiento bajo la supervisión de un encargado y se tomaran acciones correctivas si es requerido para poder lograr el cumplimiento de metas planteadas. Esto se lleva a cabo con órdenes de trabajo ya realizadas, evaluadas y aprobadas.

También, se verificará si los materiales, equipos y personal, corroborando que estén asignados de la forma correcta, respecto a sus cualidades y capacidades, esto se podrá verificar con el plan detallado de inventario y la orden de trabajo, ya que estos proveen la información necesaria para la ejecución de la orden.

Dentro del prototipo, se definieron propiedades para el plan detallado de inventario (Ver Figura 53), y las diferentes conexiones con las demás cosas como: material a mover, personal a cargo y equipo a utilizar, ruta de transferencia, entre otras propiedades inherentes de inventario, como se puede ver en la Figura 54.

Figura 53. Cosa Plan detallado de inventario.

Thing: Plan detallado de inventario

To Do Save Cancel More

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

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts	Category
# CantidadAMover				1200	+	0
-I- destino		oo Ruta: destino		Area de Produccion	+	0
# identificacionCriteriosTransferencia		oo Criterios de transferencia.i...		7000	+	0
# identificacionMaterial		oo material 1: identificacion		10416	+	0
# identificacionTransporte		oo EquipoTransporte: identifi...		3030	+	0
-I- origen		oo Ruta: origen		Almacen 1	+	0

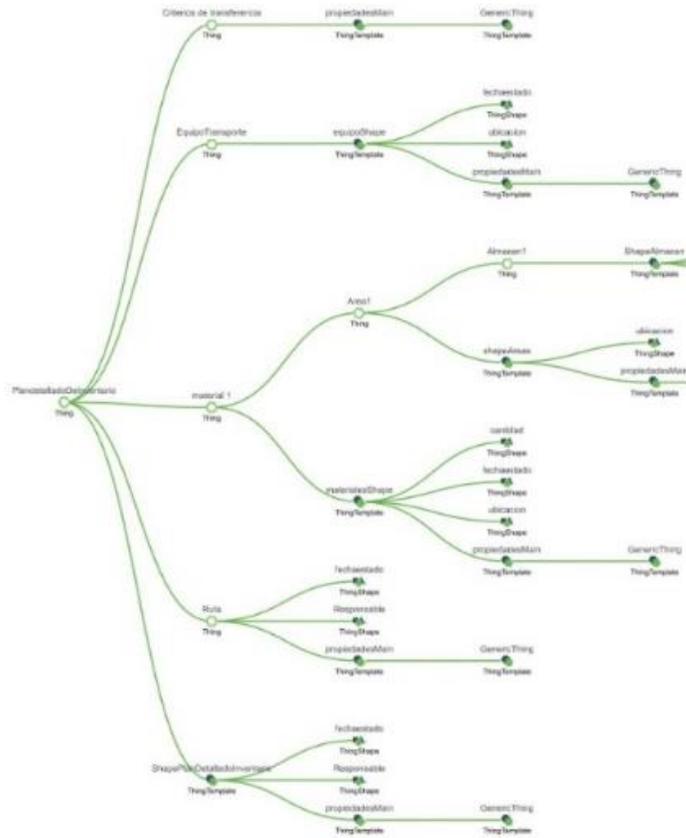
Inherited Properties

ShapePlanDetalladoInventario

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts	Category
-I- estado				En ejecucion	+	0
fecha				2021-10-17 16:51:02.151	+	0
# identificacion				10002	+	0
-I- nombre				Plan detallado 10002	+	0
-I- propiedades				Transferencia de materiales	+	0
responsable				Fernando Rivera	+	0
-I- tipo				Transferencia de materiales	+	0

Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

Figura 54. Relaciones Plan detallado de inventario.



Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

De esta manera, se tendrá certeza de todos los recursos a usar, personal asignado y material a transferir. Cabe decir que, si en cierto proceso o transferencia de material se requieren más propiedades y/o objetos para el desarrollo de un plan de inventario, estos se podrán añadir sin problemas a la solución planteada.

3.6.3.8. Administración de recursos.

El monitorear los recursos existentes, se vuelve de gran importancia. Para el caso de materiales, determinar productos en mal estado o que necesiten adecuaciones del espacio en el que se encuentra, así mismo en los equipos para determinar planes de mantenimiento preventivo y hacer mantenimientos correctivos regulares si así lo requieren. Para el personal, se tiene en cuenta su disponibilidad, las capacidades y fortalezas con las que cuenta. Con esto, se plantea una interfaz de usuario con la que se pueda monitorear los diferentes recursos requeridos para la ejecución de actividades, como se indica en la Figura 55.

Figura 55. Propiedades de Monitoreo de recursos.

Thing: MonitorearRecursos To Do Save Cancel More

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

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts
# identificacionEquipo		EquipoTransporte:identificacion		3030	0

Inherited Properties

propiedadesMain

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts
# identificacion				3030	0
-F- nombre				Monitoreo de Equipo	0
-F- propiedades				Inspeccion y correccion	0
-F- tipo				monitoreo	0

fechaestado

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts
-F- estado				a determinar	0
fecha				2021-10-17 22:12:37.476	0

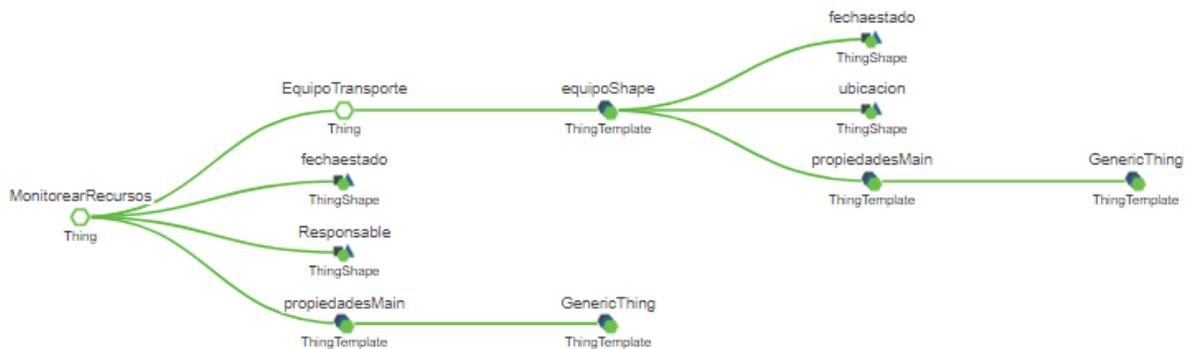
Responsable

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts
responsable				Andres Rios	0

Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

También, se evalúa la interacción que se realiza con otras Cosas. A continuación, en la Figura 56, se muestra el monitoreo que se le realiza a un recurso; para este caso se realiza el monitoreo de un equipo.

Figura 56. Diagrama relación del Monitoreo de recursos.



Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

3.6.3.9. Recolección de datos extra de inventario.

Los datos extra de inventario, ayudan a llevar un mejor control de la productividad general, identificando fallas y así mismo aplicando acciones correctivas. Estos datos se extraerán de Cosas ya existentes, además de contar con una Cosa denominada Reporte de Información (Figura 57), con la cual operarios o supervisores podrán pasar novedades sobre el recurso con posibles afectaciones.

Figura 57. Propiedades Reporte de información.

Thing:ReporteDeInformacion To Do Save Cancel More

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

Properties | Alerts

My Properties + Add Duplicate Delete Manage Bindings Refresh

Name	Actions	Source	Default Value	Value
-T- <u>Descripcion</u>				Exceso de humedad
-T- <u>estado</u>				Critico
<u>FechaIdentificacion</u>				2021-10-17 23:01:05.920
# <u>PrioridadTipo</u>				1
<u>Recurso</u>				<input type="text" value="Area1"/>

Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

Para la recolección de otros datos extra de inventario, se extraerán de otras Cosas definidas y sus propiedades.

3.6.3.10. Control de calidad de producto dentro de inventario.

Para la recolección de información con respecto a calidad, se hará uso de la información almacenada en la Cosa MonitoreoDeRecursos.

Figura 58. Cosa MonitoreoDeRecursos.

Thing:MonitorearRecursos To Do Save Cancel More

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

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts
# <u>IdentificacionEquipo</u>		EquipoTransporte:Identificacion		3030	0

Inherited Properties

propiedadesMain

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts
# <u>Identificacion</u>				3030	0
-T- <u>nombre</u>				Monitoreo de Equipo	0
-T- <u>propiedades</u>				Inspeccion y correccion	0
-T- <u>tipo</u>				monitoreo	0

fechaestado

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts
-T- <u>estado</u>				a determinar	0
<u>fecha</u>				2021-10-17 22:12:37.476	0

Responsable

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts
<u>responsable</u>				Andres Rios	0

Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

De esta manera, se lleva a cabo un mejor control de los productos y recursos dentro del área de inventario, validando su cantidad, ubicación, y estado en donde se evalúa como se encuentra actualmente como ejemplo su fecha de caducidad, de esta manera se puede realizar un plan de mejora teniendo el menor margen de perdidas posibles.

3.6.3.11. Clasificación de inventario.

La clasificación de inventario, es de suma importancia para la planificación de almacenamiento de materias primas, equipos y productos terminados. Con esto, se determina el estado del almacén y sus respectivas áreas. De esta manera se definirá una Cosa para almacén, como se muestra en la Figura 59.

Figura 59. Propiedades Almacén.

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts	Category
No properties						
Inherited Properties						
ShapeAlmacen						
# <u>identificacion</u>				4620	0	
-T- <u>nombre</u>				Almacen 1	0	
-T- <u>propiedades</u>				cap maxima 20m2	0	
<u>responsable</u>				<u>Set value</u>	0	
-T- <u>tipo</u>				Almacenaje normal	0	
<u>ubicacion</u>				EmpresaPOP	0	

Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

Para determinar las áreas del almacén, se dispone de la Cosa Área, que estará asociada a un almacén y tendrá entre sus propiedades el tipo, cantidad disponible, una identificación, propiedades, entre otras (Ver figura 60).

Figura 60. Propiedades Cosa Área.

Thing: Area1 To Do Save Cancel More

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

Properties Alerts Filter Choose category

My Properties Add Duplicate Delete Manage Bindings Refresh

Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts
# espacioDisponible				0	0
# identificacionAlmacen		Almacen1:identificacion		4820	0

Inherited Properties

shapeAreas

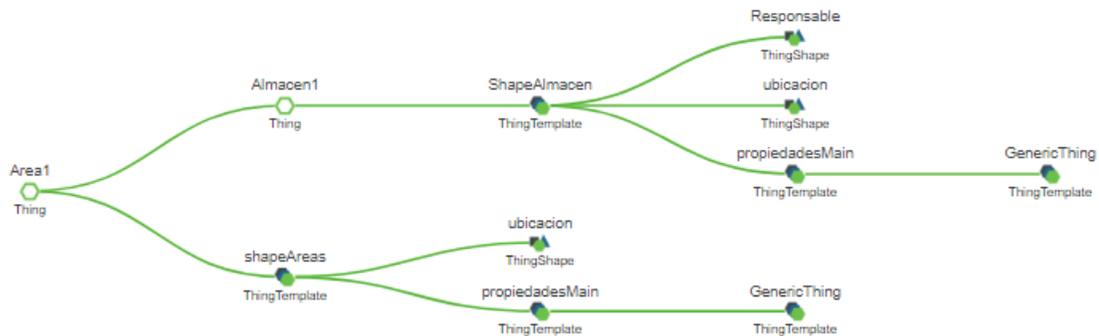
Name	Actions	Source	Default Value	Value	Alerts
# identificacion				48201	0
-f- nombre				area 1	0
-f- propiedades				3m2	0
-f- tipo				almacenamiento apilado	0
ubicacion				Almacen1	0

Generic

Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

En la Figura 61, podemos ver la relación que posee esta área a un almacén, esto se puede replicar para cualquier cantidad de áreas y para cualquier número de almacenes.

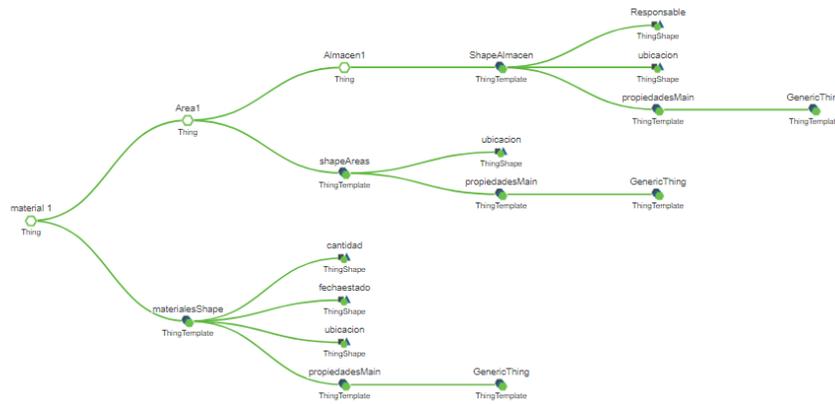
Figura 61. Relaciones Cosa Área.



Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx

A estas áreas, se les podrá asignar uno o más materiales, los cuales estarán adscritos también a un almacén, como se muestra en la Figura 62. Con esto sabremos específicamente la ubicación de un objeto en la base de datos que se tiene del área de inventario.

Figura 62. Diagrama relación de un material.



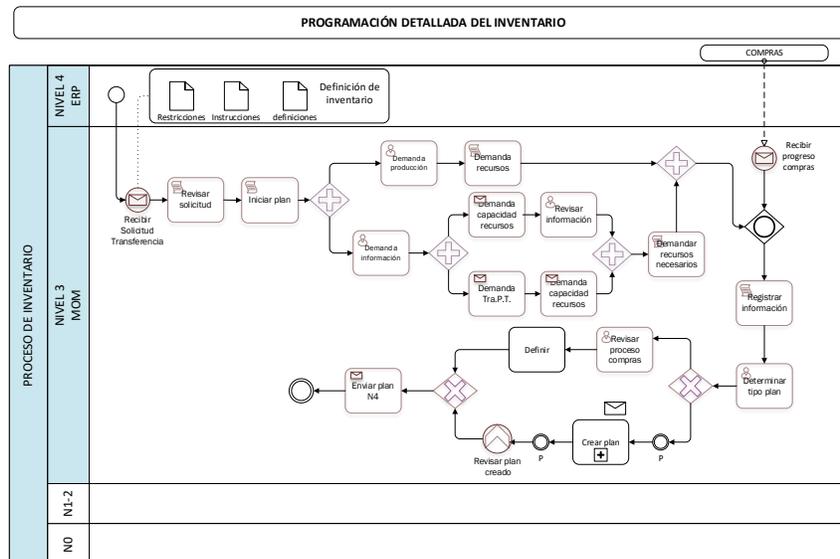
Fuente Propia – Plataforma Desarrollo Prototipo ThingWorx.

Según la solución planeada, podemos definir el nivel de detalle que queremos para un almacén, si lo definimos en áreas y dentro de estas áreas un stand o contenedores; esto se definirá según los requerimientos del cliente y/o proceso.

3.6.4. Relación BPMN – ThingWorx

Para la implementación de la metodología en la plataforma de ThingWorx, fue de suma importancia la estructura ejecutada en los BPMN; como ejemplo de lo realizado se expone a continuación la ejecución de la función “Plan detallado de inventario”. Aquí se tiene en cuenta la estructura del BPMN realizada en la Figura 63.

Figura 63 Plan detallado de inventario BPMN



Fuente propia.

A partir del anterior diagrama se extraen las “Cosas” necesarias para su ejecución y así poder crearlas en la plataforma de ThingWorx, una vez realizado este paso, se obtiene la interfaz expuesta en la Figura 53 donde se visualizan las propiedades necesarias.

Con lo anterior, ya se puede realizar la implementación del proceso detallado del inventario en la plataforma ThingWorx, tomando como guía el diagrama de la Figura 53, al finalizar la implementación se obtiene el diagrama en la Figura 54. Para cada una de las actividades, funciones y subfunciones se realiza el mismo procedimiento.

Conclusiones y Recomendaciones

El uso de la herramienta Design Thinking, permitió llevar una mejor trazabilidad del proyecto. Mediante esta herramienta, se valida información y pasos a seguir de forma certera; debido a que se realizan consensos para elegir entre varias opciones la más favorable escogida por votación, facilitando de esta manera la ejecución como tal del proyecto.

En el desarrollo del proyecto, se hace énfasis en la importancia de la trazabilidad en el área del inventario dentro de la industria manufacturera. Se hace indispensable en cualquier industria tener métodos y actividades que recolecten información para su análisis y seguimiento, logrando de esta manera una óptima gestión de materiales y recursos. Con base en lo anterior, se realiza la identificación de funciones y subfunciones del área de inventario y su posterior estructuración, generando flujos de información e interfaces bajo la validación del estándar ISA 95; complementadas con características deseables y necesarias en sistemas digitales.

Teniendo clara la importancia de inventario por su impacto directo o indirecto en múltiples áreas de la empresa, se logra el desarrollo de múltiples flujos de actividades de alto nivel, para así, proporcionar a la industria un modelo de actividades suficiente en la gestión del inventario. De igual manera, se logra obtener un prototipo de aplicación para la gestión de inventario, y todas las bases requeridas en el desarrollo de una nueva solución en cualquier entorno de programación; con esto, se pretenderá tener un flujo de procesos y actividades estandarizado en todas las etapas de vida del producto dentro del área de inventario.

También, se comprueba que las actividades recomendadas por los estándares ISA.95 se pueden adaptar a los sistemas y tecnologías que hacen parte de lo que se denomina Transformación Digital. Además, de hacer un uso adecuado y eficiente de los recursos que proporciona cada una de las partes que compone el entorno emergente, concluyendo así que:

- Con la ejecución de la metodología en la plataforma Thingworx, se da cumplimiento al objetivo general planteado, formulando una metodología para el desarrollo de un prototipo en el entorno digital enfocado en el área del inventario que permita realizar un rastreo de los recursos dentro de una empresa manufacturera sin importar su tamaño, haciendo uso de los estándares ISA que permitieron realizar los diferentes flujos de información necesarios para una comunicación entre las diferentes áreas de una empresa manufacturera.
- El uso de la metodología Design Thinking, permitió identificar y dar solución a problemáticas encontradas dentro de una organización. Su uso constante en el desarrollo

de diferentes proyectos sin importar hacia que va dirigido, permitirá llegar de forma más rápida a una o varias posibles soluciones y escogen entre ellas la más viable. De igual manera, permite realizar de forma acertada la ejecución de dichas soluciones para dar cumplimiento con lo requerido.

Por otra parte, culminando este trabajo se recomienda:

- Validar el impacto que se obtendría en la implementación de la metodología desarrollada, en una empresa del ámbito manufacturero, dando a conocer el impacto que se obtendría en su implementación, evaluando diferentes factores en un antes y un después de su ejecución.
- Retomar la información contenida en el presente proyecto para la ejecución de futuras aplicaciones digitales en entornos diferentes al utilizado, y que permita llevar una trazabilidad no solo en el inventario, sino en las diferentes áreas de una empresa.
- Implementar el uso de diferentes entornos de programación compatibles con Thingworx, para ejecutar la metodología realizada, brindando una mejor experiencia de navegación sobre el prototipo desarrollado, con mejor visualización e implementación de una aplicación en la industria.
- Desarrollar trabajos futuros, encaminados a la integración de información en todos los procesos de una organización, encaminados hacia la búsqueda de un sistema de gestión de calidad.
- Complementar la metodología desarrollada en el entorno de Thingworx, implementando programación detallada en un nivel bajo de desarrollo para obtener así un software más completo y robusto.
- Realizar mejoras del método generado, y enfocarlo en otro tipo de organizaciones aparte de la industria manufacturera
- Utilizar la herramienta Design Thinking en el análisis, validación y ejecución de diferentes ideas, que permitan a estudiantes de la Universidad del Cauca desarrollar proyectos de opción de grado, junto con organizaciones que permitan avalar lo realizado como lo es Omnicon.

Bibliografía

- [1] Schuitemaker, R. (2020, 1 enero). Product traceability in manufacturing: A technical review. ScienceDirect. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212827120306922>
- [2] Sánchez, V. (2015, 20 agosto). EL CONTROL DE LOS INVENTARIOS Y SU APOORTE EN LOS ESTADOS FINANCIEROS DE LA EMPRESA. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3100/1/TTUACE-2015-CA-CD00070.pdf>. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3100/1/TTUACE-2015-CA-CD00070>

- [3] Sánchez, V. (2015, 20 agosto). El control de los inventarios y su aporte en los estados financieros de la empresa. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3100/1/ttuace-2015-ca-CD00070.pdf>. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3100/1/TTUACE-2015-CA-CD00070>
- [4] A. Gómez., L. Tumbajoy, J. M. Velasco, O. Rojas. “Definición De Un Método Para Realizar Trazabilidad En La Empresa -Cervecería Ciudad Blanca-”, Basado En El Modelo Siemens Fiet. Sepriembre 2011,
- [5] Gordillo, P. J. J. (2013, 11 noviembre). DSpace ESPOCH.: Análisis de la tecnología RFID para proponer un sistema de gestión e inventario para la Biblioteca Central de la ESPOCH. <http://dspace.espoch.edu.ec/>. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/2909>
- [6] Mario, A. (2020) Cursos para compartir Mailxmail – Curso TIC82, “How To Control you inventory” Disponible en <<https://Mailxmail.com>> Abr 05 2020
- [7] RFID in Manufacturing: An Implementation Case in the SEPT Learning Factory. (2020, 1 enero). ScienceDirect. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2351978920319338>
- [8] Cifuentes, A. y Carretero, P. (2019, 30 de diciembre). Propuesta de una Metodología de Trazabilidad Interna para el Control de Inventarios en Empresas Comercializadoras de Autopartes. RI UMNG Principal. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/14913?show=full>
- [9] Soonuk, S. (2017, 1 noviembre). Indoor mobile object tracking using RFID. ScienceDirect. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167739X16302552>
- [10] International Organization for Standardization. (2021, 19 marzo). ISO. <https://www.iso.org/home.html>
- [11] AECOC. (2019, 6 noviembre). Comité de Seguridad Alimentaria. <https://www.aecoc.es/comite/seguridad-alimentaria/>
- [12] González, A. (2017, 1 diciembre). Protocolo de actuación en el diseño de un sistema de trazabilidad para la industria alimentaria. Scielo. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-03542007000200005
- [13] Callejas-Jaramillo, L. F. (2020, 31 julio). Trazabilidad en la cadena de suministro alimentaria: Un estudio bibliométrico | Callejas-Jaramillo | Revista CIES Escolme. Escolme Revista CIES. <http://www.escolme.edu.co/revista/index.php/cies/article/view/309>
- [14] Mobile Systems, “Trazabilidad Tendencia Actuales en Mercados Externos y Retail”, Artículo 2006. Disponible en: <http://www.mobile.com.ar/pdfs/w004.pdf>. [Acceso diciembre 29,2020].
- [15] KumarAgrawal, T. (2021, 1 abril). Blockchain-based framework for supply chain traceability: A case example of textile and clothing industry. ScienceDirect. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360835221000346>
- [16] Azzi, R., Chamoun, K., & Sokhn, M. (2019, 1 septiembre). The power of a blockchain-based supply chain. ScienceDirect. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360835219303729>
- [17] Zhongyuan, L. (2020, 1 agosto). Towards Zero-Warehousing Smart Manufacturing from Zero-Inventory Just-In-Time production. ScienceDirect. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0736584519300390>
- [18] Mansour, I., Millet, P. -, & Botta-Genoulaz, V. (2018). A standard-based business repository for on-demand manufacturing execution systems. Production Planning and Control, 29(7), 602-613. doi:10.1080/09537287.2018.1456691.

- [19] Homepage | IEC. (s. f.). IEC. Recuperado 19 de marzo de 2021, de <https://www.iec.ch/homepage>
- [20] Slavova, M. (2016). “Digital Business Transformation. Ikonomiceski i Sotsialni Alternativi”, pp 142-149, Agos-04-2016
- [21] ERP y CRM de código abierto | Odoo. (s. f.). Odoo S.A. Recuperado 21 de marzo de 2021, de https://www.odoo.com/es_ES/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=Branding-Spanish_Brand-SP-Odoo&utm_term=odoo&utm_matchtype=e&utm_device=c&utm_gclid=Cj0KCQjw3duCBhCAARIsAJeFyPUpPKHqfpFA9NP80RuCdNcddvDKUm4PBunsanwiboLbuOPLLvUWYVcaAipLEALw_wcB&gclid=Cj0KCQjw3duCBhCAARIsAJeFyPUpPKHqfpFA9NP80RuCdNcddvDKUm4PBunsanwiboLbuOPLLvUWYVcaAipLEALw_wcB
- [22] González, P. Y. (2018). ERP Odoo configuration experience for small business. Successful case in TostoneT. SciELO. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052018000300514&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- [23] Batch-based traceability for pork: A mobile solution with 2D barcode technology. (2020, 1 enero). ScienceDirect. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956713519303597>
- [24] López Y, Á., J, F., Narciandi G, Á., J, P., Arrillaga, G., & Andrés F, L. (2018, 13 agosto). RFID Technology for Management and Tracking: e-Health Applications. Abstract - Europe PMC. <https://europepmc.org/article/med/30104557>
- [25] Ding, K., Jiang, P., & Shilong, J. (2018, 1 febrero). RFID-enabled social manufacturing system for inter-enterprise monitoring and dispatching of integrated production and transportation tasks. ScienceDirect. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S073658451630196X>
- [26] Bunker, R. (2017). A Modular Integrated RFID System for Inventory Control Applications. MDPI. <https://www.mdpi.com/2079-9292/6/1/9>
- [27] Ramos, B. R. A. (2019, 16 diciembre). Propuesta y diseño de un sistema de trazabilidad de inventario para la empresa industrias Zabra S.A. Deposito Digital. <http://bonga.unisimon.edu.co/handle/20.500.12442/4474>
- [28] B. R. A. (2019, 16 diciembre). Propuesta y diseño de un sistema de trazabilidad de inventario para la empresa industrias Zabra S.A. DEPOSITARIO DIGITAL. <http://bonga.unisimon.edu.co/handle/20.500.12442/4474>
- [29] Peña, D. (2021, 1 marzo). An optimization approach for the design and planning of the oil palm supply chain in Colombia. ScienceDirect. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0098135420312515>
- [30] Torres, I. (2021, 1 febrero). Review of inventory data in life cycle assessment applied in production of fresh tomato in greenhouse. ScienceDirect. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652620344401>
- [31] Estructura Gremial e Institucional Café de Colombia (Trazabilidad de Cafés Especiales. (2020, 5 junio). cafedecolombia. <https://www.cafedecolombia.com/familia/>
- [32] Landinez, S. P. C. (2019, 4 septiembre). Diseño e implementación de un software para la trazabilidad del proceso de beneficio del café | Ciencia & Tecnología Agropecuaria. Ciencia y tecnología agropecuaria. <http://revista.corpoica.org.co/index.php/revista/article/view/1588>
- [33] Solano, J., & Urbano, M. (2013). Definición de un método para administración de

operaciones de inventario desde el paradigma de los sistemas holónicos de manufactura - HMS.

[34] C.E.O. (s. f.). Compañía Energética de Occidente - Popayán - Colombia. CEO Energetica. Recuperado 23 de marzo de 2021, de <https://www.ceoesp.com.co/>

[35] International Society of Automation. (2021, 1 enero). Isa.Org. <https://www.isa.org/20/02/2021>].

[36] Unibersitatea, U. D. P. V. H. (2019, 8 febrero). Dehesa. Repositorio Institucional de la Universidad de Extremadura: Tolerancia a fallos en sistema de fabricación flexible basado en MAS. DEHESA. <http://dehesa.unex.es/handle/10662/8664>

[37] Ramírez-Reyes, G. S., & Manotas-Duque, D. F. (2014). Modelo de medición del impacto financiero del mantenimiento de inventario de suministros. Scientia Et Technica, 19(3), 251-260. DOI: <http://dx.doi.org/10.22517/23447214.8659>

[38] Fernandez, J. (2017, marzo). Reusabilidad y Desarrollo Orientado a Objetos. Academia AW. https://www.academia.edu/download/36678413/REUSA_OO.PDF

[39] Francucci, L. (2017, 10 agosto). Software más flexible. Vortex Embedded Simposio Argentino SASE. <https://vortexmakes.com/wp-content>

[40] Rosado, A., & Jimenez, J. (2018). Vista de REVISIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE LA ARQUITECTURA ORIENTADA A SERVICIOS EN LAS ORGANIZACIONES. Repositorio UPAMPLONA. <http://ojs.unipamplona.edu.co/ojsviceinves/index.php/rcta/article/view/134/121>

[41] Gomez, A., Rosado, A., & Chanda, J. (2018, 30 mayo). Behavioral and Structural Evolution of SOA from OO: An Integrated Approach. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes. Revista Tecnológica de Ingeniería Avanzada. http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RCTA/article/view/2769

[42] Peña, C., & Marilin, Y. (2020). Modelo de inventario para reducir el índice de rotura de los productos terminados de la empresa. Repositorio Universidad señor de Cipan. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/7891>

[43] Becerra-González, K. (2017, 16 noviembre). Implementación de las TIC'S en la gestión de inventario dentro de la cadena de suministro | Revista de Iniciación Científica. INICIACION CIENTIFICA. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1696>

[44] Blanco, E. y Gómez, A. (2006, 12 de junio). Sistemas de Inventario. Scielo. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48944075/inventarios-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1632868075&Signature=FxK~O6R2ZQwZIWbQrBGNAiMWIcrZR EUxhVANWrs2WKiILeVyU7Tt7ep14fPpd30rWTVenwkuoirFwbnTRpSESSy9tTDExiGU-U-4gbV6xa3hC2-XSUNSHGZFKlwzpfco-EbzwO417uJ-W~vhDcg133e~QwJf6hJj3AM5jM1W1IZ5vEniPnQSqjt79DYl4xZ~K0QhCjXnjbUQ6nb>

VOGf3Ek4rApudxh-a~BmTG19QQFYdHvHCgkCpCUKIF0eLkpaDvGqVFwQl7WNiDhutzRWK-~3f8S4jC2FADCDHLstwymIP4KZLJvLeMSUyEAE13MiN148n3nTdOeJvki11T0yHg&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

[45] Guerrero, H. (2019). Inventarios manejo y Inventarios manejo y control control. Scielo. <https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2017/08/Inventarios-manejo-y-control.pdf>

[46] Bernal, B. N. A. (2018, 17 agosto). Propuesta de mejoramiento en el control y manejo del stock físico de sabores en el área de portafolio en Givaudan Colombia - hdl:11349/13523. Scielo. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/13523>

[47] Candia, L. D. (2019, 20 marzo). Mejoras en maquinaria industrial con IoT: hacia la industria 4.0. SEDICI. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/73348>

[48] Beato, G. (1986, marzo). JSTOR: Access Check. JSTOR. <https://www.jstor.org/stable/3540415?seq=1>

[49] Martínez, G. J. (2016, 10 noviembre). La producción en serie y la producción flexible : principios, técnicas organizacionales y fundamentos del cambio. ZALOAMATI. <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/4502>

[50] Quebrado, R. J. (2012, 23 enero). Los robots en la industria. UAEH. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/491>

[51] Cortés, C. B. Y. (2017). El entorno de la industria 4.0: Implicaciones y perspectivas futuras. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6405835>

[52] Farinós, N. T. D. M. (2020b, noviembre 11). Ciberseguridad en la industria 4.0. REPOSITORIO UPV. <https://riunet.upv.es/handle/10251/127274>

[53] Spiess, P., Karnousko, S., Guinard, D., Savio, D., Baecke, O., Moreira, L., & Trifa, V. (2016). SOA-based Integration of the Internet of Things in Enterprise Services. Scielo. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.208.634&rep=rep1&type=pdf>

[54] León, M. A. (2019, abril). Procedimiento para la gestión por procesos: métodos y herramientas de apoyo. Scielo. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-33052019000200328&script=sci_arttext&tlng=en

[55] Oscar Amaury Rojas, Modelado de Sistemas Integrados de Producción, Ingeniería en Automática Industrial, UniCauca, Popayán Cauca, 2019