

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL DESARROLLO DEL DISEÑO VIRTUAL DE
UN CLASIFICADOR E INSPECCIONADOR DE PALLETS**

Trabajo de Titulación para optar al Título
de INGENIERO EN FABRICACIÓN Y
DISEÑO INDUSTRIAL Y Licenciado
en INGENIRÍA EN FABRICACIÓN Y
DISEÑO INDUSTRIAL

Alumno:
Manuel Alejandro Arredondo Mora

Profesor guía:
Dr. Carlos Antillanca Espina

RESUMEN

PALABRAS CLAVE: optimización y automatización de procesos industriales, clasificación e inspección de pallets, productividad, modelado virtual.

Embotelladora Andina S.A, una empresa multinacional ubicada en Renca Chile, que necesita mejorar el proceso de clasificación e inspección de pallets que actualmente se desarrolla de forma manual, donde participan 5 operadores grúa y 10 ayudantes que trabajan por parejas para inspeccionar 15 tipos de pallets distintos y clasificarlos por estado (buen, reparación o desecho), lo que genera variaciones de productividad, elevados costes de mano de obra, problemas de rotación, formación continua de los empleados y una calidad subjetiva de los pallets ya que, depende de su criterio de clasificación.

Para hacer frente a este reto, la empresa nos encomendó como equipo automatizar el proceso de clasificación e inspección de pallets, implementando tecnologías como el procesamiento de imágenes, aprendizaje automático y el desarrollo de un modelo virtual a escala real con sus respectivos costos de implementación.

Este estudio se desarrolló con un total de 4 integrantes que desarrollaron tres aspectos como son el perfil técnico, perfil comercial industrial y perfil de diseño. Donde el primer perfil logro la capturar imágenes de los pallets desde distintos ángulos y posiciones, procesando las imágenes para extraer información relevante sobre el tipo y el estado de éste, generado un aprendizaje automático del sistema, el segundo perfil extrajo datos con la finalidad de saber la viabilidad económica del proyecto y el ultimo perfil con el que se centrara este trabajo fue la concepción de un modelado virtual del proceso.

Para el modelado virtual se elaboraron varias propuestas, un bosquejo inicial donde se mostró la distribución a ocupar del modelo y los puntos de salida del producto, llegando hasta la última propuesta de modelo aprobada por la empresa, se utilizaron los siguientes programas: fusión 360, Inventor Profesional y AutoCAD.

Con la implementación de esta solución tecnológica, se logró que Embotelladora Andina S.A pueda alcanzar una productividad diaria de 5.750 pallets, cumpliendo con los estándares exigidos por la empresa, permitiendo una clasificación precisa de los pallets en tiempo real, optimizando el proceso global y mejorando la eficiencia operativa.

ABSTRACT

KEYWORDS: optimization and automation of industrial processes, pallet classification and inspection, productivity, virtual modeling.

Embotelladora Andina S.A, a multinational company located in Renca Chile, that needs to improve the pallet classification and inspection process that is currently carried out manually, involving 5 crane operators and 10 assistants who work in pairs to inspect 15 types of pallets different. and classify them by condition (good, repair or scrap), which generates productivity variations, high labor costs, rotation problems, continuous employee training and a subjective quality of the pallets since it depends on their classification criteria.

To face this challenge, the company recommended that we as a team automate the pallet classification and inspection process, implementing technologies such as image processing, machine learning and the development of a full-scale virtual model with its respective implementation costs.

This study was developed with a total of 4 members who developed three aspects such as the technical profile, industrial commercial profile, and design profile. Where the first profile captures images of the pallets from different angles and positions, processing the images to extract relevant information about the type and state of the pallets, generating automatic learning of the system, the second profile extracted data with the purpose of know the economic viability of the project and the last profile on which this work was focused was the conception of a virtual modeling of the process.

For virtual modeling, several proposals were prepared, an initial sketch showing the distribution to be occupied by the model and the exit points of the product, reaching the last model proposal approved by the company, the following programs were used: fusion 360, Professional Inventor and AutoCAD.

With the implementation of this technological solution, it was possible for Embotelladora Andina S.A to achieve a daily productivity of 5.750 pallets, complying with the standards required by the company, allowing a precise classification of the pallets in real time, optimizing the global process, and improving the operating efficiency.

ÍNDICE

RESUMEN.....	2
ABSTRACT	3
SIGLAS Y SIMBOLOGÍA.....	11
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES DEL PROYETO	2
1. ANTECENDETES DEL PROYECTOS	3
1.1. ANTECEDENTES.....	3
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD DE DISEÑO	4
1.3. CONTEXTO DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD.....	5
1.3.1. Diagrama con los diferentes organismos involucrados en el proceso.....	5
1.3.2. Layout de la empresa	6
1.3.3. Flujo de bloques del proceso de clasificación e inspección.....	7
1.3.4. Tipología de pallets no Coca-Cola andina	8
1.3.5. Pallet doble entrada andina	9
1.3.6. Pallet reforzado	10
1.3.7. Criterios de clasificación de Coca-Cola andina	11
1.3.8. Perfiles de usuario del proceso.....	12
1.3.9. Robot automatizado	14
1.4. ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL PROBLEMA	15
1.4.1. Metodología del proyecto	15
1.5. COMPRENSIÓN DEL MERCADO	17
1.5.1. Lean canvas del proyecto	18
1.6. DIMENSIÓN TECNOLÓGICA	19
1.6.1. Primer modelo de solución.....	20
1.6.2. Segundo modelo de solución	21
1.7. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	22
1.7.1. Objetivo general	22
1.7.2. Objetivos específicos	22

CAPÍTULO 2: DISEÑO DE INGENIERÍA.....	23
2. DISEÑO DE INGERÍA	24
2.1. DEFINICIÓN, DESARROLLO DE OBJETIVOS DEL PRODUCTO.....	24
2.1.1. Objetivos por desarrollar:.....	24
2.1.2. Metas a seguir para la metodología.....	25
2.1.3. Metodología resumida en el siguiente diagrama.....	26
2.1.4. Historial de propuestas iniciales desarrolladas	26
2.1.5. Funciones de los requisitos de la empresa	28
2.2. ALTERNATIVA MORFOLÓGICAS Y TECNOLOGÍAS	28
2.2.1. Propuesta preliminar	29
2.2.2. Layout de la propuesta preliminar.....	31
2.3. DESARROLLO DE PIEZAS Y COMPONENTES	32
2.3.1. Componentes principales del proceso.....	32
2.3.2. Listado de componentes	33
2.4. DISEÑO PARA LA FABRICABILIDAD A BASE DE MODELO 3D	36
2.4.1. Tabla costos del diseño.....	36
2.4.2. Propuesta final.....	37
2.5. ANÁLISIS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN	37
2.5.1. Definición del proceso general (ideal)	38
2.5.2. Diagrama ideal del proceso.....	38
2.5.3. Definición del layout ideal.....	38
2.6. TIEMPOS PRODUCTIVOS Y COSTOS DE MANUFACTURA	39
2.6.1. Tabla de costos de todos los componentes del proceso.....	40
2.6.2. Tabla de costos de mano de obra.....	41
2.6.3. Tabla de costo total del proyecto	41
2.6.4. Tabla de costos de mantenimiento del sistema.....	42
2.6.5. Tabla tiempo productivo general.....	42
2.6.6. Tabla de tiempos productivos del proceso	43
2.7. PROPUESTA DE FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO.....	44
2.7.1. Propuesta virtual final video	44

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN FUNCIONAL DE PRODUCTO	43
3. EVALUACIÓN FUNCIONAL DE PRODUCTO-PROTOTIPO	43
3.1. Los niveles de maduración contenidos en este trabajo son:.....	43
3.1.1. Integración de niveles TRL en el proyecto	44
3.1.2. Resultados de los costos y beneficio de solución final	45
3.1.3. Gráfico de ahorro potencial.....	45
3.1.4. Gráfico Ahorro potencial acumulado	46
3.1.5. Beneficio de la solución final.....	47
3.1.6. Costo total del proyecto primer año	48
3.1.7. Gráfico Ahorro potencial actualizado a 10 años	49
3.1.8. Estado actual	49
 CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	50
BIBLIOGRAFÍA.....	54
ANEXOS	55
ANEXOS A: Diagramas de bloques	56
ANEXOS B: Planimetría del modelo	58
ANEXOS C: Propuesta iniciales.....	60

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1. Situación actual del organismo de clasificación de pallets.....	5
Ilustración 1-2. Sector zona de clasificación de pallets	6
Ilustración 1-3. Pallets de los distintos proveedores estratégicos	9
Ilustración 1-4. Pallets tipología Coca-Cola Andina.....	10
Ilustración 1-5. Pallets tipología Coca-Cola Andina.....	10
Ilustración 1-6. Trabajadores del proceso	13
Ilustración 1-7. Robots automatizados para ser integrados al nuevo proceso.....	14
Ilustración 1-8. Modelo Canvas del proyecto.	18
Ilustración 1-9. Primer acercamiento a la solución.	20
Ilustración 1-10. Segundo acercamiento a la solución.	21
Ilustración 2-1. Total, de propuestas alcanzadas.	26
Ilustración 2-2. Modelado preliminar.....	29
Ilustración 2-3. Modelado preliminar.....	30
Ilustración 2-4. Layout de la propuesta preliminar.	31
Ilustración 2-6. Planimetría de la solución final	39
Ilustración 2-7. Propuesta.....	44
Ilustración 3-1. Propuesta final	45

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1. Demanda diaria de pallets del mes de marzo	4
Gráfico 3-1. Ahorro potencial.	46
Gráfico 3-2. Ahorro potencial acumulado.....	46
Gráfico 3-3. Ahorro potencial actualizado a 10 años.	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Criterios y parámetros de clasificación e inspección de pallets.....	12
Tabla 1-2. Identificación de los perfiles de usuario del proceso actual.	13
Tabla 1-3. Etapas a seguir para el desarrollo del proyecto.....	16
Tabla 2-1. Funciones por destacar en el modelado preliminar.....	28
Tabla 2-2. Costos del diseño.	36
Tabla 2-3. Componentes: Inversión Inicial.	40
Tabla 2-4. Costos de mano de obra.	41
Tabla 2-5. Costos totales de implementación del proyecto.....	41
Tabla 2-6. Costo global escenario con proyecto	42
Tabla 2-7. Costos de mantenimiento del sistema.	42
Tabla 2-8. Estimación de tiempos productivos.	43
Tabla 2-9. Estimación de tiempos productivos exclusivamente del proceso	44
Tabla 3-1. Distribución de probabilidad componentes inversión.....	47
Tabla 3-2. Distribución de probabilidad sueldos.....	47
Tabla 3-3. Distribución de probabilidad costos de mantenimiento.....	48

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1-1. Proceso actual de clasificación e inspección de pallets	8
Diagrama 2-1. Resumen de la metodología a utilizar paso a paso.....	26
Diagrama 2-2. Proceso con la integración con la nueva automatización.....	38

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLAS

LED: Light Emitting Diode
CLP: Controlador lógico programable
TRL: Technological Readiness Level
RAM: Random Access Memory
UF: Unidad de fomento
3D: Ttridimencional

B. SIMBOLOGÍA

\$: Precio
cm: Centímetros
mm: Milímetros
%: Procentaje
kg: Kilogramo

INTRODUCCIÓN

Coca Cola Andina es una empresa multinacional, que en Latinoamérica tiene participación en los mercados de Argentina, Brasil, Chile y Paraguay. La compañía tiene por visión liderar el mercado de bebidas, y su misión es cumplir con el transporte de productos, envases y pallets en la cantidad adecuada, lugar correcto, momento apropiado y al menor costo posible.

Para lo anterior, coordina la recolección de todos los pallets de los diferentes centros de distribución del país y se encarga de las actividades relacionadas para su correcta clasificación, reparación y distribución.

El principal centro de distribución de la organización está ubicado en la comuna de Renca en la Región Metropolitana, esta es la única instalación de la empresa destinada a la clasificación e inspección de pallets, los que llegan desde todas las plantas y centros de distribución del país, en ella se clasifican 3000 pallet por día. (Javier Carrasco Lillo, 2023)

Actualmente, el proceso se realiza de forma manual por 5 operadores de grúa y 10 auxiliares, quienes trabajan en pareja debido a la ley del saco, la que no permite que un trabajador levante una carga mayor a 25 kilogramos. Su trabajo consiste en inspeccionar 15 tipos de pallets provenientes de diferentes socios estratégicos para clasificarlos según el estado en el que se encuentran: operación, reparación o desecho. (Maulen, 2023)

La compañía está evaluando alternativas que le permitan automatizar este proceso debido a las problemáticas que conlleva. Por lo que desean evaluar las ventajas y desventajas que podría entregarles un proyecto de este tipo y dimensionar cómo afectaría la implementación de nuevas tecnologías a la compañía.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

En el primer capítulo de este proyecto se proporciona una recopilación de datos y conceptos relacionado en el ámbito industrial de alimentos, para la creación de un clasificador e inspeccionado de pallets de forma virtual estableciendo cuales son las dificultades y necesidades que se necesitan resolver o mejorar en el sistema productivo, primeramente.

1.1. ANTECEDENTES

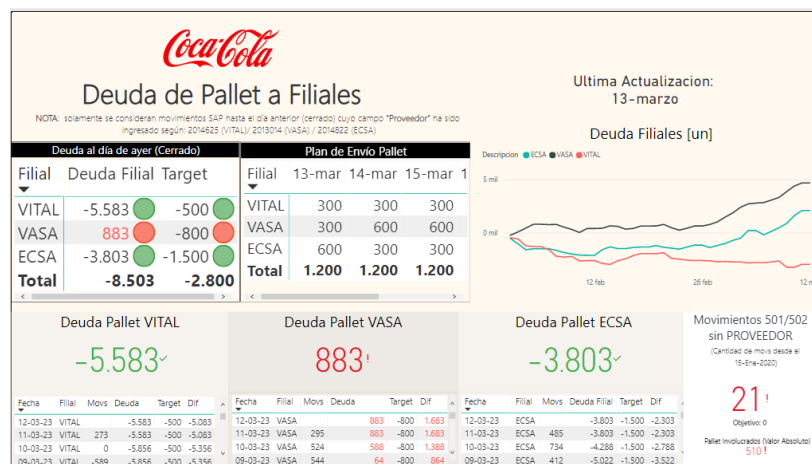
Coca-Cola Andina es una de las embotelladoras más grandes de 'The Coca-Cola Company' en América Latina con participación en los mercados de Argentina, Brasil, Chile y Paraguay. La visión de la compañía es liderar el mercado de bebidas, mientras que su misión es cumplir con el transporte de productos, envases y pallets en la cantidad adecuada, lugar correcto, momento apropiado y al menor costo posible. Sus actividades principales son la producción, embotellamiento, comercialización y distribución de bebidas. En Chile, también se encarga de comercializar y distribuir otras marcas, como por ejemplo Monster, AB InBev, Capel, Santa Rita, entre otros. Para lo anterior, cuenta con 18 centros de distribución y 3 plantas internas a lo largo del país, siendo la mayor de estas la planta ubicada en Renca (Región Metropolitana), que cuenta con X líneas de producción y es el único centro de clasificación e inspección de pallets del territorio. Debido a la gran participación de mercado de la empresa en el país, la cual alcanza un 64 % en la venta de bebidas gaseosas, 40 % en jugos y otros, y 44 % en aguas, la logística toma un rol fundamental en las operaciones de la compañía. Para garantizar la disponibilidad de productos en el mercado es necesario contar con una cadena de suministro eficiente y fluida, que impactará en la capacidad de respuesta de la compañía ante cambios en la demanda, en el desarrollo de ventajas competitivas y en la imagen de marca. Esta dinámica depende de factores como el inventario, el transporte y, en el contexto específico de este mercado, la gestión adecuada de pallets.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD DE DISEÑO

El problema actual de la organización es la falta de automatización en el proceso de clasificación e inspección descrita anteriormente, del que derivan problemas como: variación en la productividad, costos de mano de obra, capacitación y rotación de personal y pallets con calidad no estandarizada en la salida.

Es por lo anterior, surge la motivación de desarrollar y evaluar la posibilidad de cambiar este proceso, que hoy en día se realiza de forma manual, a uno que involucre la implementación de tecnologías para su automatización, que sean más amigables con el operador o trabajadores, contando con distintas medidas de seguridad, más eficiente y rápido para el proceso de clasificación e inspeccionado de pallets.

En el siguiente Gráfico 1-1 se puede ver la deuda de pallets de Coca Cola con sus filiales al 13 de marzo, donde se puede apreciar que no siempre logran satisfacer la demanda de las filiales. (Javier Carrasco Lillo, 2023)



Fuente: (Javier Carrasco Lillo, 2023)

Gráfico 1-1. Demanda diaria de pallets del mes de marzo

La empresa clasifica e inspecciona 3.000 pallet al día y desea aumentar su productividad en 6.000 pallets en 12 horas aproximadamente, a una razón de 583 pallets/hora, con una producción más constante y menos variaciones.

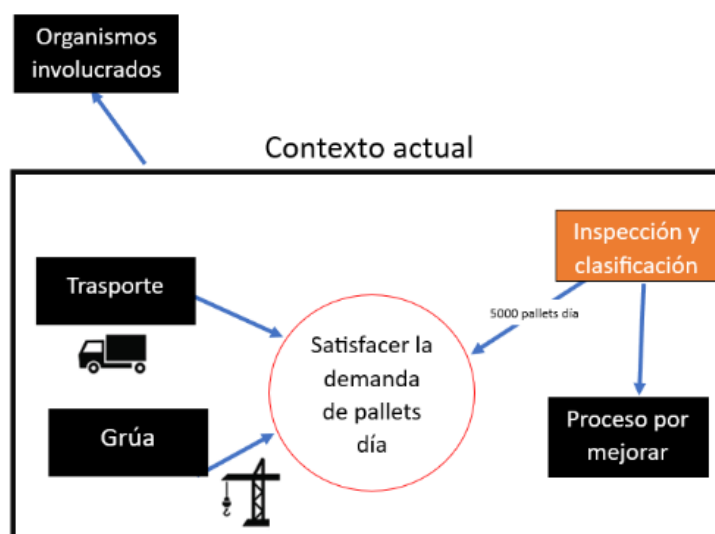
1.3. CONTEXTO DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD

Antes de empezar con los elementos relevantes en el marco de la investigación es necesario analizar los elementos que se encuentran dentro del contexto del manejo de los pallets y la demanda diaria que debe satisfacer Coca Cola andina mencionado anteriormente en la tabla como son:

- Entender el movimiento de los pallets desde el exterior de la planta, donde se pueden identificar tres organismos involucrados en el proceso, luego analizar el layout de la empresa, para comprender como se movilizan los pallets dentro de la misma.
- Conocer los diferentes tipos de pallets analizándolo desde sus características de materialidad, tamaño, dificultades, altura y otros aspectos.
- Conocer el contexto actual del personal encargado del proceso en el transporte, las grúas y el procedimiento, con el fin de saber qué fases se pueden ver afectadas.
- Y la infraestructura y materiales que la empresa tiene disponibles.

1.3.1. Diagrama con los diferentes organismos involucrados en el proceso.

Los organismos involucrados en el año 2024 con los que cuenta Coca Cola andina son montacargas, personal capacitado para la clasificación de pallets e inspección y el transporte para llegar a los distintos clientes estratégicos a continuación se evidencia en la Ilustración 1-1 más gráfico de los organismos involucrados en el proceso.



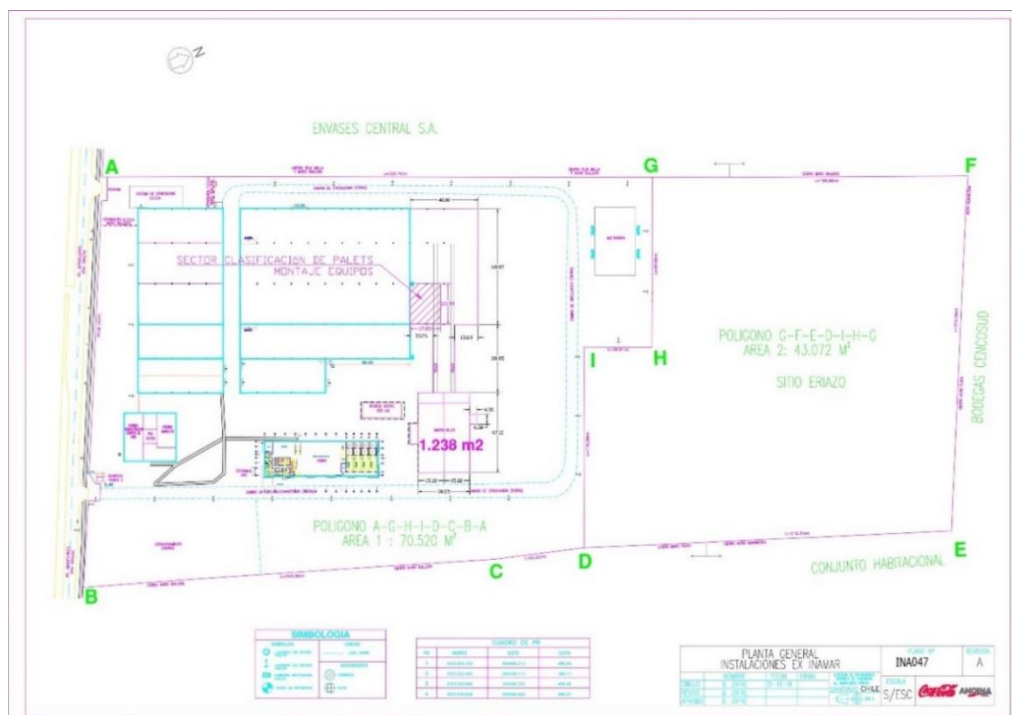
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 1-1. Situación actual del organismo de clasificación de pallets

El diagrama muestra los organismos involucrados en el proceso actual, donde participan transportes, grúa e inspección y clasificación de pallets. La unión de estos 3 organismos tiene como objetivo satisfacer la demanda diaria de la empresa por lo que, si se modifica uno, se deben analizar los demás cargos involucrados para no llegar a congestionar o empeorar el proceso. Los pallets vienen de distintos socios estratégicos, filiales y plantas productivas de la zona centro y regiones para su clasificación y distribución. El proyecto se centra específicamente en el organismo de inspección y clasificación de pallets, el que debe verificar la calidad presente en los diversos tipos que son entregados diariamente. Por último, se pretende tomar este proceso y mejorarlo desde el punto de vista de la efectividad y productividad deseada.

1.3.2. Layout de la empresa

En el plano podemos ver las distintas salidas y cada área de producción de coca cola andina contando con la nueva zona dispuesta para el sector de clasificación e inspección de pallets donde se montará la solución a desarrollar todo visto desde una vista de planta



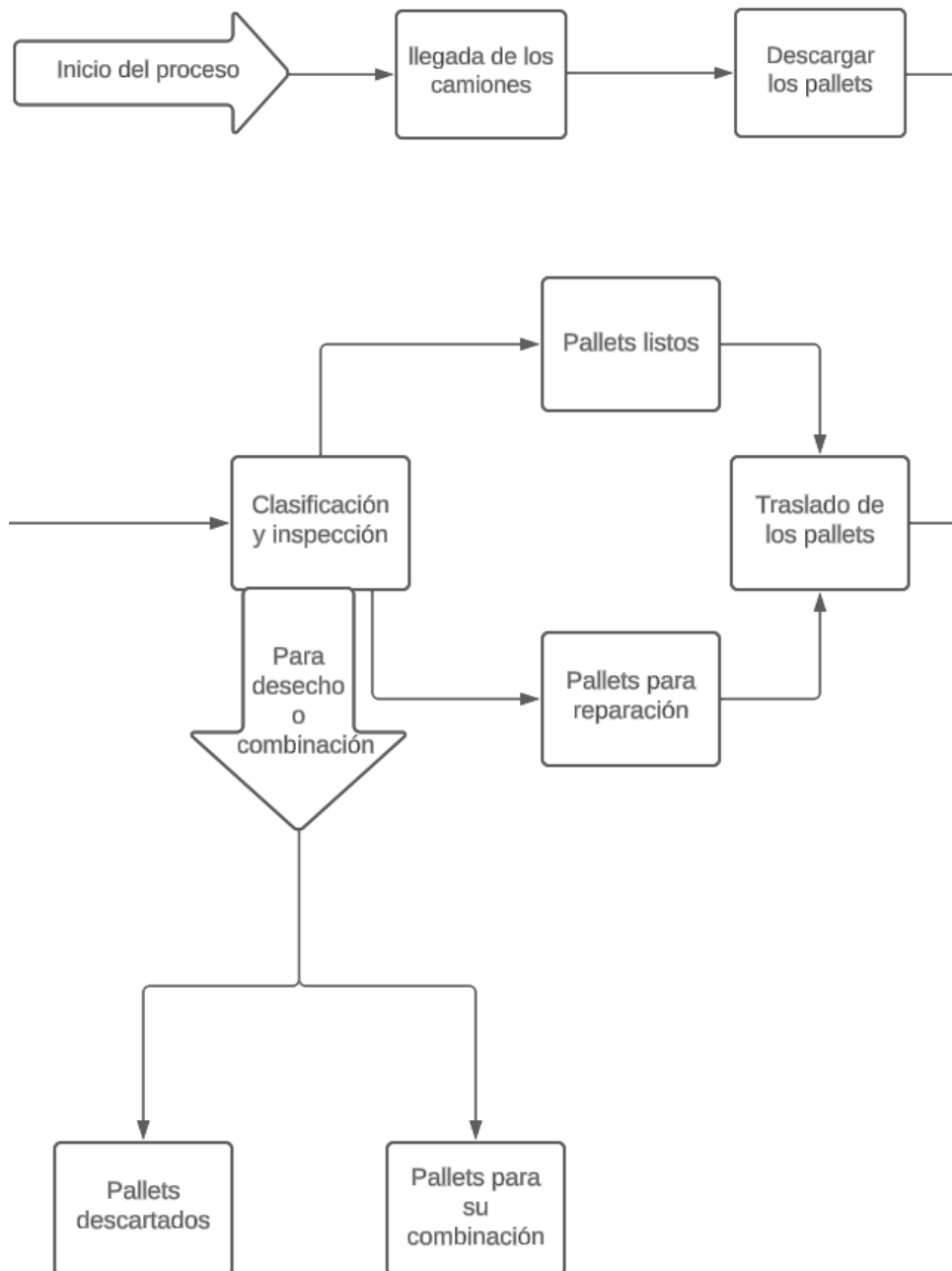
Fuente: (Jofre, 2019)

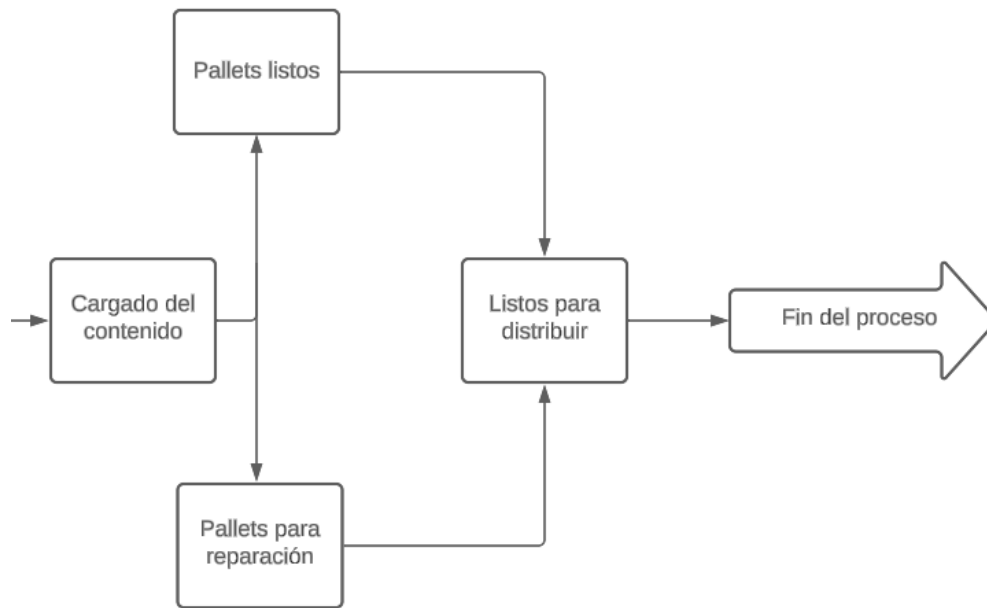
Ilustración 1-2. Sector zona de clasificación de pallets

El layout muestra gráficamente, los distintos puntos del Centro ubicado en la comuna de Renca, se destaca las puertas principales de entrada y salida de los pallets y la zona donde se clasifican los pallets.

A continuación, se evidencia el proceso completo actual desde el inicio del proceso hasta su etapa final:

1.3.3. Flujo de bloques del proceso de clasificación e inspección





Fuente: Elaboración propia
 Diagrama 1-1. Proceso actual de clasificación e inspección de pallets

En el Diagrama 1-1 se detalla la siguiente distribución del proceso completo desde la llegada de los pallets a la planta, empezando con la llegada de los camiones de coca cola andina, donde son descargados por el personal para así ser llevados a la zona de clasificación e inspección donde los aperadores manualmente revisan los pallets que serán descartados o con posibilidad de restauración en forma de desecho, como así también los pallets listos para su utilización o reparación que serán trasladados a la zona del cargador para ser utilizados en el proceso de embalaje de los bebestibles, incorporándose nuevamente al proceso productivo.

Actualmente en el año 2024, la empresa debe inspeccionar y seleccionar 15 pallets de diferentes proveedores que se muestran en la siguiente Ilustración 1-3:

1.3.4. Tipología de pallets no Coca-Cola Andina

Coca-Cola Andina forma parte de distintos socios contando con un total de 8 tipos de pallets no andina diferentes, ya sea en su materialidad, tamaño, robustes y precio de fabricación los cuales son los siguientes:

N*	TIPO DE PALLET	DENOMINACIÓN		TIPO DE PALLET	DENOMINACIÓN
1		PALLET RED TEO	5		PALLET PLÁSTICO PEQUEÑO
2		PALLET CHEP	6		PALLET PLÁSTICO GRANDE
3		PALLET YUGO VERDE	7		PALLET LEÑA
4		PALLET YUGO AZUL	8		PALLET BLANCO CMF

Fuente: (Maulen, 2023)

Ilustración 1-3. Pallets de los distintos proveedores estratégicos

En cuanto a los requisitos planteados por el cliente, este solicita una distribución que se divide en pallets para reparación, desecho y buenos, siendo estos últimos aquellos que están en condiciones para operar. Centrándonos exclusivamente en la tipología de pallets Andina, que se identifican dos variantes Andina normales y robustos denominados doble entrada y CCH reforzados respectivamente, dejando una salida aparte para las demás tipologías de pallets no Andina, que se muestra en la Ilustración 1-3.

1.3.5. Pallet doble entrada Andina

El pallet doble entrada mostrado en la Ilustración 1-4 es una de la variante que tiene Coca-Cola Andina en su cadena de empaquetado y sellado de bebidas con sus principales características como su tamaño: 1 x 1,2 metros largo y altura, materialidad de fibra de madera (menos resistentes a las deformaciones) contando con alguna dificultades como son pocos maleables y elástico llegando a romperse con facilidad si se ejerce una fuerza perpendicular debido a una mala clasificación e inspección de los pallets en algunas ocasiones.



Fuente: (Maulen, 2023)

Ilustración 1-4. Pallets tipología Coca-Cola Andina

1.3.6. Pallet reforzado

El pallet reforzado mostrado en la Ilustración 1-5 es una de la variante que tiene Coca-Cola Andina en su cadena de empaquetado y sellado de bebidas con sus principales características como su tamaño de 1,05 x 1,25 metros, materialidad madera (más rígidos, pero mucho menos elásticos) contando con algunas dificultades como son pocos maleables y elásticos llegando a romperse con facilidad si se ejerce una fuerza perpendicular debido a una mala clasificación e inspección de los pallets en algunas ocasiones.



Fuente: (Maulen, 2023)

Ilustración 1-5. Pallets tipología Coca-Cola Andina.

Cabe destacar, que existen ciertos conceptos o problemáticas que se deben tomar en cuenta para el correcto funcionamiento del proceso, como no forzar la llegada de los montacargas con un ángulo máximo de 180 grados y analizar bien cómo estos se irán trasladando para concretar una recogida de pallets lo más armoniosa posible, evitando así posibles accidentes con el objetivo de tener un proceso sin interrupciones.

También es importante definir cuál será la tecnología que se empleará, considerando las mejores combinaciones hasta llegar a la más adecuada, que cumpla con el tiempo solicitado por la empresa para el proceso completo; ya que de lo contrario se deberá realizar modificaciones a la propuesta para optimizar el tiempo requerido.

Como se mencionó anteriormente en los requisitos del cliente, la empresa quiere dejar de lado la clasificación de los demás pallets dejando un canal de recogida que saque de inmediato los pallets no andina, siendo la única instancia que formarán parte del proceso, sólo los pallets andina ingresaran a la zona de clasificación e inspección, que serán seleccionados en tres fases de testeo: reparación, desecho y pallet listos para su uso diario, con los siguientes criterios de clasificación:

1.3.7. Criterios de clasificación de Coca-Cola Andina

La empresa cuenta con distintos criterios a la hora de clasificar e inspeccionar pallets donde se revisa los tacos y la parte superior e inferior, siendo derivados en tres facetas distintas como son pallets buenos los cuales deben contar con todos sus tacos entre otros aspectos estos podrán entrar a la cadena de producción de forma inmediata, los pallets para reparación deben contar con un máximo de 2 tacos faltantes y por ultimo pallets para su desame los cuales serán utilizado para recupera alguna partes para los pallets en reparación como se muestra en el siguientes Tabla 1-1:

Tabla 1-1. Criterios y parámetros de clasificación e inspección de pallets.

Ítem	Buenos	Reparar	Desarme
Tacos	Debe tener sus tacos	Máximo 2 tocos faltantes	Más de 2 tacos faltantes y/o más de 2 tacos dañados
	Deben estar íntegro como mínimo en un 80%	Deben estar íntegro como mínimo en un 80%	
	Bien clavados, fijos en posición		
	No sobresalir de la cuadratura del pallet		
SUPERFICIE SUPERIOR INFERIOR	Debe tener todas sus tablas	Maximo 3 tablas dañas o faltantes	Más de 3 tablas dañas o faltantes
	Las tablas que la componen no debe estar rotas o fisuradas		
	Tablas bien clavadas, fijas en su posición		

Fuente: (Maulen, 2023)

Un factor clave en el análisis es el personal del proceso; ya que pasan largas horas repitiendo un procedimiento monótono de pie, levantado entre dos personas un pallet que pesa un total de 25 kilogramos, lo que les provoca problemas como lumbalgia, escoliosis entre otros. (Maulen, 2023)

El proceso depende totalmente de la salud y disponibilidad del operador sin poder predecir sus faltas, provocando que en ocasiones no se cumpla la demanda establecida de 3000 pallets diarios.

1.3.8. Perfiles de usuario del proceso

En el perfil de usuario se le pregunto al demandante, ¿cuántos trabajadores cuenta actualmente en este año 2024 en el proceso de clasificación e inspección de palletes?, para tasar las edades y tareas que desempeñan en el proceso, con el objetivo que la solución se acomode a sus edades y conocimiento no afectando a su desempeño laboral mostrado en el siguiente cuadro de la identificación de los perfiles de usuario del proceso actual en la selección de pallets en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2. Identificación de los perfiles de usuario del proceso actual.

Perfiles de usuario			
Área de trabajo	Rango de edad	Ocupación	Trabajadores involucrados
Transporten	20 a 45 años	Logística de pallets	6
Grúa	20 a 45 años	Técnico en operador de grúa	5
Inspecciones y clasificación	20 a 45 años	Técnico especializado en el área indu	10

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 1-2 se destacan 3 áreas de trabajo las cuales son transporte, grúa e inspección y clasificación de pallets los cuales cuentan con un total de 21 trabajadores mencionado en la Ilustración 1-6 que cuentan con nivel profesional técnico. Con respecto a la última área se debe mencionar que se inspecciona y clasifican un total de 5000 pallets por día, pero esta puede variar, dependiendo del rendimiento de los trabajadores y por último su rango etario que va desde los 20 años hasta los 45 años.



Fuente: (Javier Carrasco Lillo, 2023)
Ilustración 1-6. Trabajadores del proceso

La infraestructura y recursos identificados que nos facilitó la empresa demandante para poder desarrollar el proyecto son los siguientes:

- Robots automatizados que atienden ágil y oportunamente, asegurando la productividad requerida y manteniendo el flujo virtuoso. Además, son los encargados de los inventarios programados a tiempo real.
- Visitas a terreno para conocer de cerca el proceso de clasificación de pallets actual y el lugar en dónde se pretende llevar a cabo el proyecto: fuimos a terreno el sábado 23

de agosto para conocer de cerca el proceso de clasificación de pallets actual y el lugar en dónde se pretende llevar a cabo el proyecto.

- Reuniones periódicas con encargados del proyecto de la organización: todos los viernes nos reuníamos vía zoom con la empresa para revisar los avances del proyecto.

1.3.9. Robot automatizado

Coca-Cola Andina cuenta robot automatizados mostrados en la Ilustración 1-7 que son utilizados para necesidades logísticas en la Planta productiva en Renca de forma eficiente y efectiva, atendiendo ágil y oportunamente las solicitudes de in&out para asegurar la productividad de todas las líneas de producción, operando el sistema LGV con tiempos de misión óptimos para mantener un flujo virtuoso y con esto la ocupación de la bodega de producción en rangos saludables y sin diferencias de inventarios los cuales se planea ser utilizados en la nueva zona de clasificación e inspección de pallets. (Javier Carrasco Lillo, 2023)



Fuente: (Javier Carrasco Lillo, 2023)
Ilustración 1-7. Robots automatizados para ser integrados al nuevo proceso

Al analizar las variables antes descritas se considera factible desarrollar un modelado virtual que entregue una solución viable para empresa, que le permita contar con una propuesta de diseño, que integre seguridad, eficiencia, optimización, rapidez, interacción con el usuario, correcta distribución y que considere las obligaciones legales y restricciones pertinentes del demandante que son:

- Alcanza una productividad de 6000 pallets clasificados por día, que cumpla con la demanda en temporada alta.

- Mejorar la naturaleza manual actual de la clasificación e inspección que lleve estándares adecuados para los pallets aceptados y rechazados. Logrando la estandarización del proceso evitando de esta manera errores en actividades posteriores.
- Disminuir la rotación de personal y la necesidad constante de capacitar a menos trabajadores disminuyendo así los costos laborales y de capacitación.

1.4. ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL PROBLEMA

Para llegar a la solución del diseño del proceso se empezará con la elaboración de un bosquejo donde se indicará de forma primitiva y general la distribución de ejecución del sistema, es decir, como funcionara desde la entrada hasta la salida, pero sin datos específicos, ni dimensionado a la realidad, para que sea aprobada primeramente por el cliente.

Después de lo anterior pasaremos a la propuesta número 2 en esta se diseñará el modelado exclusivo de la propuesta de clasificación e inspección de los pallets contando con la tecnología a ocupar, mostrado de forma virtual. Se contará también con un plano AutoCAD donde se dimensionará con las medidas reales el sistema detallando los componentes.

Pasando a la última etapa donde se visualizará completamente el proceso ya modificado y modelado en fusión 360 o inventor profesional, los errores o problemas encontrados en las propuestas de etapas anteriores, dando a conocer la solución final del proyecto.

1.4.1. Metodología del proyecto

Este proyecto contará con tres etapas claves que son bocetos propuesta inicial, modelado inicial a partir del boceto y por último la corrección del modelado final ilustrado en la siguiente. (tabla 1-3.)

Tabla 1-3. Etapas que seguir para el desarrollo del proyecto.

Etapas	Descripción
Boceto propuesta inicial n° 1	A partir de la idea propuesta, previamente aceptada por la empresa, realizar un bosquejo.
Modelado inicial n° 2	Modelado inicial obtenido a partir de la idea conceptual a forma de boceto
Modelado final n° 3	Obtener la solución final y hacer las modificaciones pertinentes al modelado en relación a los problemas que presente la solución inicial y la planimetría de las partes a fabricar.

Fuente: Elaboración propia

La metodología que se utilizará en primera instancia será el desarrollo de un journey map, el cual se realiza una visualización de la experiencia del cliente o usuario mediante la interacción con un servicio u organización. Esto nos dará información importante de los puntos críticos y acciones que podrían causar un desbalance del proceso actual con la finalidad de controlar a tiempo dichos problemas.

Se analizarán los siguientes puntos o factores:

- **Persona:** el mapa de viaje generalmente comienza identificando la persona específica o el segmento de usuario que representa el mapa. Esto ayuda a enfocar el mapa en un grupo de usuarios en particular y sus necesidades, metas y características únicas.
- **Etapas:** El viaje se divide en diferentes etapas o fases, que representan la secuencia cronológica de pasos o interacciones que atraviesa el usuario. El número y los nombres de las etapas pueden variar según el contexto, pero a menudo incluyen etapas como Concienciación, Consideración, Compra, Uso y Soporte.
- **Puntos de contacto:** estas son las interacciones específicas o puntos de contacto entre el usuario y el producto, servicio u organización. Los puntos de contacto pueden ser tanto digitales como físicos y pueden incluir visitas al sitio web, llamadas telefónicas, correos electrónicos, interacciones en las redes sociales, visitas a la tienda, etc.
- **Acciones:** Se documentan las acciones realizadas por el usuario en cada punto de contacto. Esto incluye actividades como buscar información, comparar opciones, realizar una compra, usar el producto o servicio, buscar soporte, etc.

- Emociones: los mapas de viaje a menudo capturan las emociones o actitudes del usuario en varias etapas y puntos de contacto. Esto ayuda a comprender cómo se siente el usuario y qué factores pueden influir en su satisfacción o frustración.
- Puntos de dolor: Los puntos de dolor son los obstáculos o desafíos que el usuario encuentra durante su viaje. Estas pueden ser áreas de frustración, confusión o insatisfacción que deben abordarse para mejorar la experiencia general.
- Oportunidades: los mapas de viaje también destacan las oportunidades de mejora e innovación. Estas son áreas en las que la organización puede mejorar la experiencia del usuario, agregar valor o diferenciarse de la competencia. (reyes, 2023)

1.5. COMPRENSIÓN DEL MERCADO

En el mercado existen empresas que realizar la clasificación de pallets mediante cámaras y tecnología de sensores inteligentes como es Sick esta se presenta como un marco sólido para el desarrollo de esta investigación.

Sick, es un fabricante líder en sistemas de automatización y sensores industriales ha desarrollado soluciones para la identificación y clasificación de objetos, y en particular, su tecnología de sensores Inteligentes se ha utilizado ampliamente en la clasificación de pallets.

Los sistemas de clasificación de pallets de Sick incorporan cámaras inteligentes y algoritmos de reconocimiento de patrones para clasificar los pallets según una variedad de criterios, como tamaño, forma, etiquetas, códigos de barras o QR, entre otros. Estos sistemas se integran con otros equipos de manejo de materiales, como robots y transportadores, para lograr una mayor eficiencia y precisión en la clasificación y manipulación de los pallets. En resumen, la tecnología de sensores inteligentes de Sick ofrece una solución avanzada para la clasificación de pallets mediante cámaras en entornos industriales complejos, y se presenta como una referencia clave en la investigación en este campo. Como también es Cognex, Quintino y Mouser Electronics.

Con el fin de realizar una definición del modelo o estrategia de negocio se realizó un modelo de Canvas para resumir la necesidad establecida por el cliente o demandante, que se muestra a continuación:

1.5.1. Lean Canvas del proyecto

En el modelo Canvas del proyecto se tomó en cuenta la situación actual desarrollada en de forma manual por los empleados y los problemas que se aqueja, mostrando las ventajas y propuestas de valor a la hora de ser implementada la solución final cumpliendo con los estándares del cliente en la Ilustración 1-8.



Fuente: Elaboración propia.
Ilustración 1-8. Modelo Canvas del proyecto.

Se realizó un lean Canvas con el objetivo de resumir los beneficios o ventajas con respecto a la implementación de la solución definiendo los siguientes puntos a considerar:

- Problema: Comienza identificando un problema específico que tu producto o servicio resolverá. ¿Qué necesidad o dificultad enfrentan tus clientes potenciales?
- Solución: Describe cómo tu producto o servicio aborda ese problema identificado. Detalla sus características y funcionalidades clave.
- Métricas Claves: Establece las métricas que utilizarás para medir el éxito de tu proyecto o negocio. Estas podrían incluir ingresos, crecimiento de usuarios, retención de clientes, entre otras.
- Propuesta de Valor: ¿Qué hace que tu producto o servicio sea único y valioso para tus clientes? ¿Cuáles son los beneficios principales que ofreces?
- Ventajas Competitivas: Identifica y resalta las ventajas que tienes sobre la competencia. ¿Qué te diferencia? Puede ser la calidad, el precio, la innovación, el servicio al cliente, etc.
- Canales: Define cómo llegarás a tus clientes. ¿Utilizarás publicidad en línea, redes sociales, ventas directas, distribuidores, etc.?
- Segmentos de Clientes: ¿Quiénes son tus clientes ideales? Define los segmentos de mercado a los que te diriges basándote en características como demografía, comportamiento, necesidades, etc.

1.6. DIMENSIÓN TECNOLÓGICA

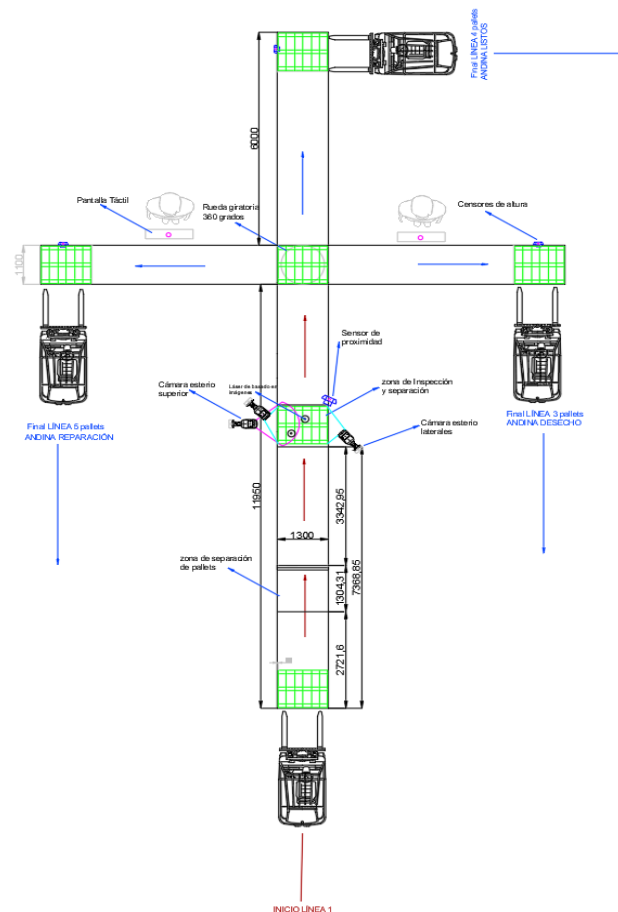
Dentro del análisis preliminar se determina que el sistema funciona con una línea principal de 13 pallets, que serán llevados por el montacargas a la zona de inspección, seguirá hasta una zona de separación donde entraran uno a uno al sistema, clasificados e inspeccionados por 3 cámaras, dos de ellas ubicadas en los laterales y la tercera tendrá una vista general.

Se contará con la integración de dos láseres basados en imágenes que verán la parte inferior del pallet y como ultimo un sensor de proximidad el cual detendrá el pallet para su revisión, pasando por una rueda giratoria. En este punto el sistema determina

el estado del pallet clasificándolo según su estado, ya sea, para reparación, desecho y listo finalizando el proceso con la llegada de montacargas siendo avisado por el sensor de altura.

1.6.1. Primer modelo de solución

La primera representación a base de bosquejo fue desarrollada en AutoCAD desde una vista de planta en esta primera instancia se pensó en tres salidas en relación con los criterios de clasificación e inspección de pallets, dados por el cliente donde se tiene una salida para reparación, buenos, desecho. Contando un girador de pallets y dos operadores revisando el proceso con la zona de inspección y clasificación mostrado en la Ilustración 1-9.



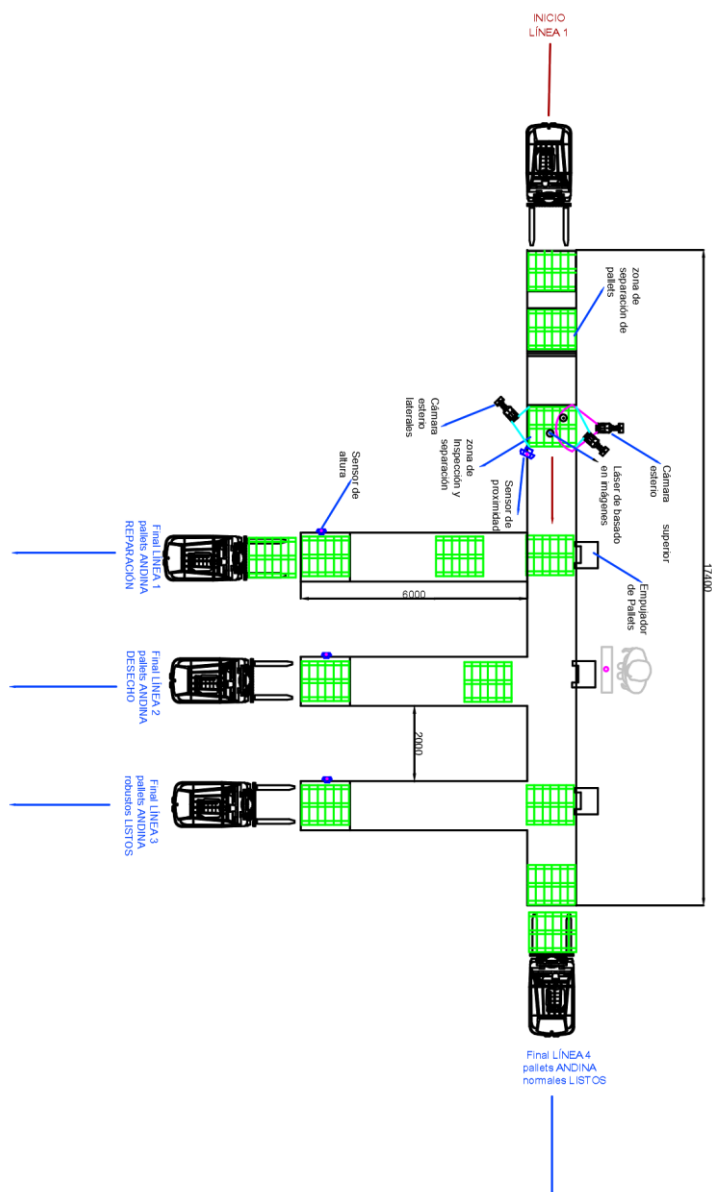
Fuente: Elaboración propia en AutoCAD
Ilustración 1-9. Primer acercamiento a la solución.

Luego tras analizar la propuesta anterior se llegó a la conclusión que presentaba algunos problemas en el tiempo empleado para la llegada y salida del pallet, ya que la

plataforma giratoria y el giro forzado de los montacargas generaban una demora excesiva en el traslado del pallet, por lo que se decidió cambiarla derivando la siguiente Ilustración 1-10.

1.6.2. Segundo modelo de solución

En la segunda propuesta mostrada en la Ilustración se agregó una salida más destinada para los pallets no tipología andina dejando las demás líneas para reparación, desecho y listos para su uso, junto con un empujador que derivara a la línea pertinentes agilizando así el proceso, disminuyendo a un solo operador.



Fuente: Elaboración propia en AutoCAD
Ilustración 1-10. Segundo acercamiento a la solución.

Como se aprecia en Ilustración 1-10, se pasó de una línea de inspección a 5, con esta solución se eliminó la plataforma giratoria, haciendo que el pallet sea manejado en una sola dirección. También se consideró en este modelo las dimensiones reales del espacio donde se desarrollará el proceso.

1.7. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Para avanzar con el proyecto se definieron los siguientes objetivos que serán contenidos en los capítulos dos y tres, ayudado a la recepción y solución del diseño final del modelo 3D los cuales son los siguientes:

1.7.1. Objetivo general

Diseñar una solución tecnológica que clasifique e inspeccione los diferentes tipos de pallets, que cumpla con las normas solicitadas por la compañía y con una productividad esperada de 6000 pallets Diarios.

1.7.2. Objetivos específicos

- Lograr una revisión virtual de la ejecución del proceso por implementar.
- Obtener de la solución final a partir de un modelado y planimetría de las partes a fabricar.
- Conseguir la Automatización del proceso y registrando las productividades.
- Conseguir e identificar los componentes a utilizar en el proceso.

CAPÍTULO 2: DISEÑO DE INGENIERÍA

2. DISEÑO DE INGENIERÍA

En el segundo capítulo se abordarán aspectos como el diseño 3D virtual a base de los bosquejos anteriores Ilustración 1-9 y 1-10, datos técnicos como son los componentes del sistema necesarios para su óptimo funcionamiento con sus parámetros y los tiempos productivos del sistema de clasificación e inspección de pallets de la solución final etc.

2.1. DEFINICIÓN DESARROLLO DE OBJETIVOS DEL PRODUCTO

2.1.1. Objetivos por desarrollar:

a) Objetivo general

Diseñar una solución tecnológica que clasifique e inspeccione los diferentes tipos de pallets, que cumpla con las normas solicitadas por la compañía y con una productividad esperada de 6000 pallets diarios.

b) Objetivos específicos

- Lograr una revisión virtual de la ejecución del proceso por implementar: En este apartado se pretende mostrar el modelado en funcionamiento con todos sus componentes integrados en el proceso a implementar previamente establecido y la demostración de su usabilidad.
- Obtención de la solución final a partir de un modelado y planimetría de las partes a fabricar: Se pretende conseguir la solución final con todas las modificaciones pertinentes, establecidas previamente por la empresa y su planimetría contando con datos técnicos, planos despiece, explosión y general del modelo.
- Conseguir la automatización del proceso y registrando las productividades Llegar a automatizar correctamente el proceso contando con que todos sus componentes funcionen de forma correcta sin ningún inconveniente.
- Conseguir identificar los componentes a utilizar en el proceso

- Por último, se establecen los componentes que utiliza el proceso cantando con sus respectivos precios y costos, con la identificación de que función tiene cada uno en el sistema a implementar.

2.1.2. Metas a seguir para la metodología:

Para hacer frente a los objetivos planteados definidos anteriormente para el sistema a diseñar se ha empleara una metodología de desarrollo iterativo junto con las metodologías descritas anteriormente en el capítulo 1.

Esta metodología implica la creación de bocetos iniciales en AutoCAD, que sirven como punto de partida. Estos bocetos se sometieron a un proceso de revisión y retroalimentación por parte del equipo multidisciplinario, que incluirá ingenieros y diseñadores permitiendo identificar posibles mejoras y ajustes en el diseño.

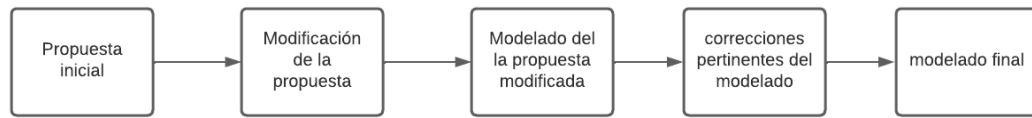
Una vez que se han establecido los objetivos y requisitos por parte de la empresa, se procederá a la creación de los bocetos en AutoCAD. Utilizando la representación visual inicial del diseño propuesto. Durante esta fase, se Exploraron las diferentes ideas y conceptos para el proyecto. Después de la fase de bocetos en AutoCAD, se iniciará la transición hacia la propuesta virtual. Para ello, se utilizará el software de modelado 3D, como es inventor y fusión 360, aclarados anteriormente para el modelado tridimensional.

Esta etapa nos permite una comprensión más profunda del diseño y para realizar análisis más precisos, como la detección de conflictos y la simulación de rendimiento.

La siguiente fase pasamos a la revisión y refinamiento continuo del diseño virtual, con la retroalimentación recibida por la empresa, esto garantizara que el diseño final cumpla con los objetivos y requisitos del proyecto de manera óptima.

Por último, se desarrollará el diseño virtual, presentando la propuesta al cliente y a las partes interesadas. Se realizará un video donde se muestre el modelo virtual para ayudar a transmitir la visión del proyecto de manera efectiva. Se espera que esta aplicación proporcione beneficios significativos en términos de detección temprana de problemas y una mayor claridad en el diseño para el cliente.

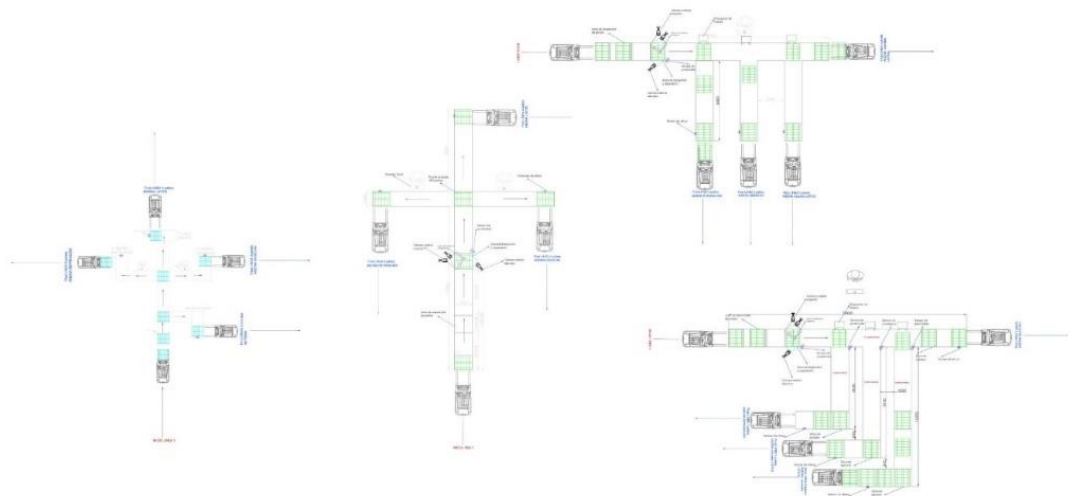
2.1.3. Metodología resumida en el siguiente diagrama



Fuente: Elaboración propia
 Diagrama 2-1. Resumen de la metodología a utilizar paso a paso.

2.1.4. Historial de propuestas iniciales desarrolladas

Dentro de las propuestas en forma de bosquejo desarrolladas inicialmente fueron un total de 4 donde se fue cambiando por diferentes necesidades, como fue conseguir una distribución más rápida de la salida y entrada del pallet, no someter a los montacargas a giros tan pronunciado para la recepción de los pallets, espacio extra para la recepción de los pallets y aumentar las zonas seguras dentro del proceso.



Fuente: Elaboración propia en AutoCAD.
 Ilustración 2-1. Total, de propuestas alcanzadas.

Es fundamental destacar que, hasta este punto en el proyecto, se ha trabajado arduamente en la generación de cuatro propuestas preliminares. Estas propuestas han sido objeto de continua revisión y ajuste a lo largo del desarrollo del proyecto, motivado en gran medida por los comentarios y las extensas reuniones que hemos mantenido con la empresa demandante.

Durante estas interacciones, se ha enfocado el análisis en tres aspectos cruciales que son de suma importancia para el cliente: el diseño virtual, los factores críticos y los componentes a utilizar en la solución final.

Empleado un enfoque estructurado y riguroso para examinar cada una de estas áreas, buscando crear una propuesta que cumpla con los más altos estándares de calidad y con las expectativas del cliente de manera sobresaliente.

Como parte de este proceso, se ha trazado un esquema que ha servido como guía para la evolución de las ideas y conceptos representado en forma de etapas. La esencia de la propuesta final es llevar este proyecto a su culminación en forma de un modelo virtual como se mencionó anteriormente siendo comprensivo y detallado.

Este modelo virtual será una representación precisa de una escena ficticia que encapsulará lo que podría llegar a ser en la realidad. Desglosando minuciosamente los componentes que se emplearán en la solución final. Cada elemento se presentará de manera detallada, permitiendo una comprensión profunda de cómo funcionarán en conjunto para lograr los objetivos del proyecto.

En resumen, el enfoque se centra en llevar la propuesta a su máximo potencial, utilizando herramientas de modelado virtual para proporcionar una representación vívida y precisa de la visión del cliente. Esto no solo asegurará que se cumplan los requisitos esenciales de diseño virtual, factores críticos y componentes a utilizar, sino que también permitirá una evaluación sólida de la usabilidad y funcionalidad del proyecto antes de su implementación en la realidad. Por lo que solo se podría llevar a un marco de pruebas desde el punto de vista de componentes y factores que podrían verse afectados a la hora de utilizar dicho sistema como podrían ser:

- **Obsolescencia de la tecnología:** Al tratarse de un sistema tecnológico siempre está la posibilidad que la tecnología utilizada sea desechada o remplazada por algo mejor que tenga el mercado en términos de velocidad, capacidad, eficiencia, etc. Esto puede el o los productos necesiten renovación que satisfaga la demanda diaria de la empresa.
- **Falta de permisos:** La empresa tendrá que contar con la obtención de permisos y cumplimientos de regulaciones relacionadas con la seguridad es esencial para operar de forma legal y proteger la salud de los trabajadores.
- **Costos de mantenimiento:** Contar con equipo especializado para realizar tareas de mantenimiento y herramientas.

2.1.5. Funciones de los requisitos de la empresa

Tabla 2-1. Funciones por destacar en el modelado preliminar.

Funciones	
Tiempo óptimo	Tiempo no óptimo
Distribución adecuada	Distribución no adecuada
Tecnología por utilizar	Tecnología mal integrada
Movimientos poco riesgosos	Movimientos muy riesgosos

Fuente: Elaboración propia.

2.2. ALTERNATIVA MORFOLÓGICAS Y TECNOLOGÍAS

Se definieron alternativas morfológicas evaluando las diferentes formas descritas en la Ilustración 2-1 eligiendo la más adecuada para la función de criterios específicos que más se acomodara.

Por otro lado, se comprendieron las diferentes tecnologías disponibles en el capítulo uno para abordar el problema, satisfaciendo la necesidad del cliente evaluando las ventajas, desventajas y limitaciones de los bosquejos anteriores llegando a la siguiente propuesta 3D virtual preliminar.

2.2.1. Propuesta preliminar

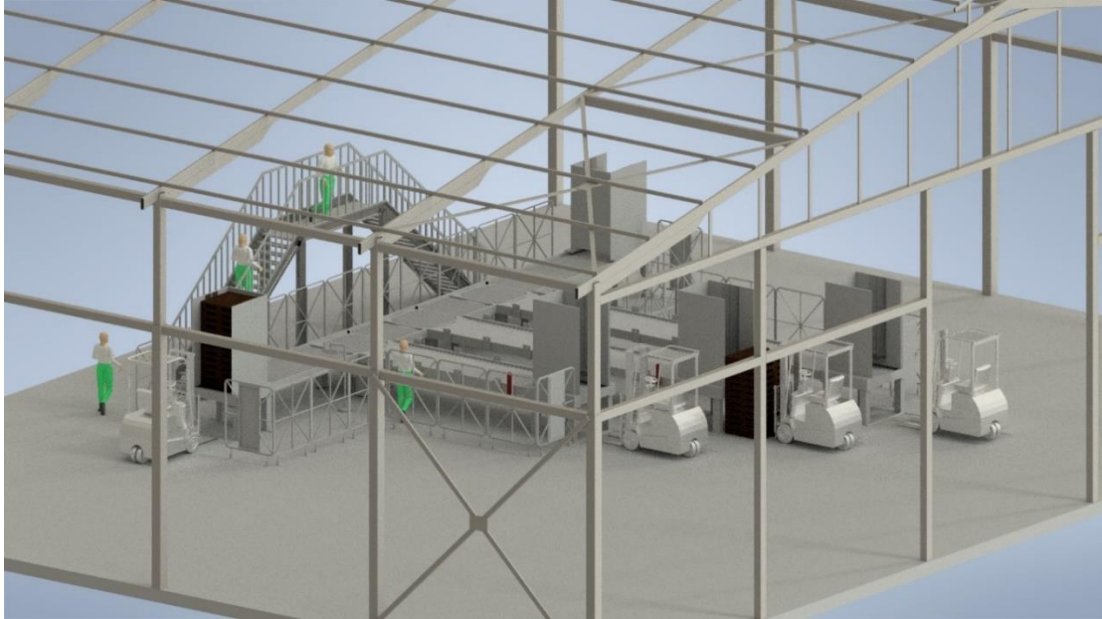


Fuente: Elaboración propia en Inventor Profesional.
Ilustración 2-2. Modelado preliminar.

En la parte izquierda, se encuentra una línea de entrada donde se depositarán 12 pallets manualmente. Estos pallets luego pasarán a la zona de inspección y clasificación de manera individual, ingresando uno por uno a través del magazín que levantará la pila de pallets.

Una vez que un pallet ha sido revisado, el sistema determinará su estado, que puede ser desecho, reparación o listo para su uso. La primera fila de salida está destinada a los pallets Andina que se consideran desechados. La fila siguiente se reserva para los pallets que requieren reparación, mientras que la última fila es para los pallets listos para su utilización.

Finalmente, en el extremo derecho del sistema, se encuentra una salida designada para los pallets que no son de tipo Andina. Estos pallets son retirados de manera inmediata y en línea recta del proceso.



Fuente: Elaboración propia en Inventor Profesional.
Ilustración 2-3. Modelado preliminar.

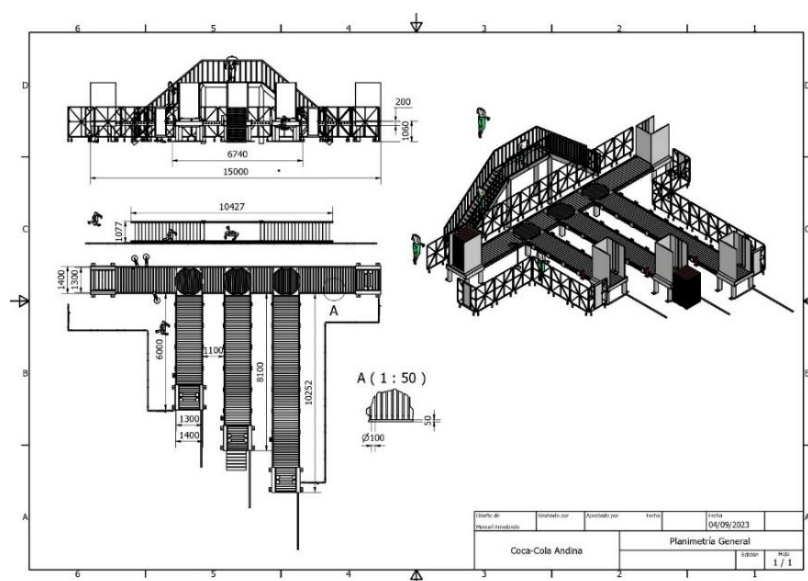
Después que la empresa revisara el modelo, realizó las siguientes observaciones

- Se sugiere proporcionar un espacio adicional en la zona de aplicación de pallets. Esta recomendación tiene como objetivo principal permitir que se puedan formar múltiples pilas de pallets de manera simultánea. La razón detrás de esta recomendación es que, durante la salida de cada pila de pallets, se podría producir una interrupción momentánea en el flujo de trabajo, aunque breve, puede tener un impacto significativo en la eficiencia y la productividad del proceso. Además, esta pausa puede provocar retrasos en la llegada del montacargas a la línea de salida, lo que, a su vez, puede generar un desajuste en el programa de producción y afectar la puntualidad en la entrega de los productos finales.
- Al permitir la creación de múltiples pilas de pallets de manera continua, se busca minimizar estas interrupciones, optimizar la operación y reducir los tiempos muertos en el proceso de carga y descarga. Esto, a su vez, debería contribuir a mejorar la eficiencia general de la línea de producción y garantizar que el montacargas pueda operar de manera continua sin demoras significativas, reduciendo los tiempos de inactividad y mejorar la eficiencia operativa en la empresa, lo que, a largo plazo, debería tener un impacto positivo en la puntualidad de las entregas.

- Además, se planteó la posibilidad de realizar una modificación en la forma en que se giran los pallets. En lugar del giro completo de 360 grados que se realiza actualmente con los giradores de pallets, se sugiere considerar la implementación de un sistema basado en cadenas y poleas. Este nuevo enfoque se prevé como una alternativa más eficiente y rápida.
- Agilizando el proceso de manipulación de los pallets al reducir el tiempo necesario para realizar el giro requerido. Mediante el uso de cadenas y poleas, se espera que la maniobra sea más fluida y rápida, lo que podría contribuir significativamente a la mejora de la eficiencia en la línea de producción. La reducción en el tiempo de giro de los pallets.
- Como última sugerencia, se planteó la posibilidad de implementar alarmas con señales auditivas y visuales en las instalaciones de Coca-Cola Andina. Esta recomendación se fundamenta en el hecho de que la empresa cuenta con empleados que son personas ciegas.

2.2.2. Layout de la propuesta preliminar

En la siguiente Ilustración 2-4 se proporciona las mediadas generales preliminares del modelo como así también la delimitación de la zona de seguridad y la ubicación del operador dentro del proceso.



Fuente: Elaboración propia en Inventor Profesional.
Ilustración 2-4. Layout de la propuesta preliminar.

2.3. DESARROLLO DE PIEZAS Y COMPONENTES

El sistema consta de varios componentes, que incluyen la línea de entrada, el magazín que levanta las pilas de pallets, los mecanismos de inspección y clasificación, las filas de salida específicas para cada categoría de pallets, y la salida para los pallets no Andina. Estos componentes trabajan en conjunto para gestionar de manera eficiente el flujo de pallets a lo largo del proceso de inspección y clasificación.

2.3.1. Componentes principales del proceso

- **Cámaras:** Las cámaras son uno de los componentes clave del sistema de clasificación de pallets. Estos dispositivos capturan imágenes de alta resolución de los pallets que se están clasificando, ya que la calidad de las imágenes es esencial para la precisión de la clasificación.
- **Sensores de proximidad:** Los sensores de proximidad se utilizan para detectar la presencia del pallet en el área de clasificación. Estos sensores se colocan en lugares estratégicos del sistema y envían señales para que se realice la captura de imágenes del pallet y se dé inicio al procesamiento de clasificación del pallet. (Lambda Geeks, 2023)
- **Iluminación:** La iluminación adecuada es esencial para la captura de imágenes de alta calidad. Por lo que se utilizan luces LED para proporcionar una iluminación uniforme y consistente en el área de clasificación.
- **Software de procesamiento de imágenes:** El software de procesamiento de imágenes utiliza algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje automático para procesar las imágenes capturadas por las cámaras y clasificar los pallets según su tamaño, forma y otros criterios específicos. Este software es el corazón del sistema de clasificación de pallets mediante cámaras y es responsable de la precisión y eficiencia de la clasificación.
- **Computadoras y hardware:** Se necesitan computadoras y otros componentes de hardware para ejecutar el software de procesamiento de imágenes y controlar el sistema de clasificación de pallets. Estos componentes incluyen

procesadores, discos duros, memoria RAM, tarjetas gráficas y otros dispositivos necesarios para la ejecución del software.

- Transportadores y otros equipos de manejo de materiales Después de que los pallets se clasifican, se deben transportar a su destino final. Por lo tanto, se requieren transportadores y otros equipos de manejo de materiales para llevar los pallets al siguiente paso del proceso de producción o almacenamiento.

2.3.2. Listado de componentes

- Cámaras 2D (3)
- 2. Cámara láser (1)
- 3. Sensor de proximidad capacitivo (7)
- 4. Sensor de desplazamiento (5)
- PLC (1): El controlador lógico programable SIMATIC S7-300 está diseñado específicamente para aplicaciones industriales, lo que significa que está construido para soportar entornos adversos y tiene un alto nivel de confiabilidad en la industria. Ofrece interfaces de comunicación como Ethernet PROFINET, que son estándares en la automatización industrial, por lo que facilita la comunicación con otros dispositivos y sistemas de la planta. Además, es escalable, lo que permite adaptar el sistema en caso de requerirse.
- Entradas digitales (24): Las entradas digitales son una extensión del PLC y se utilizan para detectar el estado de dispositivos o sensores que tienen solo dos estados posibles: encendido o apagado. En este caso en específico se utilizan para conectar los sensores de desplazamiento, de proximidad capacitivo y las paradas de emergencia.
- Salidas digitales (32): Las salidas digitales son una extensión del PLC y se utilizan para controlar dispositivos que operan en un modo de encendido o apagado. En este caso se requieren para controlar/mover, en caso de ser necesario, las cadenas de giro y los giradores.

- Salidas analógicas (10): Las salidas analógicas son una extensión del PLC y se utilizan para controlar la velocidad, encendido y apagado de los motores de transportes de polines.
- Paradas de emergencia (10): Permiten una intervención inmediata para detener la operación y proteger la seguridad de los trabajadores. Son utilizadas en caso de una situación peligrosa o emergencia, como un mal funcionamiento de la maquinaria, un error en el proceso o cualquier otra condición riesgosa, por esto y con el fin de minimizar el tiempo de exposición a condiciones peligrosas, se colocan en lugares estratégicos accesibles al personal, los que se indican en el modelado.
- Cadena de giro (6): Se utilizan para clasificar y direccionar el pallet a la salida correspondiente luego de ser inspeccionado.
- Motores (10): Utilizados para el funcionamiento del transporte de rodillos.
- Transporte de rodillo (52 m): Son utilizados para transportar el pallet a lo largo de todo el proceso, ya que con otro tipo de cintas el pallet tiene mayor riesgo de atascarse. Cabe destacar, que se consideran metros extras a la entrada y salida para acumular 2 pilas de pallets y así evitar posibles cuellos de botellas.
- Magazines y giradores (5): Se utiliza un magazine en la entrada y en las 4 salidas. Respecto a los giradores, estos se colocan en cada salida para poder tomar el pallet por el lado correcto.
- Cerca perímetro (32 m): La cerca considera todo el perímetro la maquinaria y se justifica por razones de seguridad y control de acceso. Esta medida busca delimitar claramente el área operativa, reduciendo el riesgo de accidentes al evitar la entrada no autorizada o inadvertida de personal.
- Escalera (1): La escalera proporciona al usuario/operador una visión integral y detallada de todo el proceso, facilita una perspectiva global y permite una supervisión efectiva.

- Luces (3): Se requieren para garantizar una iluminación adecuada, crucial para obtener imágenes de alta calidad en el proceso de inspección de pallets. Esta mejora contribuye a una visión más clara, minimizando sombras y optimizando la precisión del sistema de clasificación automatizada.
- Tarjetas rpi (3)
- Memoria MicroSD 64GB (3)
- Fuente de alimentación cámaras (3)
- Barras de aluminio 30 mm (4): de color amarillo para definir la altura contante de los pallets.
- Carcasa y ventilador Raspberry (3)
- Tablero eléctrico (1)
- Alarma (4): Esta se utiliza para dar aviso cuando el magazine se encuentre completo y, por lo tanto, los pallets deben ser retirados mediante un robot grúa.
- Alarma de seguridad (1): Utilizada en el caso de que exista algún accidente o problema en la línea de producción.
- Tarjeta de video (1)
- Soporte estación de trabajo (1): Se utiliza como una medida ergonómica esencial para optimizar el entorno de trabajo del usuario. Proporciona una plataforma estable y organizada para los componentes del computador, garantizando un acceso fácil y cómodo para el usuario.
- Procesadores (1)
- Placas madre (1)
- RAM (2)

- Disco duro 2TB (1)
- Fuente de poder PC (1)
- Unidades de Estado Sólido (1)
- Cooler CPU (1)

2.4. **DISEÑO PARA LA FABRICABILIDAD A BASE DE MODELO 3D**

En este punto del proyecto ya se abordaron todas las estrategias de diseño para fabricación aplicada mediante el uso de modelado 3D este enfoque nos permitió la identificación de un modelado preliminar como fue su geometría, selección de materiales y proceso de obtención o puesta en marcha, incluyendo la respectiva optimización y mejoras dispuestas por el cliente.

Este enfoque de fabricación virtual facilitó la colaboración del demandante desde las etapas iniciales siendo más económico de previsualizar sin comprometer su calidad y funcionamiento llegando a siguiente solución final de la Ilustración 2-5.

2.4.1. Tabla costos del diseño

Tabla 2-2. Costos del diseño.

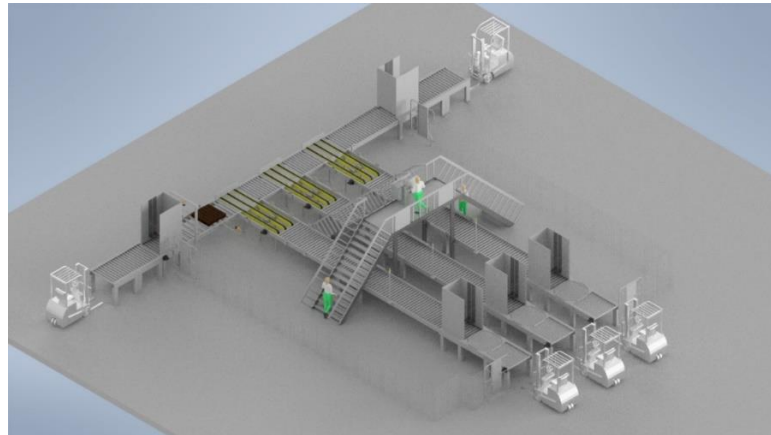
	Programas	Costos al año UF	Costos horas hombre UF
1	Fusión 360	24,29	200
2	AutoCAD	63,4	200
3	Inventor Profesional	78,23	200
	Costos totales	165,92	600

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2-2 se muestra los costos al año de cada programa utilizados para el desarrollo conceptual del modelado, para ya sea para la solución preliminar y final dando un total de 165,92 UF como también los costos hora hombre con un valor de 600 UF dándonos un costo total del diseño de 765,92 UF respectivamente.

2.4.2. Propuesta final

La propuesta final mostrada a continuación fue el resultado de las mejoras obtenida gracias al primer modelo virtual y las recomendaciones pertinentes del cliente incluyendo en esta todos los componentes que lo continente en la Ilustración 2-5.



Fuente: Elaboración propia em Inventor profesional.
Ilustración 2-5. Modelado de la propuesta final.

En la solución final se mejoraron los aspectos mencionados anteriormente como era el poco espacio en las líneas del proceso y la utilización de giradores al final de la línea, con el fin de que los pallets giren en la dirección correcta para ser tomado por el montacargas. Se agregaron también balizas con sonido e iluminación que se activaran cuando una de las 4 líneas se llene completamente de pallets, se reforzó la seguridad con una cerca perimetral, que protege en todo momento a los operadores de los montacargas.

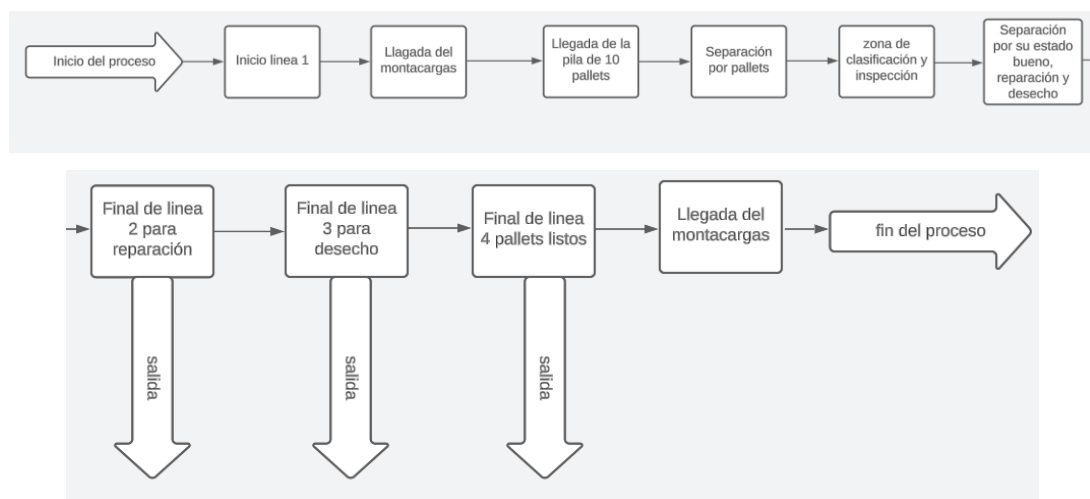
2.5. ANÁLISIS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN

A continuación, se destacarán los costos y productividad bruta del sistema utilizando el programa cristal Ball donde se obtendrán distintos resultados en diferentes escenarios como también el proceso ideal.

2.5.1. Definición del proceso general (ideal)

En el siguiente esquema se muestra la distribución, en diagrama de bloque que inicia en la línea 1 donde llegará el montacargas con la pila de 12 pallets estos serán separado entrando uno a uno al proceso llegando a la zona de clasificación e inspección para luego ser separados por estados en reparación, desecho y pallets listos para ser utilizados pasando por las líneas 2, 3 y 4, el diagrama finaliza con la llegada del montacargas que recogerá los pallets clasificados en cualquiera de las 3 líneas.

2.5.2. Diagrama ideal del proceso

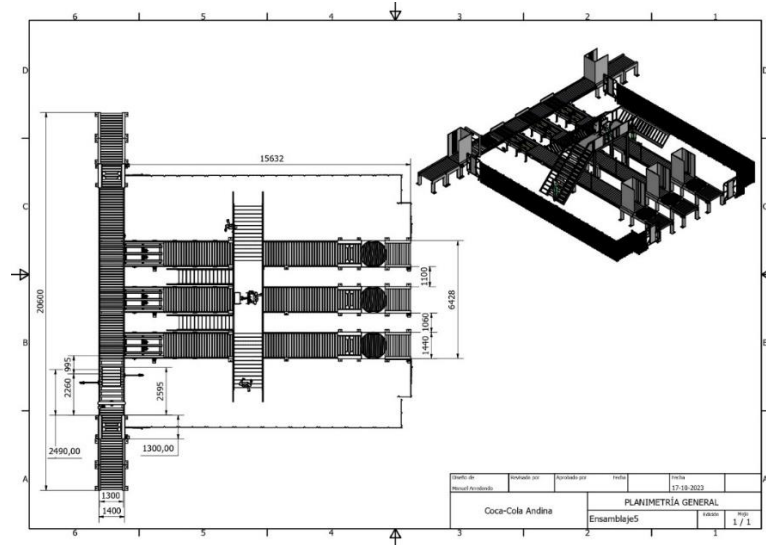


Fuente: Elaboración propia.

Diagrama 2-2. Proceso con la integración con la nueva automatización

2.5.3. Definición del layout ideal

En la siguiente Ilustración 2-6 se proporciona las mediadas generales finales del modelo como así también la delimitación de la zona de seguridad actualizada y la ubicación del operador que estará dentro del proceso todo el tiempo para evitar posibles accidentes.



Fuente: Elaboración propia
Ilustración 2-6. Planimetría de la solución final

2.6. TIEMPOS PRODUCTIVOS Y COSTOS DE MANUFACTURA

En la estimación de tiempos productivos se emplearon varias tablas de costos y tiempos productivos del proceso final, con el fin de utilizar la información de los componentes definidos anteriormente y darle al cliente datos más tabulados que resuman ya sea los tiempos de producción, personal capacitado para la operación, mantenimiento, componentes y repuestos.

El modelo realizado para la estimación de los costos con la implementación de la solución considera todos los parámetros necesarios para la puesta en marcha y funcionamiento de la solución. De manera general, esto incluye la inversión en activos, los costos de transporte e instalación, los costos operacionales de la maquinaria y los costos de mantenimiento, ya sea en repuestos o mano de obra. Cabe destacar que debido a la respuesta limitada por parte de los proveedores a las cotizaciones se realizó un segundo modelo, en este se incorporó variabilidad a ciertos parámetros, considerados como los más críticos dentro de la evaluación. Para el desarrollo del modelo Con variabilidad se utilizó el programa Crystal Ball, que permite obtener resultados con un mayor nivel de certeza, debido a que, en su funcionamiento, se pueden simular múltiples escenarios y evaluar la influencia de las variabilidades en los costos, proporcionando así una valiosa herramienta para la toma de decisiones informadas en la planificación y ejecución de este proyecto, a pesar de los

inconvenientes con la solicitud y obtención de cotizaciones. Manuel Arredondo Leonardo Castillo Constanza Figueroa Josefa Morales. (2023).

2.6.1. Tabla de costos de todos los componentes del proceso

En la siguiente Tabla 2-3 se definieron los costos totales de cada componte del sistema completo, por cantidad y precio unitario. Con el fin de saber el costo total de la inversión inicial para el correcto funcionamiento del proceso:

Tabla 2-3. Componentes: Inversión Inicial.

Componentes	Cantidad	Precio unitario UF	Precio UF
Cámaras 2D	3	2.11	6.32
Cámara láser	1	331.09	331.09
Sensor de proximidad capacitivo	7	4.20	29.42
Sensor de desplazamiento	5	26.17	130.87
PLC	1	81.60	81.60
Entradas digitales	24	0.41	9.79
Salidas digitales	32	0,16	5.24
Salidas analógicas	10	4,09	40.94
Paradas de emergencia	10	3.96	39.57
Cadena de giro	6	25,19	151.16
Motores	10	5.51	55.14
Transporte de rodillo	52 m	24,80	1290.19
Magazines y giradores	5	117.63	588,15
Cerca perímetro	32 m	4.04	129.27
Escalera	1	96.49	96.49
Luces	3	0.27	0.82
Tarjetas rpi	3	2.76	8.27
Memoria MicroSD 64GB	3	0.25	0.74
Fuente de alimentación cámaras	3	0.43	1.28
Plancha de acero 2mm	3	0.913	2,74
Barras de aluminio 30 mm	4	0.125	1.50
Carcasa y ventilador Raspberyy	3	0.33	0.99
Tablero eléctrico	1	8.27	8.27
Alarma	4	9.21	36.84
Alarma de seguridad	1	11.10	11.10
Tarjeta de video	1	44.18	44.18
Soporte estación de trabajo	1	97,44	97.44
Procesadores	1	12,33	12.33
Placas madre	1	3.83	3.83
RAM	2	0.68	1.36
Disco duro 2TB	1	1.32	1.32
Fuente de poder PC	1	6.62	6.62
Unidades de Estado Sólido	1	0.40	0.40
Cooler CPU	1	0.74	0.74
Monitor	1	1.98	1.98
Mouse	1	0.36	0.36
Teclado	1	1.24	1.24
Almacenamiento nube AWS	15 TB	0.61	9.14
Cables y accesorios	1 kit	19.99	19.99
TOTAL INVERSIÓN ACTIVOS			3.258,74

Fuente: (Manuel Arredondo, Leonardo Castillo, Constanza Figueroa, Josefa Morales, 2023)

2.6.2. Tabla de costos de mano de obra

En la Tabla 2-4 de costos de mano de obra se definieron los turnos, salarios, cantidad de operarios y el total anual que significan estos gastos, para calcular la cantidad de turnos, trabajadores y el consumo de electricidad, se consideraron las condiciones de operación, que son determinadas por la capacidad de la máquina y la productividad requerida. De esta, se desprende que la maquinaria debe funcionar 24 horas, por lo que se determinan 3 turnos de 8 horas para los operarios y para el consumo eléctrico. Cabe destacar que, para el cálculo del monto total pagado a cada trabajador, se tienen en cuenta las vacaciones y el finiquito pertinentemente.

Tabla 2-4. Costos de mano de obra.

Mano de obra	Cantidad	Turnos	Salario (UF)	Total Anual (UF)
Expertos visión por PC	2	1	96.48	2702
Operario Maquinaria	2	3	29	2436
TOTAL COSTOS MANO DE OBRA				5.137

Fuente: (Manuel Arredondo, Leonardo Castillo, Constanza Figueroa, Josefa Morales, 2023)

2.6.3. Tabla de costo total del proyecto

Finalizando con los costos de los activos u otro tipo de servicio que es la inversión total en activos, transporte, instalación de los componentes y capital de trabajo.

Tabla 2-5. Costos totales de implementación del proyecto.

	% inversión activos	Total (UF)
Inversión total en activos		3.258.74
Transporte y mano de obra instalación	0.5	1.629.37
Capital de trabajo	0.1	446.26
COSTO TOTAL PROYECTO		5.334,37

Fuente: (Manuel Arredondo, Leonardo Castillo, Constanza Figueroa, Josefa Morales, 2023)

La Tabla 2-6. muestra los costos globales del proyecto, estos consideran una tasa de descuento del 10 %, un horizonte de evaluación a 10 años y un valor residual de 8 % del activo, lo que equivale a un monto de 427 UF. Además, se evalúa el proyecto con un apalancamiento del 100 %, con una tasa de interés del 5 % y cuota fija.

Tabla 2-6. Costo global escenario con proyecto

Mes	0	1	2	3	0	5	6	7	8	9	10
Inversión	5334										
Costos ejercicio		7164	4463	4463	4463	4463	5277	4463	4463	4463	4463
Valor residual											-427
Crédito	-5334										
Interés		267	246	223	200	175	150	122	94	64	33
Amortización		424	445	468	491	516	541	568	597	627	658
Total	0	7855	5153	5153	5153	5153	5968	5153	5153	5153	4727

Fuente:(Manuel Arredondo, Leonardo Castillo, Constanza Figueroa, Josefa Morales, 2023)

De la tabla, se desprende que los costos globales del proyecto, actualizados a 10 años, ascienden a 34.417,15 UF

2.6.4. Tabla de costos de mantenimiento del sistema

En la estimación de los costos de mantenimiento, se realizó el cálculo del costo de repuestos en función de la tabla de costos totales de cada componente con una mantención de 5 años ejemplificado en la Tabla 2-7.

Tabla 2-7. Costos de mantenimiento del sistema.

Mantenimiento	% inversión activos	Salario (UF)	Total Anual (UF)
Mano de obra Mantenimiento	-	31.86	63.73
Repuestos	0.12	-	391
Mantención mayor a 5 años	0.25	-	814.69
TOTAL COSTOS MANTENIMIENTO			1.155,80

Fuente:(Manuel Arredondo, Leonardo Castillo, Constanza Figueroa, Josefa Morales, 2023)

2.6.5. Tabla tiempo productivo general

Se estableció el tiempo de operación planificado en la tabla 2-8 de distintas áreas evidenciando el rendimiento final ya con la nueva implementación, contando con mejoras significativas en la eficiencia operativa y la productividad deseada por el cliente agilizando los procesos de inventario y producción en la inspección y clasificación de pallets. También así la debida optimización de las distintas áreas que lo necesiten a base de los resultados que vaya arrojando el proceso en el transcurso del tiempo.

Logrando una reducción notable en el tiempo y un aumento correspondiente en el tiempo de producción real acercándose a los objetivos establecidos por el cliente.

Tabla 2-8. Estimación de tiempos productivos.

	Tareas	Tiempos en minutos
1	Entrada de los camiones a la planta de Coca-Cola Andina con los pallets	7
2	Estacionamiento de los camiones	5
3	Llegada los montcargas	3
4	Descarga de los pallets del camión	15
5	llegada de los pallets al proceso de clasificación e insepccion	5
6	ingreso de los pallets al proceso	2
7	llegada de la pila de 13 pallets al magazine	5
8	Llegada zona de clasificación y incepción	1
9	zona de trasporte de cadenas	3
10	magazine de la línea final	5
11	girador	2
12	llegada del montacargas	3
13	pila de 13 pallets calsificaco y inspeccionados	2
14	listos para su utilización	1
	Tiempo total	59

Fuente: Elaboración propia

2.6.6. Tabla de tiempos productivos del proceso

Por último, la tabla 2-9 exclusivamente del proceso de clasificación e inspección de pallets donde se redujo las tareas del proceso a 9 mucho más precisas en sus tiempos de calidad productiva.

Tabla 2-9. Estimación de tiempos productivos exclusivamente del proceso

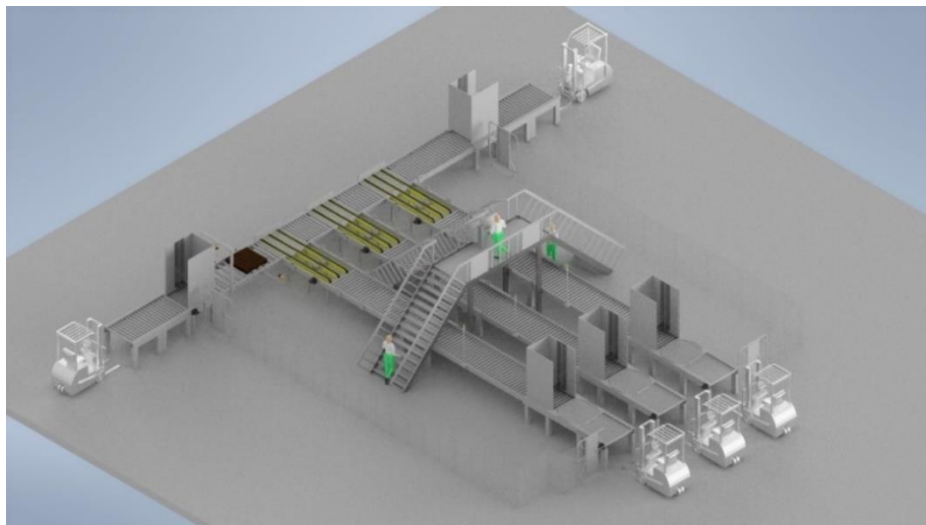
	Tareas	Tiempos en minutos
6	ingreso de los pallets al proceso	2
7	llegada de la pila de 13 pallets al magazine	5
8	Llegada zona de clasificación y inyección	1
9	zona de transporte de cadenas	3
10	mazine de la linea final	5
11	girador	2
12	llegada del montacargas	3
13	pila de 13 pallets calificados y inspeccionados	2
14	listos para su utilización	1
	Tiempo total	24

Fuente: Elaboración propia

2.7. PROPUESTA DE FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO

A continuación, se muestran el proceso en forma de video de funcionamiento y las partes que lo componen:

2.7.1. Propuesta virtual final video



Fuente: Elaboración propia
Ilustración 2-7. Propuesta

Video del funcionamiento: <https://youtu.be/Kv6MWCumv3Q>

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN FUNCIONAL DE PRODUCTO

3. **EVALUACIÓN FUNCIONAL DE PRODUCTO-PROTOTIPO**

En el tercer y último capítulo se abordan aspectos relacionados con el resultado del costo beneficio de la solución final, los aspectos de los niveles de maduración de los contenidos, estado actual del proyecto y por ultimo las pertinentes conclusión y recomendaciones.

3.1. **Los niveles de maduración contenidos en este trabajo son:**

Los niveles de escala de madurez tecnológica que van desde el 1 al 6, es el medidor para saber el estado de desarrollo o madurez de un proyecto o tecnología, método creado por la nasa en el año 70 con el fin de medir lo lejos que estaba una tecnología para ser desplegando en el espacio. Disminuyendo así los riesgos de futuras misiones. De ahí el sentido de utilizar el TRL como un método para identificar el grado de avance y madurez de las tecnologías, determinado la viabilidad del proyecto y la menor o mayor cercanía del producto al mercado si es el caso, Dándonos los siguientes niveles:

- TRL 1: Principios básicos y reportados.
- TRL 2: Aplicación tecnológica formulada.
- TRL 3: Función critica analítica y experimental o prueba de concepto característica.
- TRL 4: Validación de componentes o disposición de estos en entorno de laboratorio.
- TRL 5: Validación de componentes o disposición de estos en un entorno relevante.

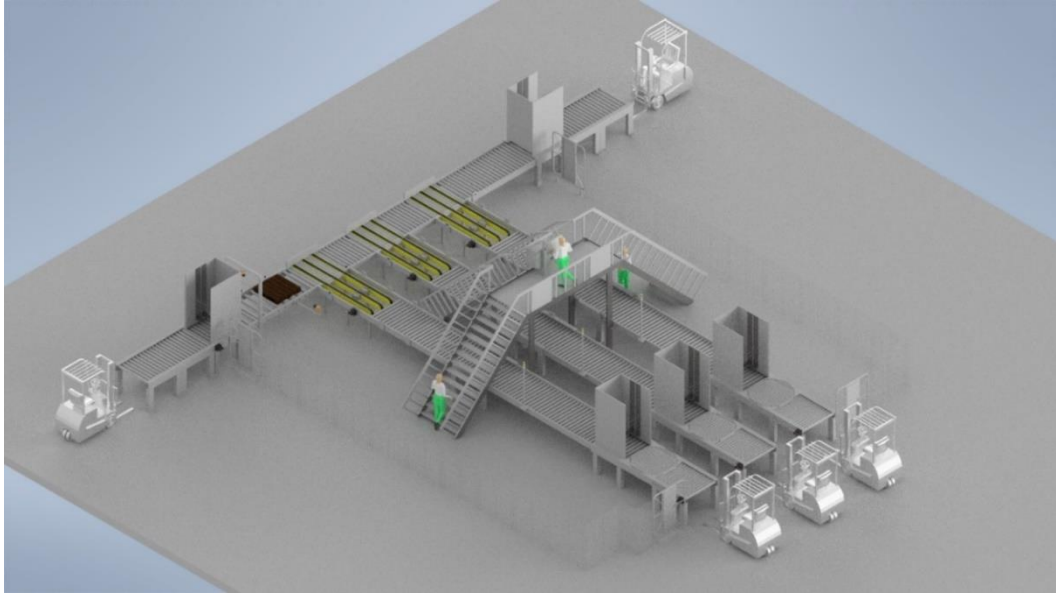
TRL 6: Modelo de sistema o subsistema o demostración de prototipo en un entorno relevante. (¿Qué son los TRL (Technology Readiness Levels) ?, 2021)

3.1.1. Integración de niveles TRL en el proyecto

A continuación, se identificaron los siguientes TRL contenido en el proyecto:

- TRL 1: Se definieron las metodologías a seguir, actuales relacionadas para la mejora de proceso de automatización en la industria alimenticia encargado de clasificar e inspeccionar los pallets de tipología andina preferentemente y el modelado virtual 3d del sistema a desarrollar del paso a paso con el fin de estandarizar los métodos actuales.
- TRL 2: la investigación ya realizada, apunta al desarrollo de un modelado virtual para visualizar la clasificación e inspección de pallets eliminado un proceso manual por uno automatizado con una ruta de producción Optima y fluida.
- TRL 3: El sistema virtual final, cumple con los estándares de fabricación virtual para ser implantado en la realidad posteriormente. Con la posibilidad de datos como el análisis de costos, mantención, inversión inicial, componentes a utilizar en el proceso para no tener una obsolescencia temprana de los componentes del proceso.
- TRL 4: En el nivel actual, del diseño virtual final se logró la validación de todos los componentes a utilizar como también sus costos por unidad y cantidad necesaria para el proceso de clasificación e inspección de pallets.
- TRL 5: Se concreto la distribución correcta de los componentes en el sistema como son Cámaras 2D (3), Cámara láser (1), Sensor de proximidad capacitivo (7), Sensor de desplazamiento (5), PLC (1), Entradas digitales (24), Salidas digitales (32), Salidas analógicas (10), Paradas de emergencia (10), Cadena de giro (6), Motores (10), Transporte de rodillo (52 m), Magazines y giradores (5), Cerca perímetro (32 m), Escalera (1), Luces (3) y los planos para la construcción de la solución final.

- TRL 6: Por último, se llegó a la concepción un video conceptual el cual mostro el procedimiento desde el inicio hasta el final de este siendo del agrado del demandante la propuesta y metodologías aplicadas finalmente.



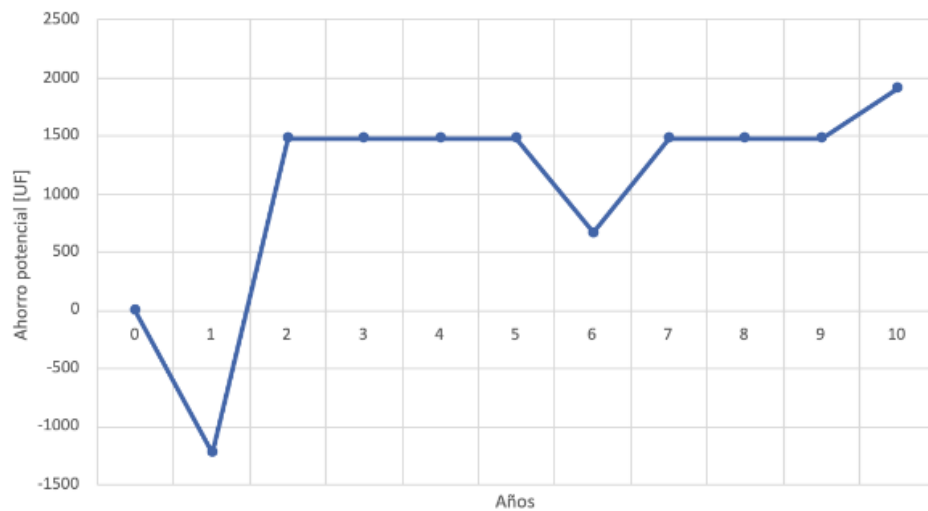
Fuente: Elaboración propia
Ilustración 3-1. Propuesta final

3.1.2. Resultados de los costos y beneficio de solución final

Para calcular los ahorros potenciales de los siguientes 10 años, se compararon los costos de los 2 escenarios, ya sea del escenario actual y con la implementación de la solución. De esta comparativa, se obtuvieron los siguientes resultados:

3.1.3. Gráfico de ahorro potencial

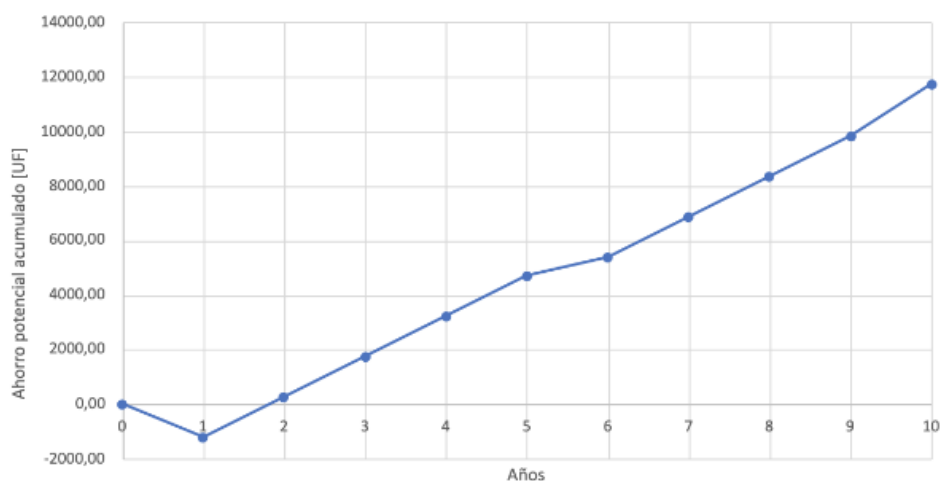
El Gráfico 3-1 muestra el ahorro potencial al implementar la solución durante los próximos 10 años de operación. De esta, se perciben ahorros positivos desde el segundo año. Además, es posible notar una disminución en el año 6, principalmente debido a los costos de mantenimiento del activo que se prevé realizar después de 5 años. Es importante destacar que esta forma de mantenimiento difiere de la mantención mensual, ya que se centra en tareas de mayor envergadura.



Fuente: (Manuel Arredondo, Leonardo Castillo, Constanza Figueroa, Josefa Morales, 2023)
Gráfico 3-1. Ahorro potencial.

3.1.4. Gráfico Ahorro potencial acumulado

En Gráfico 3-2 de ahorro potencial acumulado, se observa una tendencia al alza en el ahorro acumulado desde el año 1. Esta, se explica por la gráfica anterior, en la que se observa que los ahorros potenciales son positivos desde el tercer semestre de operación (Manuel Arredondo, Leonardo Castillo, Constanza Figueroa, Josefa Morales, 2023)



Fuente: (Manuel Arredondo, Leonardo Castillo, Constanza Figueroa, Josefa Morales, 2023)
Gráfico 3-2. Ahorro potencial acumulado.

3.1.5. Beneficio de la solución final

El modelo con variabilidad es similar al que se mostró anteriormente; sin embargo, presenta variabilidad para los parámetros más críticos. Estos incluyen aquellos con un mayor costo dentro del proyecto o bien de los que se tiene menos certeza debido a que el monto final depende de muchas variables. Este modelo fue desarrollado utilizando Cristal Ball, un software que permitió modificar el rango de precios, la curva de variabilidad y el número de iteraciones, lo que permite simular los posibles escenarios para entregar una mayor certeza a los resultados. Para determinar el rango de cada una de las variables, se utilizó principalmente el criterio de juicio experto, con el que se determinaron los posibles escenarios de evaluación. Respecto a las distribuciones utilizadas en cada variable, estas fueron seleccionadas según su probabilidad de ocurrencia, el juicio de expertos y la información recopilada mediante diversas fuentes; dándose en algunos casos escenarios más probables y menos probables (pesimistas y optimistas). (Manuel Arredondo, Leonardo Castillo, Constanza Figueroa, Josefa Morales. (2023).

A continuación, se muestran los parámetros a los que se le agregó variabilidad en el modelo, con sus respectivos rangos y distribuciones de probabilidad:

Tabla 3-1. Distribución de probabilidad componentes inversión.

Componente	Valor mínimo UF	Valor máximo UF	Distribución
Cámara láser	303,72	349,25	Uniforme
Sensor de proximidad capacitivo	15,44	38,60	Uniforme
Sensor de desplazamiento	44,86	206,76	Uniforme
PLC	31,48	159,34	Uniforme
Cadena de giro	69,85	232,83	Uniforme
Transporte de rodillo	1.003,48	1.433,55	Uniforme
Magazines y giradores	504,47	672,62	Uniforme
Cerca perímetro	52,24	148,03	Uniforme

Fuente: (Manuel Arredondo, Leonardo Castillo, Constanza Figueroa, Josefa Morales, 2023)

Tabla 3-2. Distribución de probabilidad sueldos.

Componente	Mínimo UF	Más probable UF	Máximo	Distribución
Sueldo experto visión por PC	77	96	115	Triangular
Sueldo operarios proyecto	24	29	35	Triangular
Sueldo mantenimiento mensual	54,17	63,73	73,28	Triangular
Mano de obra escenario actual	21,33	23,70	27,25	Triangular

Fuente: (Manuel Arredondo, Leonardo Castillo, Constanza Figueroa, Josefa Morales, 2023)

3.1.6. Costo total del proyecto primer año

El porcentaje mínimo y máximo estimado para el costo total del proyecto contando con mantenimiento anual, costo del diseño, costo de mano de obra y costos de componentes, corresponde a un porcentaje de la inversión total del activo, finales de 10.317,46 UF en el primer año de instalación. (Manuel Arredondo, Leonardo Castillo, Constanza Figueroa, Josefa Morales. (2023).

Tabla 3-3. Distribución de probabilidad costos de mantenimiento.

Componente	% Mínimo	% Máximo	Distribución
Valor repuestos	0,08	0,15	Uniforme
Costo mantenimiento año 6	0,2	0,3	Uniforme

Fuente: (Manuel Arredondo, Leonardo Castillo, Constanza Figueroa, Josefa Morales, 2023)

Tabla 3-4. Distribución de probabilidad kW consumidos.

Componente	% mínimo	% más probable	% máximo	Distribución
Costo transporte e instalación	0,25	0,3	0,7	Triangular

Fuente: (Manuel Arredondo, Leonardo Castillo, Constanza Figueroa, Josefa Morales, 2023)

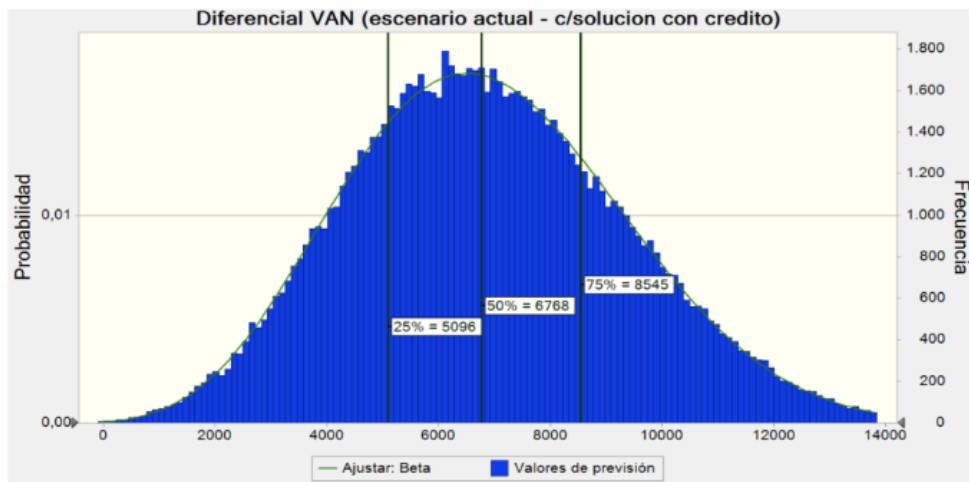
Tabla 3-5. Distribución de probabilidad tasa de descuento.

Componente	% mínimo	% máximo	Distribución
Tasa de descuento	0,08	0,15	Uniforme

Fuente: (Manuel Arredondo, Leonardo Castillo, Constanza Figueroa, Josefa Morales, 2023)

Luego de simular el modelo final con 100.000 iteraciones, se obtienen los siguientes resultados: el grafico 3-3, muestra la distribución de probabilidad del ahorro potencial actualizado. De esta, se observa que existe un 100 % de certeza que el ahorro potencial al implementar el proyecto sea positivo, es decir, que los costos esperados de la implementación sean menores a los costos proyectados si se mantiene el proceso actual. Sin embargo, para determinar si se implementa la solución se debe considerar el nivel de ahorro que es atractivo para la empresa. Al observar el percentil 50 central de la curva de distribución de probabilidad, se desprende que hay una probabilidad del 50 % de que los ahorros a 10 años se encuentren entre 5.096 UF y 8.545 UF. Además, la media esperada de la distribución es de 6.880 UF. (Manuel Arredondo, Leonardo Castillo, Constanza Figueroa, Josefa Morales. (2023).

3.1.7. Gráfico Ahorro potencial actualizado a 10 años



Fuente: (Manuel Arredondo, Leonardo Castillo, Constanza Figueroa, Josefa Morales, 2023)
Gráfico 3-3. Ahorro potencial actualizado a 10 años.

3.1.8. Estado actual

El proyecto cuenta con la representación virtual a tiempo real con el fin de que Coca-Cola Andina lo implemente en el futuro y muestre el diseño final a los gerentes con sus determinados costos de implementación. Pretendiendo llegar a la demás etapa de TRL para su realización en la realidad.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

En conclusión, la solución desarrollada cumple con las normas y requisitos establecidos por la compañía, llevando a cabo la inspección y clasificación de los diferentes tipos de pallets con una productividad cercana a la solicitada de aproximadamente 5750 pallets diarios. Para lograr lo anterior, la operación debe ser de 24 horas diarias, el transporte de polines debe mover el pallet a una velocidad de 0,16 m/s y el magazine de inicio debe ingresar cada 15 segundos un pallet a la cinta.

En lo que respecta al diseño, modelado y planimetría de la solución, se concluye que estos fueron desarrollados con éxito, cumpliendo con las exigencias de la compañía. Los componentes presentan una distribución adecuada que considera la seguridad de los trabajadores, usabilidad y productividad, evitando posibles cuellos de botella y costos bajos de desarrollo del diseño con un total de 765,92 UF.

Respecto a la evaluación económica con variabilidad, se desprende que el ahorro potencial, proyectado a 10 años, tiene un 100 % de certeza de ser positivo. Lo anterior, implica una disminución de los costos globales respecto a la situación actual en todas las iteraciones realizadas, por lo que se concluye que el proyecto es económicamente viable. Además, el ahorro potencial medio esperado en la implementación es de 6880 UF, y la inversión inicial de 10.317,46 UF se recupera al segundo año de operación si el apalancamiento es de un 100 %. En cuanto a los indicadores de desempeño, se concluye que variar las tasas de descuento en la evaluación del proyecto para los escenarios pesimista, optimista y más probable, no tiene un mayor impacto en la disminución de costos, siendo un 1 % la máxima diferencia entre estos. Por otra parte, al implementar la solución, se requiere un operario por turno de trabajo, lo que implica que el indicador de mano de obra disminuya en un 70 % respecto a la situación actual, esto repercute directamente tanto en los costos operacionales como en la probabilidad de accidentes de trabajo.

Desde una perspectiva técnica, el avance en el desarrollo tanto del hardware como del software es fundamental para que el proyecto supere la barrera de velocidad en el procesamiento de imágenes.

En la actualidad, el desafío de la clasificación en tiempo real se ha convertido en una tarea secundaria gracias a la eficiencia alcanzada. Este hito ha sido posible gracias a la optimización de algoritmos de visión por computadora y al aprovechamiento de capacidades avanzadas de procesamiento de datos.

A pesar de haber superado el desafío inicial de la velocidad, se reconoce que el horizonte de mejora es extenso. Aunque se han logrado avances significativos, la búsqueda de mayor precisión en la clasificación sigue siendo una meta relevante. Para continuar avanzando, se propone una dedicación continua a la optimización de algoritmos, la implementación de técnicas de aprendizaje profundo y la exploración de nuevas tecnologías emergentes en visión artificial.

El éxito en la superación de la barrera de velocidad en el procesamiento de imágenes ha allanado el camino para que se centren en perfeccionar la precisión de la clasificación de imágenes. A medida que se avanza en esta dirección, la colaboración interdisciplinaria seguirá siendo clave para integrar perspectivas diversas y encontrar soluciones innovadoras que impulsen el rendimiento del sistema en futuras aplicaciones industriales. mejoras técnicas: Además, enfocarnos en la optimización de algoritmos de clasificación y en la exploración Se puede concluir con seguridad que la solución inicialmente propuesta ha sido exitosamente alcanzada, plenamente los objetivos predefinidos. Desde sus primeras etapas hasta su ejecución final, el proyecto se caracterizó por una planificación meticulosa y la aplicación efectiva de los métodos propuestos.

La meta principal de este proyecto era desarrollar una representación virtual de un proceso modificado o desarrollado y llevarlo a la realidad de manera eficiente. Para lograr este propósito, se emplearon herramientas y tecnologías de vanguardia, y se realizaron pruebas exhaustivas para garantizar la precisión y la fidelidad del modelo virtual. Durante todo el proceso, se aplicaron controles de calidad rigurosos y se llevaron a cabo evaluaciones periódicas con la empresa para ajustar las estrategias según fuera necesario.

La fase de transición, que implicaba llevar la representación virtual a la realidad, aun no se lleva a cabo como se mencionó anteriormente todo dependerá de Coca-Cola andina si lleva a la marcha el proyecto

Por último, respecto los objetivos planteados en este trabajo se logró una revisión virtual de la ejecución del proceso por implementar, con un video explicativo del mismo a partir de un modelado y planimetría, consiguiendo así cambiar la metodología inicial que se realizaba de forma manual a una automatizada en un 100%, pudiendo registrar las productividad finales con un total de 5750 pallets al día clasificados e inspeccionados, no logrando llegar a la a la meta de 6000 pallets propuesta por Coca-Cola Andina, identificando así todos los componentes del proceso a utilizar y sus respectivos costos.

En resumen, este proyecto ha demostrado la capacidad de planificación estratégica y ejecución efectiva para lograr los resultados deseados. La solución propuesta ha logrado ser llevada con éxito de forma virtual, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos. Este logro es un testimonio del compromiso con la excelencia del grupo multidisciplinario de la universidad Santamaria y la mejora continua de los objetivos específicos. Destacando la limitación mencionada se refiere al hecho de que el modelado virtual, al ser una representación ficticia o simulada de una solución, no garantiza que dicha solución sea la más adecuada o efectiva en la práctica.

Limitaciones que podrían surgir en este contexto incluyen:

- Falta de precisión: Los modelos virtuales pueden no capturar todos los detalles y matices del sistema real, lo que podría llevar a una falta de precisión en la predicción de su comportamiento.
- Variabilidad del entorno real: Los sistemas reales a menudo están sujetos a condiciones variables y entornos cambiantes que pueden influir en su funcionamiento de maneras impredecibles. Estos factores pueden no estar completamente reflejados en el modelo virtual.
- Falta de datos históricos: En algunos casos, puede ser difícil obtener datos históricos precisos para validar un modelo virtual, lo que dificulta aún más la evaluación de su efectividad.

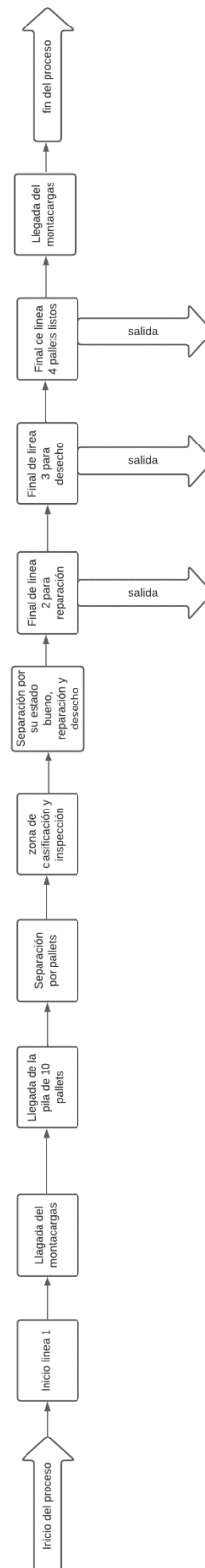
- **Costos y recursos:** La creación y mantenimiento de un modelo virtual puede requerir recursos significativos en términos de tiempo y dinero, lo que puede ser una limitación para algunas organizaciones.
- **Limitaciones tecnológicas:** Dependiendo de la tecnología utilizada para el modelado virtual, podría haber limitaciones en la complejidad y el realismo del modelo.
- **Suposiciones simplificadoras:** A menudo, los modelos virtuales se basan en suposiciones simplificadoras para hacer que el problema sea más manejable. Estas suposiciones pueden no reflejar completamente la complejidad del sistema real.

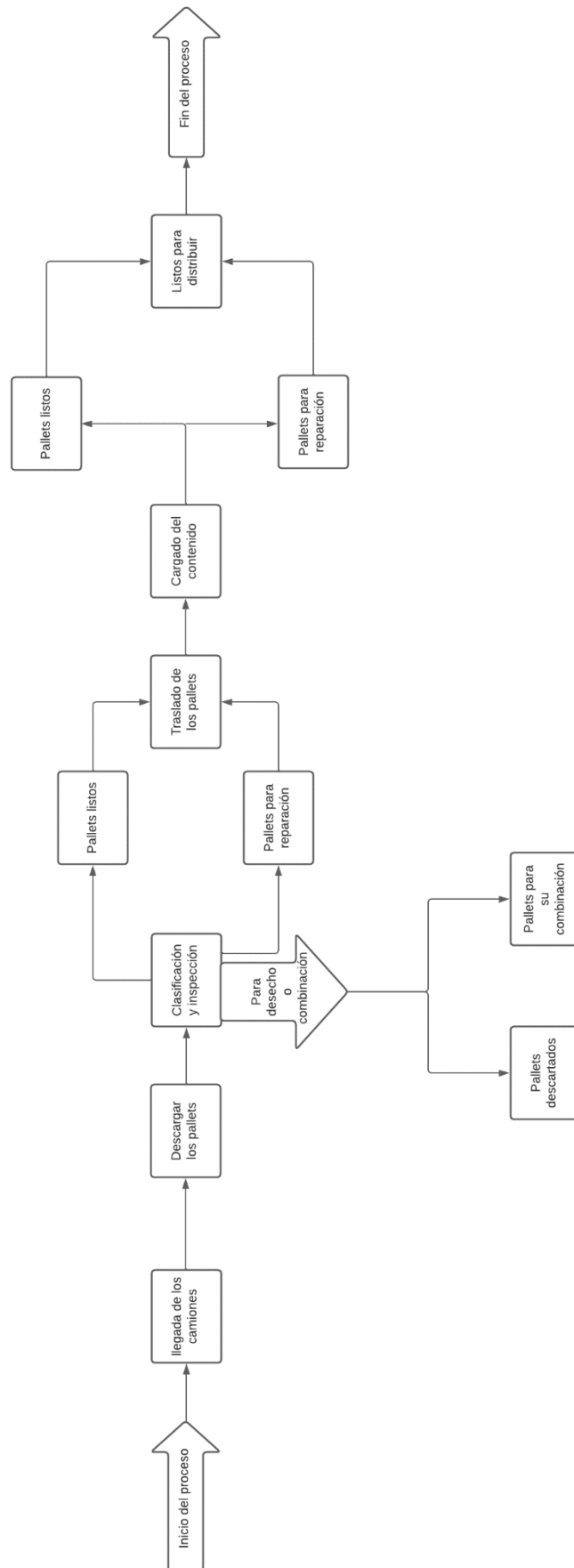
BIBLIOGRAFÍA

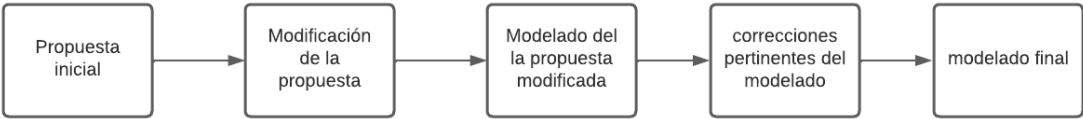
- Javier Carrasco Lillo, M. J. S. M. (2023). *transporte inter-depósit & logística industrial*.
- Jofre, D. (2019). *planta general inamar - clasificacion de palets*.
- Maulen, M. J. S. (2023). *tipos de pallets y criterios de clasificación*.
- Manuel Arredondo Leonardo Castillo Constanza Figueroa Josefa Morales. (2023). *visión artificial e inspección automática para el proceso de clasificación e inspección de pallets de coca cola andina*. universidad técnica federico-santa maría.
- Reyes, G. (2023, junio 15). *¿Qué es el Customer Journey? Aquí te enseñamos cómo crear uno - TusClicks*. Blog TusClicks: Posicionamiento web en Google, AdWords y publicidad en Internet: <https://tusclicks.com/blog/que-es-el-customer-journey-aqui-te-enseamos-como-crear-uno/>
- Lambda Geeks. (2023, septiembre 25). Tipos de sensores de proximidad: una guía completa para entusiastas de la tecnología. *Lambda Geeks*: <https://es.lambdageeks.com/proximity-sensor-types/>
- *¿Qué son TRL (Technology Readiness Levels)?* (2021, agosto 2). Ayiming España: <https://www.ayiming.es/insights-y-noticias/noticias/trl-technology-readiness-levels/>

ANEXOS

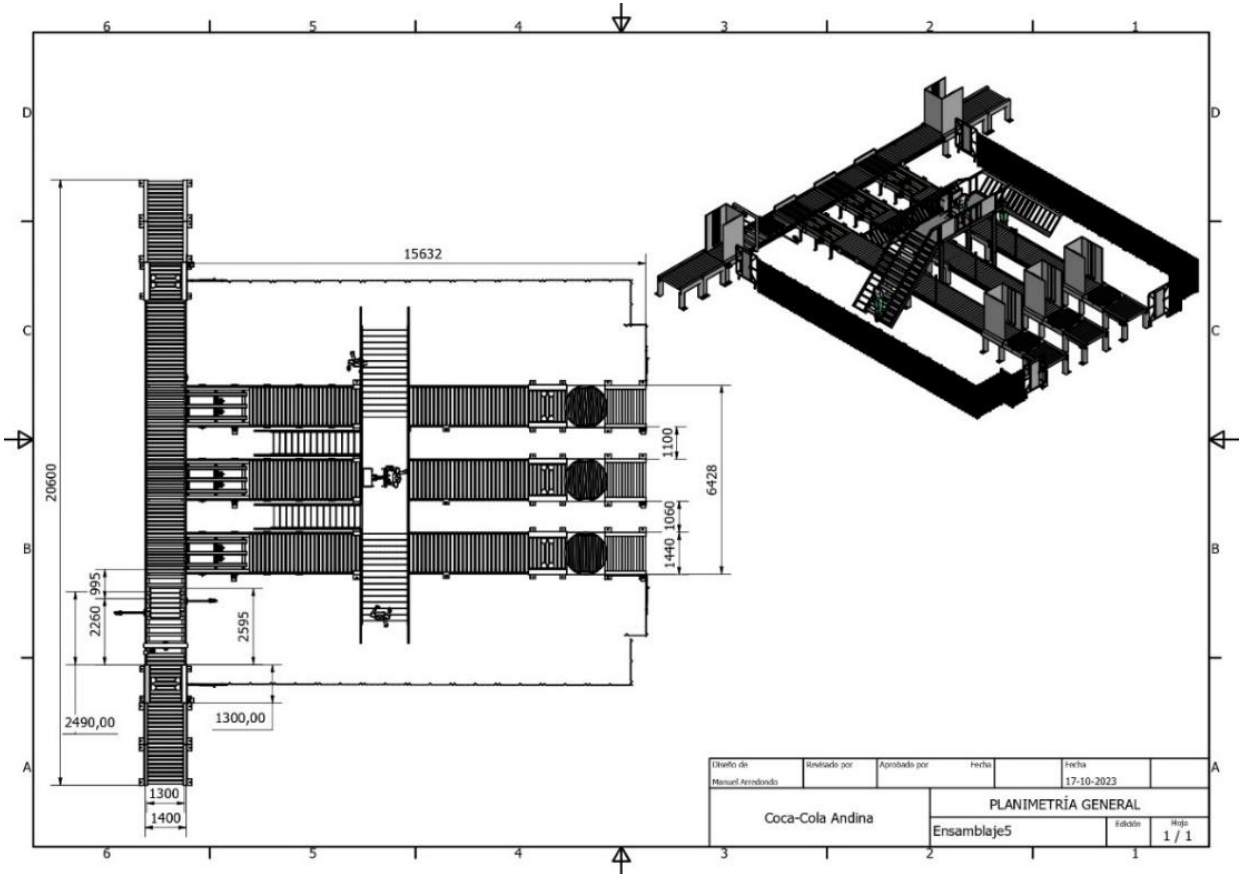
ANEXOS A: Diagramas de bloques

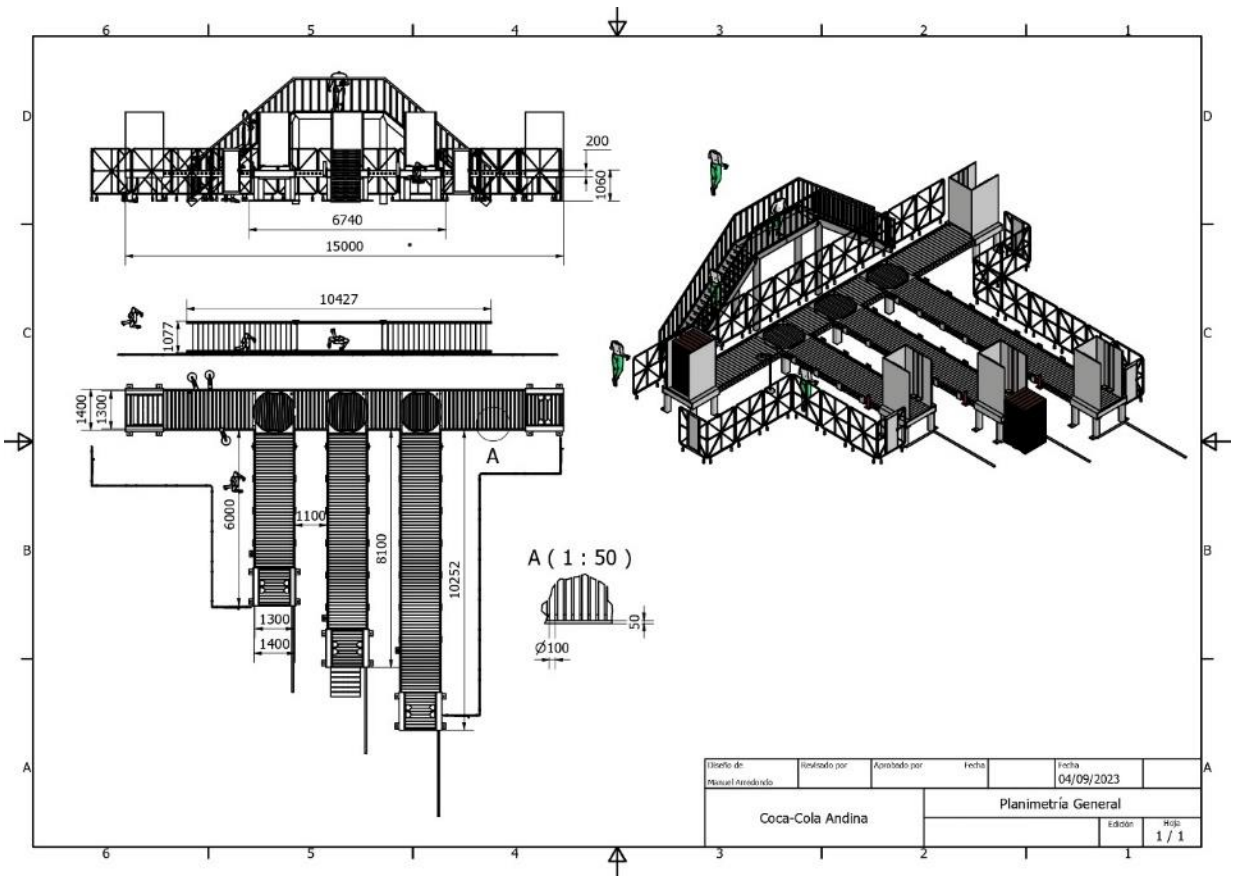






ANEXOS B: Planimetría del modelo





Diseño de:	Elaborado por:	Aprobado por:	Fecha:	04/09/2023
Manuel Arredondo				
Coca-Cola Andina		Planimetría General		
		Edición:	Hoja 1 / 1	

ANEXOS C: Propuesta iniciales

