

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA MEJORAR
LA PRODUCTIVIDAD DE LA ETAPA DE PALETIZADO EN LA
EMPRESA JAYANCA FRUITS S.A.C.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTORA
NATALI PAZ PINTADO**

**ASESOR
Mgtr. JOSELITO SÁNCHEZ PÉREZ**

Chiclayo, 2018

DEDICATORIA

A Dios por ser mi inspiración y el motor de mi vida para mejorar día a día, por poner en mi camino a las personas que me han apoyado en el desarrollo de este proyecto y por darme fortaleza, perseverancia y paciencia que me han permitido llegar hasta aquí.

A mi madre Lindaura Pintado por ser mi mejor ejemplo de vida, por comprenderme, apoyarme y amarme incondicionalmente, por el sacrificio y esfuerzo que me brinda constantemente para poder culminar mis estudios y el presente proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Joselito Sánchez Pérez por su apoyo como asesor y por sus conocimientos brindados, durante la elaboración de este proyecto.

A JAYANCA FRUITS S.A.C. al señor Juan Puga Mendoza por la oportunidad, el apoyo y la atención brindada.

A los docentes de la escuela de Ingeniería Industrial USAT por la excelente preparación brindada a lo largo de mi carrera universitaria.

A mi amigo Luis Huacchillo Domínguez por apoyarme, motivarme y compartir sus conocimientos para el desarrollo de este proyecto.

A todas mis amigas y amigos, por hacer más ameno e inolvidable el paso por la universidad, por estar ahí cuando siempre los necesité.

A DELCOR FABRICACIONES S.A.C. al Ing. Jabier Córdova Guerrero por brindarme los conocimientos necesarios para la elaboración de este proyecto.

Al Doctor Seminario y a la señora Elena Campos de Seminario por el gran apoyo que me han brindado a lo largo de mi formación académica.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA.....	13
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	13
2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	16
2.2.1. PROCESO PRODUCTIVO.....	17
2.2.2. PALETIZADO	18
2.2.2.1. PALETIZACIÓN.....	19
2.2.2.2. FACILITADORES DEL PROCESO DE PALETIZACIÓN.....	19
2.2.2.3. BENEFICIOS DE LA PALETIZACIÓN	19
2.2.2.4. BENEFICIOS DE UN SISTEMA DE PALETIZADO	20
2.2.3. AUTOMATIZACIÓN	20
2.2.4. HERRAMIENTAS DE LA AUTOMATIZACIÓN.....	20
2.2.5. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC'S).....	21
2.2.5.1. PLC	21
2.2.5.2. DESCRIPCIÓN DE UN PLC	22
2.2.5.3. FUNCIONAMIENTO DE UN PLC	22
2.2.6. SISTEMAS DE CONTROL	23
2.2.6.1. ¿QUÉ ES UN SISTEMA DE CONTROL?	23
2.2.6.2. TIPOS DE SISTEMA DE CONTROL.....	24
2.2.7. TIPOS DE PROCESOS AUTOMATIZADOS.....	25
2.2.7.1. Procesos continuos.....	25
2.2.7.2. Procesos discretos.....	26
2.2.7.3. Procesos discontinuos o por lotes	27
2.2.8. TIPO DE SEÑALES.....	28
2.2.8.1. SEÑALES ANALÓGICAS	28
2.2.8.2. SEÑALES DIGITALES	28
2.2.9. DISPOSITIVOS DEL SISTEMA	28
2.2.9.1. ACTUADORES NEUMÁTICOS	28

2.2.9.3. sensores	32
2.2.9.4. motor eléctrico	34
2.2.10. matriz de consistencia.....	35
2.2.11. estudio de tiempos	36
2.2.12. productividad e indicadores	37
III. resultados.....	40
3.1 diagnóstico de la situación actual de la empresa	40
3.1.1 la empresa	40
3.1.2 descripción del sistema de producción	42
3.1.2.1 productos.....	42
3.1.2.2. descripción de productos.....	43
3.1.2.2 Proceso de producción	47
3.2. identificación de problemas en el sistema de producción y sus causas.....	53
3.2.1. diagnóstico por causas	53
3.3. desarrollo de propuesta de mejora en el sistema de producción	83
3.3.1. diseño de la estructura del sistema automatizado para el paletizado de cajas de palta Hass.....	83
3.2.2. nuevos indicadores	151
3.4 análisis costo beneficio.....	156
IV. conclusiones y recomendaciones	161
4.1. conclusiones	161
4.2. recomendaciones.....	161
V. referencias bibliográficas	162
VI. anexos.....	166

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales productos que comercializa	43
Tabla 2: Ficha técnica de la Uva.....	44
Tabla 3: Ficha técnica de la Palta	45
Tabla 4: Ficha técnica del Mango.....	46
Tabla 5: Matriz de consistencia	53
Tabla 6: Consumo energético	54
Tabla 7: Carga física de trabajo en el área de paletizado	55
Tabla 8: Cálculo de la productividad de mano de obra (Campaña Marzo- Julio 2016) ..	56
Tabla 9: Cálculo de la productividad de mano de obra (Campaña Abril- Mayo 2017)..	58
Tabla 11: Producción programada vs Producción real de cajas y canastillas de Palta Hass campaña 2017 (Abril-Mayo).....	60
Tabla 12: Costo de pedidos no atendidos en la campaña 2016 (Marzo- Julio).....	61
Tabla 13: Costo de pedidos no atendidos en la campaña 2017 (Abril- Mayo)	62
Tabla 14: Registros de lesiones y patologías en la etapa de paletizado del mes de Abril del 2016.....	65
Tabla 15: Registros de lesiones y patologías en la etapa de paletizado del mes de Mayo del 2016.....	65
Tabla 16: Registros de lesiones y patologías en la etapa de paletizado del mes de Junio del 2016.....	65
Tabla 17: Tabla de Mundel para la determinación del número de observaciones	68
Tabla 18: Observaciones preliminares de tiempos por tarea en segundos (Marzo del 2016)	69
Tabla 19: Cálculo del tiempo normal.....	71
Tabla 20: Cálculo del tiempo estándar.....	72
Tabla 21: Horas extras requeridas por mes de la campaña de Palta 2016 (Marzo-Julio)74	
Tabla 22: Monto total de horas extras en la campaña de Palta 2016 (Marzo-Julio)	75
Tabla 23: Monto de actividades improductivas de la campaña de Palta 2016.....	76
Tabla 24: Producto no atendido y materia prima de la campaña de Palta 2016 (Marzo-Julio).....	79
Tabla 25: Monto total de producto no atendido de la campaña de Palta Hass (Marzo-Julio) 2016.....	81
Tabla 26: Impacto económico anual en la producción	81
Tabla 27: Indicadores de la situación actual de producción.....	82
Tabla 28: Requisitos que debe cumplir el sistema automatizado	84
Tabla 29: Lista de materiales para faja transportadora de parihuelas	90
Tabla 30: Ficha técnica Parihuela.....	91
Tabla 31: Potencia de motor con velocidades y capacidades de carga en libras.....	94
Tabla 32: Lista de materiales para sistema de elevación	101
Tabla 33:Lista de transportador de plataforma.....	105
Tabla 34: Lista de materiales para faja transportadora de cajas.	113
Tabla 35: Lista de materiales para sistema ordenador de cajas.	117
Tabla 36: Descripción de elementos del actuador neumático	119
Tabla 37: Características del actuador neumático	120
Tabla 38: Ficha técnica del sensor óptico	124
Tabla 39: Entradas digitales en el PLC	136
Tabla 40: Salidas digitales en el PLC	136
Tabla 41: Diagrama de movimientos.....	137

Tabla 42: Leyenda de variables de programación	149
Tabla 43: Leyenda de variables de programación	150
Tabla 44: Tiempo propuesto de actividades para el sistema automatizado	151
Tabla 45: Nuevos indicadores con mejora del sistema automatizado	154
Tabla 46: Cuadro comparativo indicadores antes de propuesta y después de propuesta.	155
Tabla 47: Costo de materiales y dispositivos del sistema propuesto	156
Tabla 48: Beneficio costo del proyecto.....	158
Tabla 49: Flujo de caja de la propuesta de mejora	159
Tabla 50: Periodo de recuperación	160

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de control general	23
Figura 2: Sistema de control de lazo abierto	24
Figura 3: Sistema de control de lazo abierto	25
Figura 4: Proceso discreto	27
Figura 5: Proceso discontinuo o por lotes	28
Figura 6: Clasificación genérica de actuadores neumáticos.....	29
Figura 7: Cilindro de simple efecto	31
Figura 8: Cilindro de doble efecto	32
Figura 9: Matriz de consistencia.....	35
Figura 10: Organigrama de la empresa JAYANCA FRUITS S.A.C.....	42
Figura 11: Recepción y descarga de materia prima	47
Figura 12: Ingreso de palta a la etapa de lavado	47
Figura 13: Proceso de lavado de palta	48
Figura 14: Proceso de selección de palta	48
Figura 15: Proceso de calibrado de palta	49
Figura 16: Proceso de empacado de palta	50
Figura 17: Proceso de paletizado de palta.....	50
Figura 18: Proceso de paletizado de palta.....	51
Figura 19: Diagrama de flujo de bloques de la etapa de paletizado de la palta HASS ...	52
Figura 20: Productividad de mano de obra en un día	57
Figura 21: Productividad de mano de obra en un día	59
Figura 22: Operario armando pallets sobre una silla	62
Figura 23: Operario armando el pallet de presentación en caja	63
Figura 24: Operarios armando pallets de manera desordenada.....	63
Figura 25: Pallets sin armar.....	64
Figura 26: Operario armando el pallet de presentación en caja	64
Figura 27: Registros de lesiones y patologías en la etapa de paletizado del mes de Abril del 2016.....	66
Figura 28: Registros de lesiones y patologías en la etapa de paletizado del mes de Mayo del 2016.....	66
Figura 29: Registros de lesiones y patologías en la etapa de paletizado del mes de Abril del 2016.....	67
Figura 30: Cursograma analítico de la elaboración de pallet	73
Figura 31: Operario etiquetando cajas de Palta Hass.....	77
Figura 32: Operario etiquetando cajas de Palta Hass.....	77
Figura 33: Operario conversando mientras etiqueta cajas de Palta Hass.....	78
Figura 34: Vista isométrica diseño final	85
Figura 35: Vista isométrica renderizada del diseño del sistema de paletizado	86
Figura 36: Faja transportadora de parihuelas	87
Figura 37: Vista Isométrica de la faja transportador de parihuelas	88
Figura 38: Vista explosionada de la faja transportadora de parihuelas.....	89
Figura 39: Parihuela o Tarima de madera utilizada	92
Figura 40: Sistema de elevación	98
Figura 41: Vista isométrica del sistema de elevación.....	99
Figura 42: Vista explosionada con materiales.....	100
Figura 43: Faja transportadora para plataforma de elevación	102
Figura 44: Vista isométrica del transportador de plataforma	103
Figura 45: Vista explosionada del transportador de plataforma.....	104

Figura 46: Sistema piñón cremallera subsistema de elevación	106
Figura 47: Diagrama de fuerza proceso de elevación parihuela – pallet	108
Figura 48: Faja transportadora modular de cajas.....	110
Figura 49: Vista isométrica de la faja modular.....	111
Figura 50: Vista explosionada de faja modular con materiales.....	112
Figura 51: Sistema ordenador de cajas	114
Figura 52: Vista isométrica del sistema ordenador.....	115
Figura 53: Vista explosionada del sistema ordenador con materiales	116
Figura 54: Actuador neumático DSBC-Q de doble efecto.....	120
Figura 55: Variables del proceso automatizado	121
Figura 56: Controlador lógico TM241C24R.....	123
Figura 57: Sensor óptico del sistema ordenador de cajas	124
Figura 58: Pulsador de paro XB7EV04	125
Figura 59: Pulsador de marcha XB7EV03.....	125
Figura 60: Pulsador de emergencia XB7NT842.....	126
Figura 61: Altivar ATV 312H075N4.....	127
Figura 62: Altivar ATV 312HU40N4.....	127
Figura 63: Plano eléctrico del sistema	129
Figura 64: Plano neumático del sistema.....	130
Figura 65: Interruptor C60N 24350	132
Figura 66: Interruptor C60N 24337	133
Figura 67: Guarda motor serie GV2-ME07	134
Figura 68: Guarda motor serie GV2-ME14	134
Figura 69: Fuente de alimentación conmutada ABL 8REM24050	135
Figura 70: Salidas en el sistema de paletizado	138
Figura 71: Entradas en el sistema de paletizado.....	139
Figura 72: Software So Machine	140
Figura 73: Programación del proceso automatizado de paletizado	146

RESUMEN

El presente proyecto de investigación está basado en brindar soluciones a los problemas presentados en la empresa JAYANCA FRUITS S.A.C.; en base a un diagnóstico por causas utilizando una matriz de consistencia se determinó que el problema principal era la baja productividad en la etapa de paletizado la cual era ocasionada por tres causas, las cuales son: la fatiga del operario durante la etapa de paletizado; el requerimiento de horas extras y monto de actividades improductivas; y finalmente por las pérdidas económicas de producto no atendido. Estas causas mencionadas, provocan pérdidas económicas representadas por S/. 385 765,23, ya que la empresa contrata excesiva mano de obra y paga horas extras a los operarios. El porcentaje de producción programada es de 86,16% y la eficiencia física es del 88,84% lo que significa que existe materia prima que no se llega a aprovechar por completo, generando también pérdidas económicas de S/. 92 341,262 soles.

Por lo tanto se propuso como mejora el diseño de un sistema automatizado, para mejorar la productividad de la etapa de paletizado en la empresa JAYANCA FRUITS S.A.C. Para lo cual se usó el software Solidworks para poder plasmar el esquema estructural del diseño. En cuanto al funcionamiento automatizado y programación en PLC del sistema, se usó el Software So Machine. Gracias al diseño del sistema automatizado en la etapa de paletizado se logró mejorar los indicadores de la productividad, principalmente la productividad de mano de obra en un 183%. En el flujo de caja se determinó que la inversión para el proyecto de mejora será de S/. 230 555,46, cuya tasa interna de retorno es de 203%. El valor neto actual es de S/. 941 509,09 en un plazo de 5 años y el tiempo de recuperación de inversión es de 6,024 meses es decir 183,23 días.

Palabras claves: Sistema automatizado, PLC, Paletizado, Productividad, Agroindustria.

ABSTRACT

This research project is based on providing solutions to the problems presented in the company JAYANCA FRUITS S.A.C .; based on a diagnosis for causes that use a consistency matrix, it was determined that the main problem was the low productivity in the palletizing stage, which was caused by three causes, which was: fatigue of the operator during the stage of palletized; the requirement of overtime and the amount of unproductive activities; and finally by the shrinkage and inefficient working method that is used. These causes mentioned, cause economic represented by S /. 385 765.23, since the company contracts too much labor and pays overtime to the workers. The percentage of scheduled production is 86.16% and the physical efficiency is 88.84% which means that there is raw material that is not completely reached, generating an economic analysis of S /. 92 341,262 soles.

Why was it proposed as well as improving the design of an automated system, to improve the productivity of the palletizing stage in the company JAYANCA FRUITS S.A.C. For which the Solidworks software was used to be able to capture the structural scheme of the design. Regarding the automated operation and PLC programming of the system, the So Machine software was used. Thanks to the design of the automated system in the palletising stage, productivity indicators were improved, mainly the productivity of the workforce by 183%. In the cash flow it was determined that the investment for the improvement project will be S /. 230 555.46, with internal rate of return of 203%. The current net value is S /. 941 509.09 over a period of 5 years and the recovery time of the investment in 6, 024 months in say 183, 23 days.

Keywords: Automated system, PLC, Palletizing, Productivity, Agroindustry.

I. INTRODUCCIÓN

Según AREX (2013) el departamento de Lambayeque incrementó sus exportaciones en un 56%, lo que asegura que la exportación de frutas y hortalizas incrementará en un futuro viéndose beneficiada con el desarrollo del proyecto Olmos. Lo cual significa que también el porcentaje de la creación de nuevas empresas agroexportadoras será muy elevado, lo que generará un mercado de exportación mucho más competitivo.

En el departamento de Lambayeque existe un total de 270 empresas dedicadas al sector de la producción y exportación de frutas y hortalizas. Ante tal cantidad de empresas, la competitividad y las especificaciones de exportación hace que las empresas agroindustriales y agroexportadoras planteen métodos de mejoras que le permitan aumentar su productividad y rentabilidad. Y producir de acuerdo a los estándares propuestos para la exportación. (SIISEX, 2015)

En estos últimos años, se ha iniciado un real interés por automatizar el sector productivo en el Perú. Muchas empresas han comenzado a introducir la automatización industrial en sus procesos de producción, por ejemplo empresas de fabricación en el sector alimenticio, de estructuras metálicas (soldadura), de cemento, de la industria pesquera y en la manipulación y empaque en todos los rubros de producción.

La automatización en la industria ha pasado de ser una herramienta de trabajo deseable a una herramienta indispensable para competir en el mercado globalizado, nos puede conducir a obtener productos de mejor calidad, reducir tiempos de producción, simplificar el trabajo, reducir desperdicios, evitar reproceso y sobre todo aumentar la rentabilidad (Ruedas, 2008).

La empresa JAYANCA FRUITS S.A.C., es una empresa ubicada dentro del sector agroindustrial, en el distrito de Jayanca, dedicada a la producción y exportación de frutas, en el departamento de Lambayeque desde el año 2014. Entre los frutos que se procesan para exportación se encuentra la uva, palta y mango.

El paletizado de Palta Hass de la empresa JAYANCA FRUITS S.A.C. se realiza de manera manual; además, no cuenta con mano de obra capacitada y el método de trabajo utilizado es ineficiente, lo cual conlleva a una baja productividad del proceso de paletizado significando grandes pérdidas económicas sobre la empresa de estudio. Por lo que se plantea la siguiente interrogante: ¿Una propuesta de un diseño automatizado para la etapa de paletizado de palta Hass, mejorará la productividad en la empresa JAYANCA FRUITS S.A.C.?

Es por ello que se tiene como principal objetivo en la presente de investigación diseñar un sistema automatizado para mejorar la productividad de la etapa de paletizado en la empresa JAYANCA FRUITS S.A.C. Para cumplir con este objetivo, se diagnosticó la situación actual del proceso productivo en la empresa JAYANCA FRUITS S.A.C; se planteó y propuso el diseño automatizado para la mejora de la productividad de la etapa de paletizado y finalmente se realizó el análisis costo-beneficio del proyecto automatizado realizado.

Proponer un sistema de automatización ofrece una excelente oportunidad para mejorar todos los problemas ya descritos, de esta manera se contribuye al crecimiento de la empresa, se

aumenta la flexibilidad en el proceso, se integra innovadoras tecnologías de producción, se mejora las condiciones laborales de los operarios, se ahorra los costos de contrato de personal, se mejora y aumenta la productividad; aprovechando así la capacidad de la planta, y adecuándose al competitivo mercado exportador que existe en la región.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

In the article “Prospect of robotics in food industry” shows that technological advancements in various domains have broadened the application horizon of robotics and the automation to an incredible extent. Highlighting a very recent application area, this paper presents a comprehensive review of robotics application in food industry. Robots essentially have the potential to transform the processes in food processing and handling, palletizing and packing and food serving. Therefore, recent years witnessed tremendously increased trend of robots deployment in food sector. Consequently, the aspects related with robot kinematics, dynamics, hygiene, economic efficiency, human-robot interaction, safety and protection and operation and maintenance are of critical importance and are discussed in the present review. A comparison of actual robots being used in the industry is also presented. The review reveals that the food serving sector is the new potential area in which ample research opportunities exist by integrating advancements from various technology domains. It is anticipated that wider dissemination of research developments in ‘robo-food’ will stimulate more collaborations among the research community and contribute to further developments. (Jamshed et al, 2017)

En el artículo “Perspectivas de la robótica en la industria alimentaria” se comenta que los avances tecnológicos en varios dominios han ampliado el horizonte de aplicación de la robótica y la automatización en una medida increíble. Destacando un área de aplicación muy reciente, este documento presenta una revisión exhaustiva de la aplicación de la robótica en la industria alimentaria. Los robots esencialmente tienen el potencial de transformar los procesos de procesamiento y manipulación de alimentos, paletización y empaque y alimentos o servicios. Por lo tanto, en los últimos años se observó una tendencia tremendamente aumentada de la implementación de robots en el sector alimentario. En consecuencia, en aspectos relacionados con la cinemática de robots, dinámica, higiene, eficiencia económica, interacción humano-robot, seguridad y protección y la operación y el mantenimiento son de importancia crítica y se discuten en la presente revisión. Una comparación de robots reales siendo utilizado en la industria también se presenta. La revisión revela que el sector de suministro de alimentos es la nueva área potencial en la que existen amplias oportunidades de investigación integrando avances de varios dominios tecnológicos. Se prevé que sea más amplio la aplicación de desarrollos de investigación en 'robo-food' estimulará más colaboraciones entre la comunidad de investigación y contribuir a nuevos desarrollos. (Jamshed et al, 2017)

In the article “A literature review on the pallet loading problem.” shows that it was based on the analysis of the problem of load pallet, because currently, companies face aggressive competition, so implementing strategies to achieve competitiveness is

elementary. In this regard, Logistics, proper use of resources is essential. The impact on profit with storage and transport involves implementing actions to counter it; effective palletizing can help reduce costs. The Pallet Loading Problem (PLP) strives space optimization to achieve pallet load as much product properly packaged. The practical use and benefits of PLP have led to his study in the search for solution. For which an analysis of major studies arises to show the main characteristics and proposed methods of solution, creating a base of understanding to give support to the development of new models and strategies PLP solution. (Osorio, Saul et al.,2016)

En el artículo “Revisión sobre el problema de pallet de carga” se centra en el análisis del problema de carga de pallet, debido a que actualmente, las empresas enfrentan una competencia agresiva, por lo que implementar estrategias para alcanzar la competitividad es elemental. En este sentido, en Logística, el uso adecuado de los recursos es imprescindible. El impacto en la ganancia que tienen el almacenaje y el transporte conlleva la implementación de acciones para contrarrestarlo; un paletizado efectivo puede contribuir a reducir costos. El Problema de Carga del Pallet (PLP) procura la optimización del espacio del pallet para lograr cargar la mayor cantidad de producto debidamente empacado. El uso práctico y beneficios del PLP han dado pie a su estudio en la búsqueda de solución. Para lo cual se plantea un análisis de los principales estudios para mostrar las características principales y los métodos de solución propuestos, generando una base de entendimiento que permita dar sustento a la elaboración de nuevos modelos y estrategias de solución del PLP. (Osorio, Saul et al., 2016)

In the article “Robotics and food technology” shows that the use of robotics in the modern food industry has increased over recent years because of many advantages. However, the industry has not taken to the technology with the same pace as the automotive and other industries due to technical and some other reasons. The high investment rate, variable nature of food products, fragile and perishable characteristics of food items, hygienic and sterilization requirements, high production volume rates are making hindrance in usage of robotics in industry but the opportunity still exists to deliver significant benefits in terms of increased food shelf life, cost reductions and flexibility. The challenge is to develop low-cost, flexible, hygienic and intelligent machines for the food industry. This is a not tough as the technologies now exist to achieve it. The benefits that could be gained if systems are designed, installed and operated well could decide who will be the major food manufacturers of convenience foods in the future. (Nayik, Khalid et al., 2015)

En el artículo “ Robótica y tecnología de alimentos” se comenta que el uso de la robótica en la industria alimentaria moderna ha aumentado en los últimos años debido a muchas ventajas. Sin embargo, la industria no ha adoptado la tecnología con el mismo ritmo que la industria automotriz y otras industrias debido a razones técnicas y algunas otras. La alta tasa de inversión, la naturaleza variable de los productos alimenticios, las características frágiles y perecederas de los alimentos, los requisitos higiénicos y de esterilización, las altas tasas de volumen de producción están obstaculizando el uso de la robótica en la industria, pero aún existe la oportunidad de ofrecer beneficios significativos en términos de aumento vida útil de los alimentos, reducciones de costos y flexibilidad. El desafío es desarrollar máquinas flexibles, higiénicas e inteligentes de bajo costo para la industria alimentaria. Esto no es difícil ya que las tecnologías ahora existen para lograrlo. Los beneficios que podrían

obtenerse si los sistemas se diseñan, instalan y operan bien podrían decidir quienes serán los principales fabricantes de alimentos de conveniencia en el futuro. (Nayik, Khalid et al., 2015)

En el artículo “Automatización del proceso de paletizado de la celda has-200.” se basó en el desarrollo y mejora del sistema HAS-200, un sistema versátil que logra representar una planta de fabricación con todos los procesos de una manera real, abordando un proceso que en la versión actual de la máquina no se tenía contemplado. El desarrollo se fundamentó en la base de datos que maneja la has-200, en esta se encuentra toda la información referente a la producción incluyendo la identificación del cliente para quien se ordenó el producto, que fue el parámetro escogido para realizar el proceso de paletizado. Como resultado se obtuvo una aplicación capaz de realizar la conexión con la base de datos, para accederla y realizar la consulta pertinente además de visualizar el estado de almacén, la automatización se implementó un brazo robótico y los elementos de sensado e identificación del producto. (Granada, Iván et al., 2013)

En el artículo “Sistema de paletizado continuo de alta velocidad.” se realizó un planteamiento de paletización de alta velocidad para solventar los problemas o requerimientos actuales, como es el tiempo en el que se desarrollan e integran los procesos de paletización al final de la línea de producción de una mediana empresa de producción. La investigación se desarrolló a partir del interés de aumentar la productividad a la etapa de paletizado, mediante un sistema de alta velocidad. Para esto se desarrolla un análisis basado en la comparación de tiempos del proceso automatizado, la comparación de la calidad en el proceso de paletizado. Mediante el análisis, comparación y aplicación del mejor sistema de paletizado, se logró demostrar que la empresa si incrementaría su productividad, ya que se generarían 4 pallets más de los que se hacen con el paletizado manual, haciendo el proceso productivo más eficiente. (Martínez, Gonzalo et al., 2012)

En el artículo “Modificación de despaletización y paletización en una línea de producción.” se hace énfasis en la modificación de entarimado en una línea de producción, en donde se analiza la producción y se modifica la tarima, debido a temas de seguridad laboral, por temas de reducción de mermas de envase y de desgaste natural de las tarimas. Para ello se utilizó un PLC para la programación, y se diseñó un hardware para el control del sistema para evitar la conglomeración de cajas. Adicionalmente se adjuntaron dispositivos de seguridad como sensores, con el fin de evitar accidentes laborales por parte de operadores o por parte de los técnicos que realizan el respectivo mantenimiento de la línea. Finalmente se realizó una comparación de porcentajes de tiempos perdidos en la línea. De esta manera se demostró que en el sector de paletizado se obtuvo una mejora en los tiempos y en el porcentaje de mermas tiene una tendencia a la baja. (Durán Wilberth, 2014)

En el artículo “Sistema de paletizado para acoplar a la línea de envasado.” se resaltó el funcionamiento e importancia de un sistema automatizado para reflejar la optimización de los procesos y recursos de un proceso productivo. Para esto se describe el problema y los objetivos para desarrollar el sistema de paletizado, luego se procederá a describir los elementos y componentes utilizados para implementar el sistema, además de detallar el PLC a utilizar y finalmente describir los pasos para implementar todo el sistema de paletizado, con la implementación del programa en el

programador para obtener un sistema totalmente automático. De esta manera se demostró que utilizar un módulo de paletizado en proyectos de investigación mejora la productividad, reduce tiempos muertos, y da entrada al mejor manejo de etapas posteriores como almacenamiento. (Gonzaga, David et al.,2012)

2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La historia de la automatización industrial está caracterizada por periodos de cambios bruscos en los métodos populares. Ya sea como una causa o como un efecto, dichos periodos de cambio en las técnicas de automatización parecen estar estrechamente ligados con la economía mundial. El uso del robot industrial, que se identificó como dispositivo único en la década de 1960, junto con los sistemas de diseño asistido por computadora (CAD) y manufactura asistida por computadora (CAM), caracteriza las tendencias más recientes en la automatización del proceso de manufactura. En el inicio del camino de la automatización, las primeras máquinas simples sustituían una forma de esfuerzo en otra forma que fueran manejadas por el ser humano, tal como levantar un peso pesado con sistema de poleas o con una palanca.

Según Pérez. E (2015) menciona que la parte más visible de la automatización actual puede ser la robótica industrial, algunas ventajas son repetitividad, control de calidad más estrecho, mayor eficiencia, integración con sistemas empresariales, incremento de productividad y reducción de trabajo.

Pérez. E (2015) menciona que en el campo de la producción industrial, la automatización se ha convertido en una herramienta de trabajo necesaria e indispensable para optimizar los procesos productivos y aumentar la competitividad. Por tanto, la automatización no tiene otra misión que la de lograr un valor añadido en los productos manufacturados, variando sus características y llevando a cabo una transformación de materias o bienes hasta llegar a un producto acabado. La Automatización Industrial fue un término acuñado por un ingeniero de la Ford Motor Company, que se utiliza para describir una amplia variedad de sistemas en los que existe una sustitución en un proceso del operador humano, su esfuerzo e inteligencia, por dispositivos eléctricos, mecánicos, neumáticos, informáticos, etc. En términos generales, la automatización se puede definir como una tecnología referida a procesos controlados por medio de instrucciones programadas, junto a sistemas de control retroalimentados capaces de realizar ciclos más o menos complejos de operaciones que se repiten para garantizar la correcta ejecución de dichos procesos; que se sintetiza en la expresión: “the sulting system is capable of operating without human intervention” -el sistema resultante es capaz de funcionar sin intervención humana.

La producción a gran escala involucra tareas repetitivas, donde se debe mantener, además, un conjunto de magnitudes (por ejemplo, la presión, la temperatura, etc.) dentro de márgenes preestablecidos. La aplicación de los dispositivos electromecánicos y electrónicos en el área industrial permitió automatizar las tareas repetitivas, aumentando así los niveles de producción, y controlar las magnitudes físicas en forma más precisa. (Daneri, 2010)

La Automatización Industrial implementa sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales sustituyendo a operadores humanos. Es decir que cuando se habla de sistemas industriales de automatización, se refiere a

aquellos elementos que permiten obviar o sustituir total o parcialmente la intervención humana en los procesos industriales, estando constituidos por sistemas cableados o programados principalmente (Pérez, 2015).

Con la automatización industrial la mano de obra se sustituye por dispositivos autónomos que controlan las maniobras y manipulaciones de materia prima encaminada a la obtención de los diversos productos demandados por la sociedad día con día (Pérez, 2015). Se debe tener en cuenta que, existen muchos trabajos donde no existe riesgo inmediato de la automatización. Ningún dispositivo ha sido inventado que pueda competir contra el ojo humano para la precisión y certeza en muchas tareas; tampoco el oído humano. El más inútil de los seres humanos puede identificar y distinguir mayor cantidad de esencias que cualquier dispositivo automático. Las habilidades para el patrón de reconocimiento humano, reconocimiento de lenguaje y producción de lenguaje se encuentran más allá de cualquier expectativa de los ingenieros de automatización.

Computadoras especializadas, son utilizadas para leer entradas de campo a través de sensores y con base a su programa, generar salidas hacia el campo a través de actuadores. Esto conduce para controlar acciones precisas que permitan un control estrecho de cualquier proceso industrial, (se temía que estos dispositivos fueran vulnerables al error del año 2000, con consecuencias catastróficas, ya que son tan comunes dentro del mundo de la industria). Existen dos tipos distintos: DCS o Sistema de Control Distribuido, y PLC o Controlador Lógico Programable. El primero era antiguamente orientado a procesos de tipo análogos, mientras que el segundo se utilizaba en procesos de tipo discreto (ceros y unos). Actualmente ambos equipos se parecen cada vez más, y cualquiera de los dos puede ser utilizado en todo tipo de procesos.

Como indica Daneri (2010), un PLC permite controlar un proceso o realizar una secuencia de acciones de manera automática a partir de un programa definido por el usuario. Esto lo realiza ejecutando en forma cíclica una secuencia de instrucciones que, a partir de la información que llega a sus entradas desde los sensores, deciden cuándo conmutar sus salidas, donde se encuentran conectados los actuadores. Las partes fundamentales que componen un PLC son la unidad central de proceso o CPU, y las interfaces de entrada y salida. La CPU es el cerebro del PLC y está formada por el procesador y la memoria. El procesador se encarga de ejecutar el programa escrito por el usuario que se encuentra almacenado en la memoria. Además, el procesador se comunica con el exterior mediante sus puertos de comunicación y realiza funciones de autodiagnóstico.

2.2.1. PROCESO PRODUCTIVO

El proceso productivo es un conjunto de acciones que se encuentran interrelacionadas de forma dinámica y que se orientan a la transformación de ciertos elementos. De esta manera, los elementos de entrada (conocidos como factores) pasan a ser elementos de salida (productos), tras un proceso en el que se aumenta su valor mediante el uso de recursos físicos, tecnológicos, humanos, etc. (Ventura, 2016)

Un proceso productivo puede ser clasificado en:

- **Proceso continuo:** La transformación de factores en productos se realiza de forma ininterrumpida o con procesos repetitivos de producción en masa.
- **Proceso intermitente:** Procesos que no requieren continuidad en el tiempo o que se realizan bajo pedido.

2.2.2. PALETIZADO

Debido a las necesidades logísticas, incremento en la automatización, mecanización y comercialización en el sector industrial a nivel global, la normalización ha ido tomando auge, cuando se produjo la segunda guerra mundial y con el traslado de armas, alimentos y medicamentos para los soldados estadounidenses, nació la necesidad de estandarizar un conjunto de reglas para el empaquetado y por tal forma manipulación de dichas mercancías. Es de esta manera que el pallet se dio a conocer como una ayuda para simplificar y acelerar el trabajo de carga, descarga, almacenaje y manipulación ya que se lo realizaba con unas máquinas especiales. (Muñoz, 2017)

Tanto las características como las especificaciones de los pallets se determinaron con un cierto rango por tal motivo hay mucha variación de la forma de los pallets, pero siempre cumpliendo las normas que permiten la formación de una unidad de carga y una forma de manipulación idéntica, aunque no única.

Principios para la conformación de pallets:

- **Posición de la carga**

A modo de norma general, los productos terminados deben ubicarse siempre de forma vertical y ligeramente adentrada del ras del pallet.

- **Estructura del pallet**

Al disponer de una adecuada estructura del pallet, se obtiene una mayor estabilidad y se reduce el riesgo de rompimientos y pérdidas de los productos.

- **Altura de la carga**

Esta depende del estándar de los medios de transporte y almacenamiento, al igual que del tipo y volumen del producto. Los principales factores para obtener la altura ideal son:

Aceptabilidad: Los equipos, medios de transporte y las instalaciones condicionan la altura de manera decisiva.

Ergonomía: Estudia el esfuerzo desarrollado en ubicar los empaques y se encuentra en relación directa con su peso y tamaño.

Estabilidad: El desarrollo de estantes muy altos disminuye la estabilidad en especial cuando se somete a un almacenamiento masivo.

Peso de la carga: Los principales factores que influyen en el peso de la carga son: la densidad del producto, la altura de la carga paletizada y el nivel de aprovechamiento de la superficie del pallet.

Existe un peso máximo aceptado para cada tipo de pallets. Al ubicar cargas de pesos superiores se obtiene efectos negativos sobre el proceso causando daños a las máquinas e instalaciones.

Los principales beneficiarios de aplicar estas normas son los siguientes procesos:

- ✓ Carga y descarga.
- ✓ Manipulación.
- ✓ Almacenamiento.

2.2.2.1. PALETIZACIÓN

El paletizado o paletización es el hecho y consecuencia de organizar mercadería en un palé para su acaparamiento y traslado. Las mercaderías se paletizan para lograr igualdad y comodidad en su operación; disminuyendo su área de trabajo y aprovechando el tiempo de carga, descarga y su maniobrabilidad. (Muñoz, 2017)

Entonces con la definición anterior de paletización, se puede decir que aproximadamente todo tipo de mercadería puede ser paletizado; ya que el paletizado ha llegado a ser imprescindible en locales mecanizados, con el propósito de mitigar las necesidades planteadas por el entorno competitivo.

2.2.2.2. FACILITADORES DEL PROCESO DE PALETIZACIÓN

Son constituidos por todos aquellos componentes del pallet y del producto terminado, que facilitan las actividades para la manipulación de los productos. Entre los principales tenemos:

- **Empaques:** Elementos que permiten agrupar varias unidades de un producto en una caja.
- **Equipos de manipulación:** Son equipos que cumplen la función de elevar y descender el pallet en la zona de cargue o descargue.

2.2.2.3. BENEFICIOS DE LA PALETIZACIÓN

- Reducción del tiempo de elaboración y embarcación de vehículos.
- Rebaja de precios al cargar y descargar la mercadería.
- Minimiza el tiempo de espera al despachar.
- Incremento de la producción.
- Disminuye el manejo de los productos.
- Comodidad al movilizar lo almacenado y aprovechamiento del área de trabajo.
- Reducción de daños por manejo indebido de la mercadería.
- Agilidad y fijación al almacenar con relación a otros productos.
- Mejora la presentación de la mercadería.
- Mejora la confianza de los trabajadores al involucrarse con la manipulación de mercadería.

2.2.2.4. BENEFICIOS DE UN SISTEMA DE PALETIZADO

Un sistema de paletizado automático permite que la tarea de paletizar se realice sin la necesidad que intervenga ninguna persona, ya que mediante un programa estos sistemas poseen la capacidad de preparar el pallet de manera proporcionada y tenerla lista para movilizarla hacia los estantes o a los lugares dispuestos para su despacho. (Rosales, 2016)

Estos sistemas facilitan el aprovechamiento máximo del espacio, se nivelan los pesos, hace que no se tenga problemas en el transporte y el almacenamiento, el tiempo de carga de un pallet se reduce muchísimo, que haciéndolo manualmente y evita problemas que se podrían ocasionar con el tiempo.

2.2.3. AUTOMATIZACIÓN

En el siglo pasado, la automatización tenía como fin optimizar el tiempo de trabajo de los operarios ya que disminuía las labores que acarreaban gran riesgo, dañinas para la salud y pesadas, el valor de fabricación disminuía, y las mercaderías mejoraban su calidad. Sin embargo, con la aparición de la microelectrónica y los ordenadores estos objetivos se han visto en la necesidad de ser ampliamente incrementados.

Con la automatización de los procesos, logra darse una mayor eficiencia en el sector de maquinaria, la producción de piezas defectuosas se reduce en las empresas de producción, por ende, se logra obtener una mayor calidad en los productos. Con las inversiones tecnológicas en la empresa se ayuda a que aumente toda su competitividad en un porcentaje considerable con respecto a la competencia, y al no realizar cambios la empresa puede sufrir el riesgo de quedarse rezagado. (Tunal, 2015)

En la actualidad, la automatización va más allá que la simple mecanización de los procesos ya que ésta provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo, la automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano, es muy grande que en un simple sistema automático, conlleva al uso de sensores y actuadores en el campo industrial, la programación es tan importante ya que nos permite controlar, supervisar, recolectar y transmitir los diferentes datos tomados en tiempo real. (Muñoz, 2017)

2.2.4. HERRAMIENTAS DE LA AUTOMATIZACIÓN

Con la implementación de métodos numéricos en dispositivos de automatización el resultado es una gama de aplicaciones de rápida expansión y de enfoque especializado en la industria. La Tecnología asistida por computadora (CAx) ahora sirve de base para las herramientas matemáticas y de organización utilizada para crear sistemas complejos. Ejemplos notables de CAx incluyen el diseño asistido por computadora (CAD) y fabricación asistida por ordenador (CAM). La mejora en el diseño, análisis, y la fabricación de productos basados en CAx ha sido beneficiosa para la industria.

La tecnología informática, junto con los mecanismos y procesos industriales, pueden ayudar en el diseño, implementación y monitoreo de sistemas de control. Un ejemplo de un sistema de control industrial es un controlador lógico programable (PLC). Los PLC's están especializados sincronizar el flujo de entradas de sensores y eventos con el flujo de salidas a los actuadores y eventos. La Interfaz hombre-máquina (HMI) o interfaces hombre computadora, se suelen utilizar para comunicarse con los PLC's y otros equipos. El personal de servicio se encarga del seguimiento y control del proceso a través de los HMI, en donde no solo puede visualizar el estado actual del proceso sino también hacer modificaciones a variables críticas del proceso. (Londoño, 2013)

Existen diferentes tipos de herramientas para la automatización como:

- ANN - Artificial neural network
- DCS - Distributed Control System
- HMI - Human Machine Interface
- SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition
- PLC - Programmable Logic Controller
- PAC - Programmable automation controller
- Instrumentación
- Control de movimiento
- Robótica

2.2.5. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC'S)

Las empresas de hoy, que piensan en el futuro, se encuentran provistas de modernos dispositivos electrónicos en sus máquinas y procesos de control. Hoy las fábricas automatizadas deben proporcionar en sus sistemas, alta confiabilidad, gran eficiencia y flexibilidad. Una de las bases principales de tales fábricas es un dispositivo electrónico llamado Controlador Lógico Programable. Este dispositivo fue inicialmente introducido en 1970 y se ha sido refinando con nuevos componentes electrónicos, tales como Micro- procesadores de alta velocidad, agregándole funciones especiales para el control de procesos más complejos.

Hoy los controladores programables son diseñados usando lo último en diseño de Micro-procesadores y circuitería electrónica lo cual proporciona una mayor confiabilidad en su operación en aplicaciones industriales donde existen peligro debido al medio ambiente, alta respetabilidad, altas temperaturas, ruido ambiente o eléctrico, suministro de potencia eléctrica no confiable, vibraciones mecánicas etc. El Control Lógico Programable que fue diseñado y concebido para su uso en el medioambiente industrial. (Rosales, 2016)

2.2.5.1. PLC

Los Controladores Lógicos Programables, (PLC' s, Programmable Logic Controller), nacieron esencialmente como tales, a finales de la década de los 60's y principios de los 70's. Las industrias que propiciaron este desarrollo fueron las empresas automotrices. Los PLC's surgen como equipos electrónicos sustitutos de los sistemas de control basados en relevadores, que se hacían más complejos y esto

arrojaba ciertas dificultades en cuanto a la instalación de los mismos, los altos costos de los equipos. (Festo, 2017)

Los altos costos de operación y mantenimiento y la poca flexibilidad y confiabilidad de los equipos. Los primeros PLC's se usaron solamente como reemplazo de relevadores, es decir, su capacidad se reducía exclusivamente al control On-Off (de dos posiciones) en máquinas y procesos industriales. De hecho, todavía se siguen usando en muchos casos como tales. La gran diferencia con los controles por relevador fue su facilidad de instalación, ocupan menor espacio, costo reducido, y proporcionan autodiagnósticos sencillos.

2.2.5.2. DESCRIPCIÓN DE UN PLC

El PLC es un aparato electrónico operado digitalmente que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones las cuales implementan funciones específicas tales como lógicas, secuenciales, temporización, conteo y aritméticas, para controlar a través de módulos de entrada /salida digitales y analógicas, varios tipos de máquinas o procesos.

Una computadora digital que es usada para ejecutar las funciones de un controlador programable, se puede considerar bajo este rubro. Se excluyen los controles secuenciales mecánicos. De una manera general podemos definir al controlador lógico programable a toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales de control. Su programación y manejo puede ser realizado por personal con conocimientos electrónicos sin previos conocimientos sobre informática. (Festo, 2017)

2.2.5.3. FUNCIONAMIENTO DE UN PLC

Para explicar el funcionamiento del PLC, se pueden distinguir las siguientes partes:

- Interfaces de entradas y salidas
- CPU (Unidad Central de Proceso)
- Memoria
- Dispositivos de Programación

El usuario ingresa el programa a través del dispositivo adecuado (un cargador de programa o PC) y éste es almacenado en la memoria del CPU. El CPU, que es el "cerebro" del PLC, procesa la información que recibe del exterior a través de la interfaz de entrada y de acuerdo con el programa activa una salida a través de la correspondiente interfaz de salida. Evidentemente, las interfaces de entrada y salida se encargan de adaptar las señales internas a niveles del CPU. Por ejemplo, cuando el CPU ordena la activación de una salida, la interfaz adapta la señal y acciona un componente (transistor, relé, etc). (Festo, 2017)

2.2.6. SISTEMAS DE CONTROL

2.2.6.1. ¿QUÉ ES UN SISTEMA DE CONTROL?

Un sistema es una combinación de componentes que actúan juntos y realizan un objetivo determinado. A un sistema se le puede considerar como una caja negra que tiene entrada y una salida (Universidad Autónoma de Nuevo León).

Se considera un sistema de control si la salida se controla de modo que pueda adoptar un valor o cambio en particular de alguna manera definida. En la siguiente figura 1 se muestra el sistema de control general.

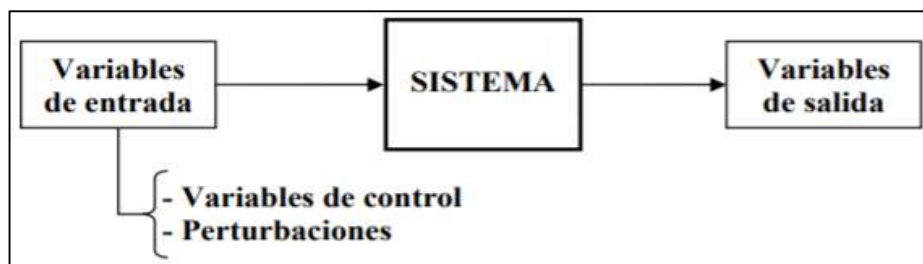


Figura 1: Sistema de control general

Fuente: Universidad Autónoma de Nuevo León

El sistema de control se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados.

En base a la figura 1 se tiene que:

- **Entrada de un sistema de control:** Denominada también variable de entrada que se elige de modo tal que mediante su manipulación se logra que el sistema cumpla un objetivo determinado.

No solo la señal de referencia (valor deseado de la salida del sistema) conforma una variable de entrada, también hay ciertas señales indeseadas, como son algunas perturbaciones externas, que se generan fuera del sistema y actúan sobre la planta, afectando desfavorablemente la salida del sistema, comportándose también como una variable de entrada, cuyo valor no dependen de ninguna otra variable interna al sistema. (Universidad Autónoma de Nuevo León)

- **Salida de un sistema de control:** Es una variable del sistema controlado que se elige de modo tal que mediante su estudio se analiza si el sistema cumple o no con los objetivos propuestos. Se verá más adelante que en los sistemas realimentados esta señal de salida contribuye a realizar el control propuesto.
- **Perturbaciones:** Es una señal que tiende a afectar adversamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se la denomina interna, mientras que una perturbación externa se genera fuera del sistema. Las perturbaciones actúan sobre un sistema modificando, su

funcionamiento por lo que su presencia implica la necesidad de control. Normalmente las perturbaciones actúan sobre un sistema aleatoriamente.

2.2.6.2. TIPOS DE SISTEMA DE CONTROL

- **Sistema de control de lazo abierto:** Es aquel sistema de control en el que la salida no es afectada por la señal de entrada. La salida no se realimenta para compararla con la entrada. Los elementos de un sistema a lazo abierto usualmente están divididos en dos partes, el controlador y el proceso controlado, dicho sistema se muestra en la figura 2.

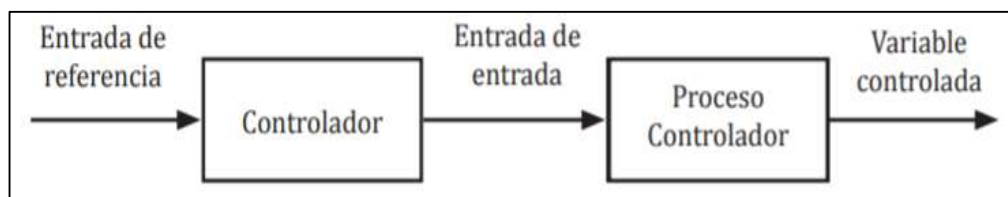


Figura 2: Sistema de control de lazo abierto

Fuente: Pérez, M et.al, (2008)

Es decir, la salida ni se mide ni se realimenta para compararla con la entrada. Los sistemas de control de lazo abierto son sistemas de control en la que la salida no tiene efecto sobre la señal o acción de control.

Una señal de entrada o comando se aplica al controlador, cuya salida actúa como una señal de control o señal actuante, la cual regula el proceso controlado, de tal forma que la variable de salida o variable controlada se desempeñe de acuerdo a ciertas especificaciones o estándares establecidos. En los casos simples, el controlador puede ser un amplificador, filtro, unión mecánica u otro elemento de control. En los casos más complejos puede ser una computadora tal como un microprocesador.

Así la exactitud del sistema depende de la calibración. Calibrar significa establecer una relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada. Así la exactitud del sistema depende de la calibración. Hay que hacer notar que cualquier sistema de control que actúa sobre una base de control de tiempo (temporizador), es un sistema de lazo abierto.

Un sistema de control de lazo abierto es insensible a las perturbaciones; por consiguiente un sistema de control de este tipo es útil cuando se tiene la seguridad que no existen perturbaciones actuando sobre el mismo. En la práctica solo se puede usar el control de lazo abierto si la relación entre la entrada y la salida es conocida, y si no hay perturbaciones internas ni externas importantes. (Pérez, M et.al, 2008)

- **Sistema de control de lazo cerrado**

En los sistemas de control de lazo cerrado, la salida o señal controlada, debe ser realimentada y comparada con la entrada de referencia, y se debe enviar una señal

actuante o acción de control, proporcional a la diferencia entre la entrada y la salida a través del sistema, para disminuir el error y corregir la salida.

Un sistema de control de lazo cerrado es aquel en el que la señal de salida tiene efecto directo sobre la acción de control. Esto es, los sistemas de control de lazo cerrado son sistemas de control realimentados. La diferencia entre la señal de entrada y la señal de salida se la denomina señal de error del sistema; esta señal es la que actúa sobre el sistema de modo de llevar la salida a un valor deseado. En otras palabras el término lazo cerrado implica el uso de acción de realimentación negativa para reducir el error del sistema. En la siguiente figura 3 se muestra el sistema de control de lazo cerrado.

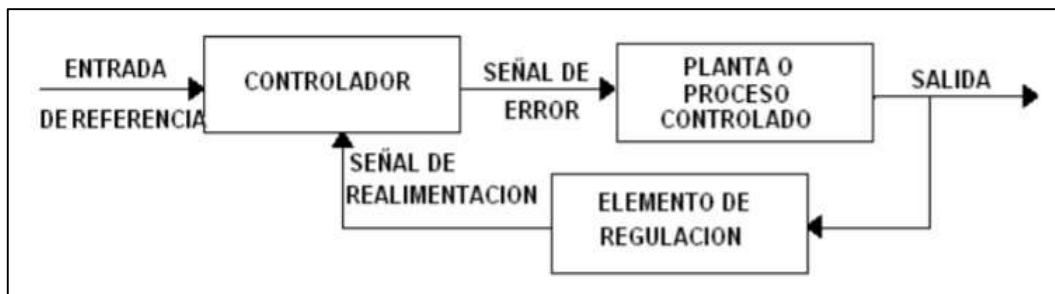


Figura 3: Sistema de control de lazo abierto

Fuente: Carrillo (2012)

2.2.7. TIPOS DE PROCESOS AUTOMATIZADOS

Los procesos industriales, en función de su evolución con el tiempo, pueden clasificarse en algunos de los siguientes grupos:

- Continuos
- Discretos
- Por lotes

Tradicionalmente, el concepto de automatización industrial se ha ligado al estudio y aplicación de los sistemas de control empleados en procesos discontinuos y los procesos discretos, dejando los procesos continuos a disciplinas como regulación o servomecanismos.

2.2.7.1. Procesos continuos

Un proceso continuo se caracteriza porque las materias primas están constantemente entrando por un extremo del sistema, mientras que en el otro extremo se obtiene de forma continua un producto terminado.

Un ejemplo típico de proceso continuo puede ser un sistema de calefacción para mantener una temperatura constante en una determinada instalación industrial. La materia prima de entrada de temperatura que se quiere alcanzar en la instalación; la salida será la temperatura que realmente existe. Carrillo (2012)

El sistema de control consta de un comparador que proporciona una señal de error igual a la diferencia entre la temperatura deseada y la temperatura que realmente existe; la señal de error se aplica al regulador que adaptará y amplificará la señal que ha de controlar la electroválvula que permite el paso de gas hacia el quemador de la caldera.

El regulador en función de la señal de error y de las pérdidas de calor existentes en la instalación mantendrá la temperatura deseada en la instalación controlando la cantidad de gas que pasa por la electroválvula. El actuador está constituido por la electroválvula; se utilizan dos sensores: la temperatura real existe en la sala y la temperatura programada por el operario. Carrillo (2012)

A la vista de la instalación se comprueba dos características propias de los sistemas continuos:

- El proceso se realiza durante un tiempo relativamente largo.
- Las variables empleadas en el proceso y sistema de control son de tipo analógico: dentro de unos límites determinados las variables pueden tomar infinitos valores.

El estudio y aplicación de los sistemas continuos es objeto de disciplinas como regulación y servomecanismos.

2.2.7.2. Procesos discretos

El producto de salida se obtiene a través de una serie de operaciones, muchas de ellas con gran similitud entre sí. La materia prima sobre la que se trabaja es habitualmente un elemento discreto, que se trabaja en forma individual. Un ejemplo discreto es la fabricación de una pieza metálica rectangular con dos taladros.

El proceso para obtener la pieza terminada puede descomponerse en una serie de estados que han de realizarse secuencialmente, de forma que para realizarse un estado determinado es necesario que hayan realizado correctamente los anteriores. Para ejemplo propuesto estos estados son:

- Coste de la pieza rectangular con unas dimensiones determinadas, a partir de una barra que alimenta la sierra.
- Transporte de la pieza rectangular a la base de taladro.
- Realizar el taladro A.
- Realizar el taladro B.
- Evacuar la pieza.

Cada uno de estos estados supone a su vez una serie de activaciones y desactivaciones de los actuadores (motores y cilindros neumáticos) que se producirán en función de:

- Los sensores (sensores de posición situados sobre la cámara de los cilindros y contactos auxiliares situados en los contactores que activan los motores eléctricos).
- Variable que indica que se ha revisado el estado anterior.

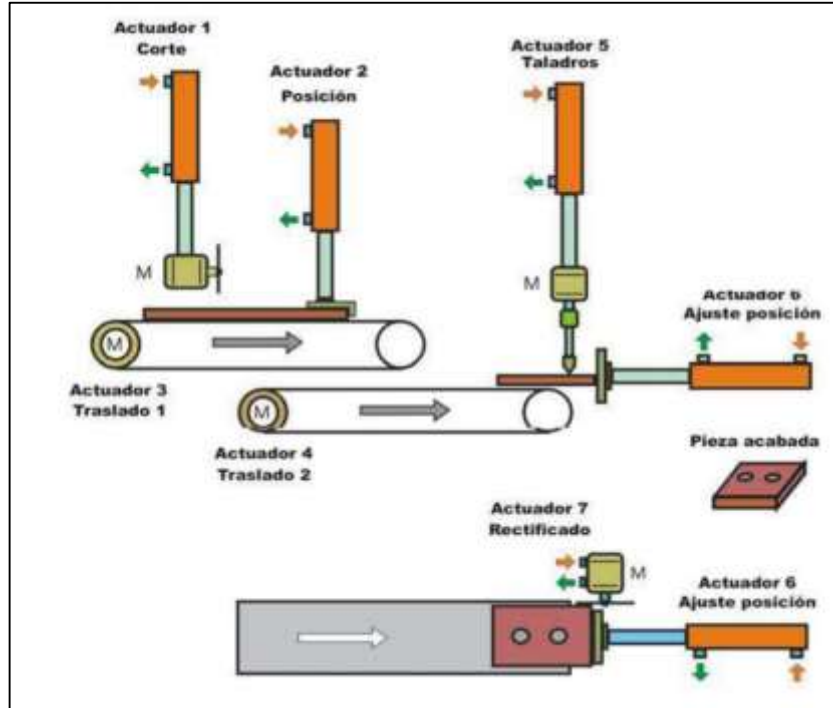


Figura 4: Proceso discreto

Fuente: Carrillo (2012)

2.2.7.3. Procesos discontinuos o por lotes

Se reciben a la entrada del proceso las cantidades de las diferentes piezas discretas que se necesitan para realizar el proceso. Sobre este conjunto se realizan las operaciones necesarias para producir un producto acabado o un producto intermedio listo para un procesamiento posterior.

Por ejemplo, se trata de formar una pieza de una máquina, partiendo de unas piezas que se han obtenido a partir de una serie de procesos discretos; las piezas se ensamblarán como se indica en la figura; una vez colocadas se remacharán los cilindros superiores de las piezas de forma que pueda obtenerse la pieza terminada. Carrillo (2012).

El proceso puede descomponerse en estados, que, por ejemplo, podrían ser:

- Posicionar piezas C, D y E.
- Posicionar piezas B.
- Posicionar pieza A.
- Remachar los cilindros superiores de C, D y E.

Estos estados se realizarán de forma secuencial, y para activar los dispositivos encargados de posicionar las diferentes piezas, como ocurrían en el proceso discreto, serán necesarias:

- Señales de sensores.
- Variables de estados anteriores.

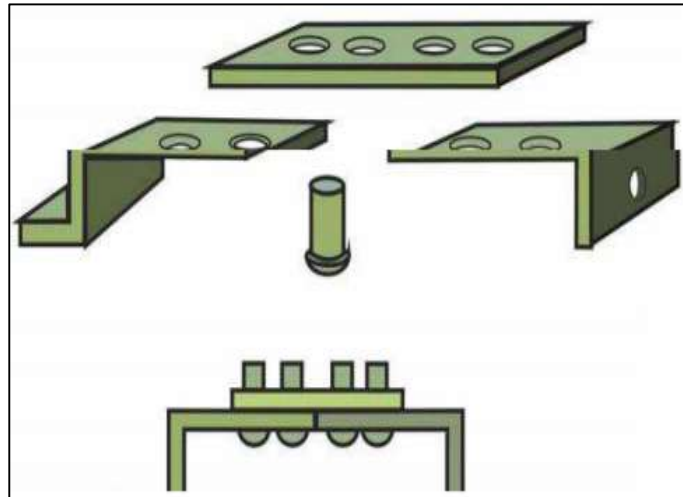


Figura 5: Proceso discontinuo o por lotes

Fuente: Carrillo (2012)

2.2.8. TIPO DE SEÑALES

2.2.8.1. SEÑALES ANALÓGICAS

La variable física se traduce en variaciones continuas de la señal de salida. La señal se transmite con tensiones de 1 a 5 VDC, de 10 a 50 mVDC y corriente de 4-20ma.

2.2.8.2. SEÑALES DIGITALES

Las variables físicas son discretas y representan estados: ON/OFF, abierto/cerrado, etc. La señal se trasmite con dos tensiones de línea, por ejemplo, 0 ó 24 VDC. (Universidad Autónoma de Nuevo León)

2.2.9. DISPOSITIVOS DEL SISTEMA

2.2.9.1. ACTUADORES NEUMÁTICOS

El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo. El movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolo (estos también proporcionan movimiento rotativo con variedad de ángulos por medio de actuadores del tipo piñón cremallera). También encontramos actuadores neumáticos de rotación continua (motores neumáticos), movimientos combinados e incluso alguna transformación mecánica de movimiento que lo hace parecer de un tipo especial (Universidad de

Huelva, 2009). La clasificación de actuadores neumáticos se puede observar en la figura 6.

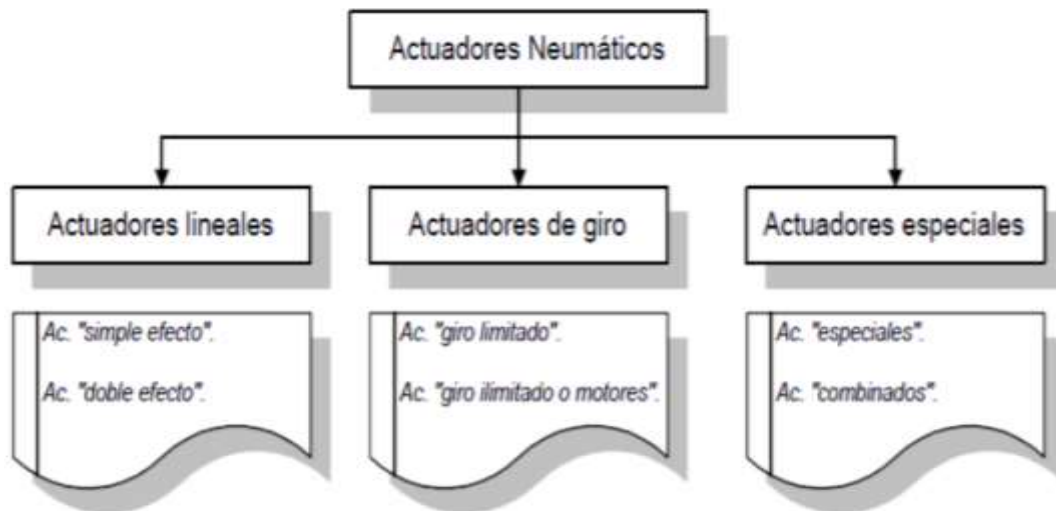


Figura 6: Clasificación genérica de actuadores neumáticos

Fuente: Universidad de Huelva

Hay 3 factores fundamentales a tener en cuenta en el cálculo de cilindros neumáticos. La presión del aire, el diámetro del cilindro y el rozamiento de las juntas. Las ecuaciones para la fuerza teórica son las mostradas a continuación (Ingeniarieni Gó Eskola).

$$F \text{ teórica} = A \cdot p$$

Donde

A= Superficie útil del embolo.

P= Presión de trabajo.

F teórica= Fuerza teórica del émbolo.

Pero en la vida real es necesario tener en cuenta el rozamiento, este se puede tomar como un valor entre el 3% y 20% cuando el sistema trabaja entre 4 y 8 bar (Ingeniarieni Gó Eskola). Por esta razón la ecuación queda de la siguiente manera para cilindros de doble efecto:

$$F_n = A \cdot p - F_r(\text{al avance}) \quad F_n = A \cdot p - F_r(\text{al retroceso})$$

$$A = (D^2 \cdot \pi) / 4$$

$$A' = 8(D^2 \cdot d^2 \cdot \pi) / 4$$

Dónde:

F_r =Fuerza de rozamiento (3% al 20%).

D = Diámetro del émbolo.

d = Diámetro del vástago.

F_r = Fuerza efectiva o real del émbolo (3% al 20%).

Los cilindros neumáticos necesitan de un compresor de aire por lo tanto es necesario realizar el siguiente cálculo que determina el consumo necesario para que funcione un actuador neumático.

Consumo de aire = $(s \times A + s \times A') \times n \times$ Relación de compresión

$$\text{Relación de compresión} = \frac{101,3 \text{ kPa} + \text{presión de trabajo}}{101,3 \text{ kPa}}$$

Donde:

s = Longitud de carrera

n = Ciclos por minuto

2.2.9.2. ACTUADORES NEUMÁTICOS LINEALES

Son los actuadores más comúnmente utilizados, transforman la energía neumática en energía mecánica con movimiento rectilíneo alternativo.

- **Cilindros neumáticos**

Los cilindros neumáticos son, por general, los elementos que realizan el trabajo. Una función es la de transformar la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, que consta de carrera de avance y carrera de retroceso, como se explicó anteriormente en la teoría de cálculo.

Generalmente, el cilindro neumático está constituido por un tubo circular cerrado en los extremos mediante dos etapas, entre las cuales se desliza un émbolo que separa dos cámaras. Al émbolo va unido a un vástago que, saliendo a través de una o ambas tapas, permite utilizar la fuerza desarrollada por el cilindro en virtud de la presión del fluido al actuar sobre la superficie del émbolo. (Universidad de Huelva)

Los dos volúmenes de aire en que queda dividido el cilindro por el émbolo reciben el nombre de cámara. Si la presión de aire se le aplica en la cámara posterior de un cilindro, el émbolo y el vástago se desplazan hacia delante (carrera de avance). Si la presión de inverso (carrera de retroceso). Existen diferentes tipos de cilindros neumáticos. Según la forma en que realiza el retroceso del vástago, los cilindros se dividen en dos grupos:

- Cilindros de simple efecto
- Cilindros de doble efecto

- **Cilindros de simple efecto**

Este cilindro de simple efecto sólo puede realizar trabajo en un solo sentido, es decir, el desplazamiento del émbolo por la presión del aire comprimido tiene lugar en un solo sentido, pues el retorno a su posición inicial se realiza por medio de un muelle recuperados que lleva el cilindro incorporado o bien mediante la acción de fuerzas exteriores. Existen varios tipos, los más empleados son los cilindros de émbolo. El movimiento, de trabajo es efectuado por el aire a presión que obliga a desplazarse al émbolo comprimiendo el muelle y, al desaparecer la presión, el muelle hace que regrese a su primitiva de reposo. En la siguiente figura 7 se muestra el diseño de un cilindro de simple efecto. (Universidad de Huelva)

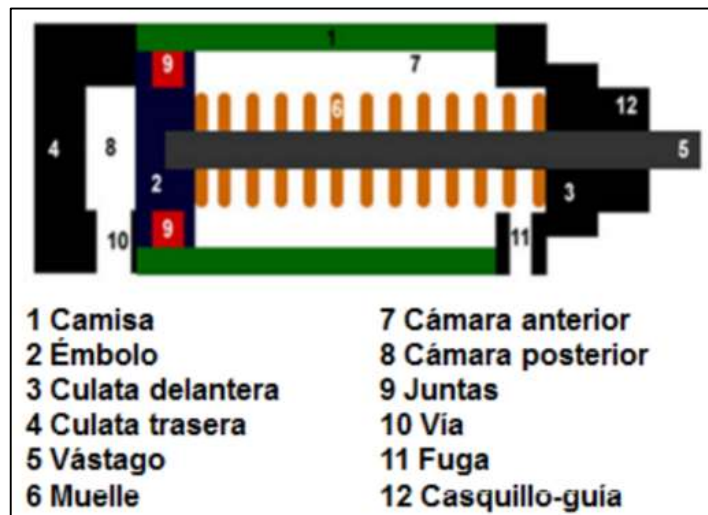


Figura 7: Cilindro de simple efecto

Fuente: Universidad de Huelva.

- **Cilindros de doble efecto**

Al decir doble efecto se refiere a que tanto el movimiento de salida como el de entrada son debidos al aire comprimido, es decir, el aire comprimido ejerce su acción en las dos cámaras del cilindro, de esta forma puede realizar trabajo en los dos sentidos del movimiento.

El campo de aplicación de los cilindros de doble efecto es mucho más extenso que el de los cilindros de simple efecto; incluso si no es necesario ejercer una fuerza en los dos sentidos, el cilindro de doble efecto es preferible al cilindro de simple efecto con muelle de retorno incorporado. El cilindro de doble efecto se construye siempre en forma de émbolo y posee dos tomas para el aire comprimido situadas a ambos lados del émbolo.

Al aplicar aire a presión en la cámara posterior y comunicar la cámara anterior con la atmósfera a través de una válvula, el cilindro realiza carrera de avance. La carrera de retroceso se efectúa introduciendo aire de presión en la cámara anterior y comunicando la cámara posterior con la atmósfera, igualmente a través de una válvula para la evacuación del aire contenido en esa cámara de cilindro. (Universidad de Huelva)

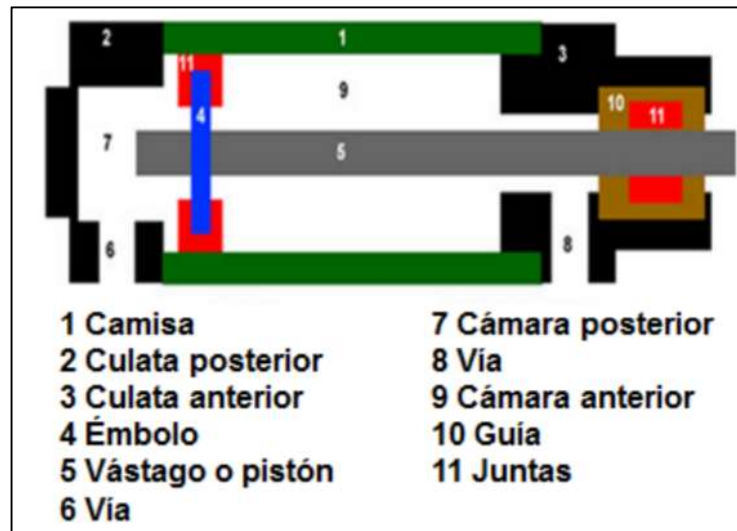


Figura 8: Cilindro de doble efecto

Fuente: Universidad de Huelva

Los cilindros de doble efecto presentan las siguientes ventajas sobre los cilindros de simple efecto:

- Posibilidad de realizar trabajo en dos sentidos.
- No se pierde fuerza para comprimir el muelle.
- No se aprovecha toda la longitud del cuerpo del cilindro con carrera útil.

Por el contrario, tienen el inconveniente de que consumen doble cantidad de aire comprimido que un cilindro de simple efecto.

2.2.9.3. SENSORES

Un sensor es un dispositivo que responde a propiedades de tipo eléctrico, mecánico, térmico, magnético, químico, etc.; generando una señal eléctrica que puede ser susceptible de medición. Normalmente las señales obtenidas a partir de un sensor son de pequeña magnitud y necesitan ser tratadas convenientemente en aspectos de amplificación y filtrado. (Festo,2017)

- **Características generales de un sensor**

A los sensores, se les debe exigir una serie de características:

- Exactitud: Debe poder detectar el valor verdadero de la variable sin errores sistemáticos. Sobre varias mediciones, la desviación de los errores cometidos debe tender a cero.
- Precisión: Una medida será más precisa que otra si los posibles errores aleatorios en la medición son menores.

- Rango de funcionamiento: Debe tener un amplio rango de funcionamiento, es decir, debe ser capaz de medir de manera exacta y precisa un amplio abanico de valores de la magnitud correspondiente.
- Velocidad de respuesta: Debe responder a los cambios de la variable a medir en un tiempo mínimo. Lo ideal sería que la respuesta fuera instantánea.
- Calibración: Es el proceso mediante el cual se establece la relación entre la variable medida y la señal de salida que produce el sensor. La calibración debe poder realizarse de manera sencilla y además el sensor no debe precisar una calibración frecuente.
- Fiabilidad: Debe ser fiable, es decir, no debe estar sujeto a fallos inesperados durante su funcionamiento.
- Coste: El coste para comprar, instalar y manejar el sensor debe ser lo más bajo posible.

- **Clasificación**

Desde el punto de vista de la forma de la variable de salida, podemos clasificar los sensores en dos grupos: analógicos, en los que la señal de salida es una señal continua, analógica; y digital, que transforman la variable medida en una señal digital, a modo de pulsos o bits. En la actualidad los sensores más empleados son los digitales debido sobre todo a la compatibilidad de su uso con las computadoras. (Festo, 2017)

- Sensores analógicos
- Sensores digitales

- **Sensores analógicos**

Suministran una señal proporcional a una variable analógica, como pueden ser presión, temperatura, velocidad, posición.

- **Sensores digitales**

Este tipo de captador suministra una señal que solamente tiene dos estados, asociados al cierre o apertura de un contacto eléctrico, o bien, a la conducción o corte de un interruptor estático como transistor a tiristor. Son los más utilizados en la automatización de movimiento y adoptan diferentes formas: detector de proximidad inductivo, capacitivo, óptico, magnético, entre otros. (Festo,2017)

- **Tipos de sensores**

- **Sensores inductivos:** Este tipo de sensores se basan en el cambio de inductancia que provoca un objeto metálico en un campo magnético.
- **Sensores capacitivos:** Como su nombre indica, están basados en la detección de un cambio en la capacidad del sensor provocado por una superficie próxima a

este. Constan de dos elementos principales; un elemento cuya capacidad se altera (que suele ser un condensador formado por electrodos), y el dispositivo que detecta el cambio de capacidad (un circuito electrónico conectado al condensador).

- **Sensores ópticos:** Emplean fotocélulas como elementos de detección. A veces disponen de un cabezal que contiene un emisor de luz y la fotocélula de detección del haz reflejado sobre el objeto. Otros trabajan en modo barrera y se utilizan para cubrir mayores distancias, con fuentes luminosas independientes del detector. Ambos tipos suelen trabajar con frecuencias en la banda de infrarrojos. (Festo, 2017)

Su utilización principal es como detectores de posición. El principio de funcionamiento está basado en la generación de un haz luminoso por parte de un foto emisor, que se proyecta sobre un foto receptor, o bien, sobre un dispositivo reflectante. La interrupción o reflexión del haz, por parte del objeto a detectar, provoca el cambio de estado en la salida de la fotocélula.

2.2.9.4. MOTOR ELÉCTRICO

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas.

Existen dos tipos de motores eléctricos; los de corriente alterna y los de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, este tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor. (WEG, 2017)

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente por un conductor produce un campo magnético, además si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante el eje, que es el dispositivo que permite dar movimiento a cualquier sistema. Para poder controlar la velocidad o revoluciones de giro del motor es necesario utilizarse un reductor de velocidad, pues este dispositivo permite dar una revolución que se ajuste a lo que queremos; esta combinación de motor y reductor se le conoce mayormente como motorreductor. (WEG, 2017)

2.2.10. MATRIZ DE CONSISTENCIA

La Matriz de consistencia, es un instrumento valioso que consta de un cuadro formado por columnas (en las que en su espacio superior se escribe el nombre de los elementos más significativos del proceso de investigación), y filas (empleadas para diferenciar los encabezados de las especificaciones y detalles de cada rubro). El número de filas y columnas que debe tener la matriz de consistencia varía según la propuesta de cada autor. (Alfaro,2012)

La matriz de consistencia, como su nombre lo indica permite consolidar los elementos claves de todo el proceso de investigación, además posibilita evaluar el grado de coherencia y conexión lógica entre el título, el problema, la hipótesis, los objetivos, las variables, el diseño de investigación seleccionado, los instrumentos de investigación, así como la población y la muestra del estudio.

Su importancia radica principalmente en que sirve o es útil para verificar la eficiencia, eficacia y precisión con que se ha elaborado el proyecto de investigación, es decir, a través de este instrumento sabemos si el proyecto está bien hecho, o que requiere revisión o reajuste antes de ejecutarlo. (Alfaro,2012)

Presenta una visión panorámica de los principales elementos del proyecto de investigación. Al medir y evaluar el grado de coherencia y consistencia del proyecto de investigación, la matriz permite tener una visión total de todos sus componentes. Determina con precisión los problemas, objetivos e hipótesis específicos.

PROBLEMA DE INVESTIGACION DEL PROYECTO						
¿SE PODRA MEJORAR LA RAZON DE RENTABILIDAD DE LA EMPRESA X, INCREMENTANDO SU PRODUCTIVIDAD Y MINIMIZANDO SUS COSTOS OPERATIVOS?						
AREA	PROBLEMA	CAUSAS	METODOLOGIAS	TECNICAS / HERRAMIENTAS	LOGROS	INDICADORES
PRODUCCION	Elevados Costos por exceso de mermas en el Área de Cocina y Bar.	M.O. Falta de Capacitación del Personal	Gestión de Personal	Planificación de Capacitación Especializada	Incrementar la Eficiencia física y económica	$EF = \text{Salida Útil MP} / \text{Entrada MP}$ $EG = \text{Ingresos} / \text{Egresos}$ Producción = b/c $\Delta \% \text{Productividad Mat} = ((\text{Productividad 2} - \text{Productividad 1}) / \text{Productividad 1}) * 100$ Producción = b/c
		MET.: Informalidad en los procesos e ineficiente uso de los recursos	Ing. de Métodos	Estudio del Trabajo	Incremento de la Productividad	$EF = \text{Salida Útil MP} / \text{Entrada MP}$ Producción = b/c $\Delta \% \text{Productividad Total} = ((\text{Productividad 2} - \text{Productividad 1}) / \text{Productividad 1}) * 100$
		CAD. SUM.: Ineficiente política de manejo de materia prima e insumos en cocina	Gestión de la Cadena de Suministro	Procesos de Almacenamiento	Minimizar las pérdidas de productos perecibles	$EF = \text{Salida Útil MP} / \text{Entrada MP}$ $EG = \text{Ingresos} / \text{Egresos}$ Producción = b/c $\Delta \% \text{Productividad MP Perecible} = ((\text{Productividad MP Perec. 2} - \text{Productividad MP Perec. 1}) / \text{Productividad MP Perec. 1}) * 100$

Figura 9: Matriz de consistencia

Fuente: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2017

2.2.11. ESTUDIO DE TIEMPOS

El estudio de tiempos consiste en la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida, efectuándola según un método de trabajo establecido. Los objetivos de la medición del trabajo o estudio de tiempos es que permite revisar y controlar el método de trabajo, permite determinar costos de producción, ayuda en el planeamiento de las operaciones y finalmente provee la base racional de un sistema de incentivos. (Vásquez 2012, 86)

Para realizar este estudio de tiempos existen 4 técnicas que se mencionan a continuación: experiencia histórica; cronometraje industrial; estudio de tiempo / tiempo estándar predeterminados y finalmente el muestreo de trabajo. En el caso de toma y registro de mediciones, el cronometraje industrial, es el más empleado; ya que esta técnica se emplea para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida. (Vásquez 2012, 90)

Para poder determinar el tiempo normal, primero se deberá determinar en tamaño de muestra o número de observaciones, ya que servirá de base para poder aplicar el método estadístico, y en base a esta muestra se podrá determinar el tiempo normal. La fórmula se muestra a continuación:

$$n = \frac{Z^2 p(1 - p)}{h^2}$$

Donde:

n: Número de observaciones necesarias.

p: Porcentaje de tiempo ocioso/ocurrencia.

h: Precisión relativa deseada.

z: Número de desviaciones estándar.

En base al cálculo anterior se determina si las observaciones preliminares deberán superar al número de observaciones requeridas para validar el tamaño de la muestra.

Posteriormente se procede a calcular el tiempo normal. El tiempo normal, es el tiempo en el que un trabajador efectúa una labor en un ritmo que se considera normal; además, de satisfacer tanto al operario como a la empresa. La fórmula se muestra a continuación:

$$T_{normal} = T_{observado} * Valoración$$

Calculado el tiempo normal se procede a calcular el tiempo estándar el cual es el tiempo en el cual una persona podrá realizar una tarea específica, considerando además, que esté bien entrenada, trabajando a un ritmo normal y siguiendo un método establecido. (Vásquez 2012, 95)

$$T_{estandar} = Tiempo\ normal * (1 + Factor\ de\ suplemento)$$

$$Suplementos = \frac{minutos}{(T.\ efect.\ del\ turno - minutos)} * 100$$

2.2.12. PRODUCTIVIDAD E INDICADORES

La productividad es el grado de rendimiento que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos pre determinados; ya que, el objetivo del ingeniero industrial es fabricar artículos a un menor costo, a través del empleo eficiente de los recursos primarios de la producción: materiales, hombres y máquinas. (Vásquez 2012, 16)

Para poder incrementar la productividad existen 3 maneras de poder hacerlo: aumentar el producto y mantener el mismo insumo, reducir el insumo y mantener el mismo producto, y finalmente aumentar el producto y reducir el insumo simultánea y proporcionalmente.

Para poder controlar la productividad se han calculado los siguientes indicadores: la productividad de mano de obra, el porcentaje de producción programada, la eficiencia económica, la eficiencia física, la productividad de materiales, el valor hora y las actividades improductivas, que se explicarán a continuación respectivamente.

- **Productividad de mano de obra**

Este indicador mide el número de unidades producidas por hora de mano de obra trabajada. Este indicador se calcula mediante la siguiente fórmula presentada a continuación:

$$Productividad = \frac{Unidades\ fabricadas}{Tiempo\ empleado\ en\ la\ fabricación * número\ de\ operarios}$$

Donde:

- Unidades fabricadas: Producción realizada
- Tiempo empleado en la fabricación: Cantidad de tiempo utilizado para la producción de las unidades fabricadas.
- Número de operarios: Cantidad de operarios requeridos para dicha producción en tal intervalo de tiempo.

Este indicador se puede encontrar de forma monetaria en algunas plantas, es decir en lugar de piezas fabricadas se colocaría la suma del valor de dichas piezas. Este modo de cálculo dificulta la comprensión del indicador a los operarios, que son los responsables que dicho indicador vaya mejorando o manteniéndose. (Universidad Politécnica de Valencia)

- **Porcentaje de producción programada**

El porcentaje de producción programada se calcula mediante de la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de producción programada} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción programada}}$$

Donde:

- Producción programada: Es la producción que según la programación del día debería sacar la máquina. Para este valor lo único que importa es la cantidad de producción que debería haber sacado.
- Producción real: Es la producción de lo que realmente ha sacado el proceso productivo.

- **Eficiencia económica**

Es la relación aritmética entre el total de ingresos o ventas y el total de egresos o inversiones de dicha venta. La eficiencia económica debe ser mayor que la unidad para que pueda obtenerse beneficios ($E_s > 1$).

$$\text{Eficiencia física} = \frac{\text{Ventas (ingresos)}}{\text{Costos (inversiones)}}$$

- **Eficiencia física**

Es la materia prima de salida empleada (producto terminado) entre la materia prima de entrada. Por lo tanto la eficiencia física es menor o igual que uno ($E_f = 1$).

$$\text{Eficiencia física} = \frac{\text{Salida útil de MP}}{\text{Entrada de MP}}$$

Por lo tanto la eficiencia física es menor o igual que uno ($E_f \leq 1$). (Vásquez 2012, 31)

- **Productividad de materiales**

Para poder calcular la productividad de materiales se aplica la siguiente fórmula que se muestra a continuación:

$$\text{Productividad de materiales} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}}$$

- **Valor hora**

Es necesario calcular este valor hora ya que gracias a él se sabe cuánto cuesta la hora y poder reducir actividades improductivas. Para poder calcular el valor hora se aplica la siguiente fórmula que se muestra a continuación:

$$\text{Valor hora} = \frac{\text{Valor mensualidad por operario}}{\text{Número horas de jornada de trabajo}}$$

- **Incremento de la productividad**

Para poder calcular el incremento de productividad se aplica la siguiente fórmula que se muestra a continuación:

$$\Delta p = \frac{p_{prop} - p_{act}}{p_{act}} * 100 = \frac{p_2 - p_1}{p_1} * 100$$

Donde:

- p_{prop} = Productividad propuesta, productividad que se logra con la implementación del sistema de mejora.
- p_{actual} = Productividad actual, productividad que se logra determinar con el análisis actual de la empresa.

- **Carga física del trabajo**

Si entendemos la Carga de Trabajo como "el conjunto de requerimientos psico-físicos a los que el trabajador se ve sometido a lo largo de la jornada laboral", tenemos que admitir que para realizar una valoración correcta de dicha carga o actividad del individuo frente a la tarea, hay que valorar los dos aspectos reflejados en la definición, o sea el aspecto físico y el aspecto mental dado que ambos coexisten, en proporción variable, en cualquier tarea.

Todo tipo de trabajo requiere por parte del trabajador un consumo de energía, si este es alto, mayor es el esfuerzo solicitado. La realización de un trabajo muscular implica el poner en acción una serie de músculos que aportan la fuerza necesaria; según la forma en que se produzcan las contracciones de estos músculos el trabajo desarrollado se puede considerar como estático o dinámico. El trabajo muscular se denomina estático cuando la contracción de los músculos es continua y se mantiene durante un cierto período de tiempo. El trabajo dinámico, por el contrario, produce una sucesión periódica de tensiones y relajamientos de los músculos activos, todas ellas de corta duración. (Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo-Guías de buenas prácticas)

Los límites para calificación se pueden observar en los anexos 1 hasta el 4, habiendo evaluado cada operación con el uso de las tablas en los anexos mencionados se aplica la siguiente fórmula.

$$E = n (L(K \text{ llevar ida} + K \text{ llevar vuelta}) + H(K \text{ levantar} + K \text{ bajar}))$$

Donde:

E = Consumo de energía en Kcal/hora

n =Número de veces que se realiza una operación

L = Longitud del recorrido

H = Altura total en metros del levantamiento o bajada

III. RESULTADOS

3.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1.1 LA EMPRESA

En la siguiente descripción se darán a conocer los datos generales de la empresa donde se llevará a cabo el proyecto de investigación.

- **Nombre de la empresa:** JAYANCA FRUITS S.A.C.
- **Ubicación:** Carretera Antigua Panamericana Norte Km. 37 C.P. Cahuide (Sector abrojal- Valle La Leche). Lambayeque- Lambayeque- Jayanca.
- **Actividad económica:** Actividades de envase y empaque de productos agroindustriales- Importador/ Exportador.
- **Fecha de inicio de actividades:** 12 de Septiembre del 2014
- **RUC:** 20561338281
- **Representante legal:** Mustafá Aguinaga Ismael Nagib.
- **Visión:**

Al 2025 ser reconocida en el norte del Perú como la planta empacadora de frutas con una oferta de servicio diversificada de productos frescos y congelados con los más altos estándares de calidad, seguridad e inocuidad durante su procesamiento y bajo condiciones laborales que la convierten en el mejor lugar para trabajar, lo cual garantiza a sus clientes la aceptación y preferencia de sus productos en el mercado internacional, generando al máximo valor para sus colaboradores y accionistas.

- **Misión:**

Garantizar a los productores de la región norte del Perú una excelente oferta de servicios de empacado desde la recepción hasta el despacho de las frutas haciendo uso de tecnología apropiada, con personal motivado altamente calificado en cada proceso, cumpliendo con los estándares de calidad, inocuidad y legalidad que le permitan llegar a cualquier país destino con el menor costo logístico; promoviendo una cultura de servicio que garantice la integridad, respeto y responsabilidad social con los actores de la cadena agroexportadora.

- **Valores:**

Los valores por los cuales se rige la empresa y se difunden entre sus colaboradores son los siguientes:

- **Responsabilidad Social:** Entendida como la búsqueda de la sostenibilidad de la cadena productiva.

- Respeto: Referida a la no discriminación de ninguno de los actores de la cadena productiva y a la valoración del aporte de cada integrante sin desigualdades.
- Compromiso: Referido al accionar sin limitaciones de nuestra empresa para lograr los objetivos trazados sin escatimar acciones que estén al alcance.
- Integridad: Considera la total transparencia de nuestra empresa en cada uno de los procesos productivos y comerciales, garantizando que en cada resultado se utilizaron los resultados necesarios y suficientes para su logro.
- Excelencia: Referido a la búsqueda de la competitividad en forma permanente.
- Calidad: Es proporcionar los productos ofrecidos al mercado cumpliendo con los estándares de acuerdo a las normas establecidas por los organismos estatales del sector y de los que corresponden a cada país destino.
- Eficiencia: En el proceso de selección y empaqueo del producto garantizando el valor agregado para los productores.

- **Principales competidores:**

Las empresas u organizaciones con las cuales compite la empresa JAYANCA FRUITS S.A.C. son empresas agroindustriales las cuales también exportan sus productos a nivel internacional; además, con muchos años en el mercado regional, nacional e internacional. Dichas empresas se muestran a continuación:

- QUICORNAC S.A.C.
- GANDULES INC S.A.C.
- PERALES HUANCARUNA S.A.C.
- PRONATUR E.I.R.L.
- ANGROINDUSTRIAS AIB S.A.
- ALPES CHICLAYO S.A.C.
- AGRICOLA CASCABEL S.A.
- AGROBEANS S.R.L.
- AGRÍCOLA LAS MARÍAS S.A.C.
- CONSORCIO NORVID S.A.C.

- **Estructura organizacional:**

Las funciones realizadas en cada puesto se muestran a continuación en la figura 10:

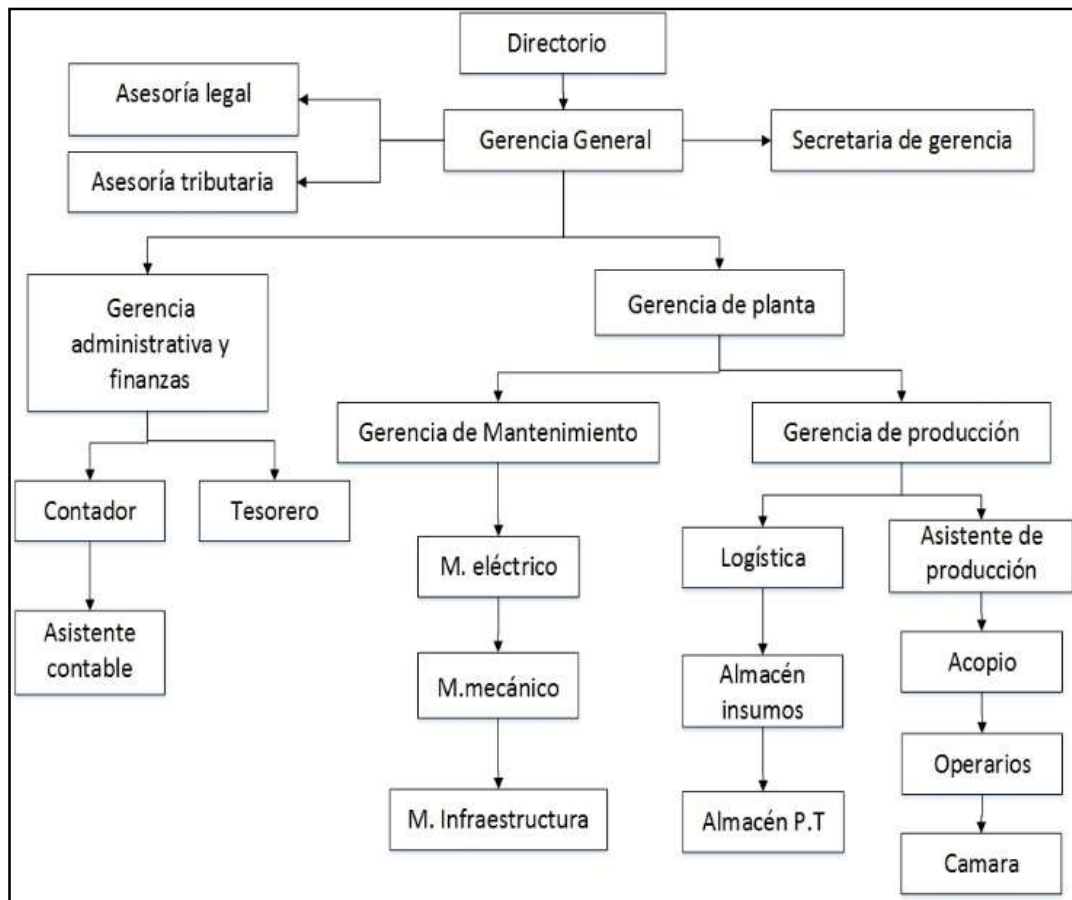


Figura 10: Organigrama de la empresa JAYANCA FRUITS S.A.C.

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

3.1.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

3.1.2.1 Productos

La empresa comercializa sus productos a clientes ubicados en los departamentos de Lambayeque. Los clientes con los que cuenta la empresa están dedicados al rubro de producción agrícola o agropecuaria, incluyendo también a los complejos agroindustriales y agroindustrias; los que exigen productos de buena calidad en cuanto a tamaño, textura, fresca o madurez, durabilidad y a su vez, tiempos de entregas cortos y justo en el momento. Además de ello, brinda el proceso de tercerizado de envasado de productos para pequeñas empresas productoras agrícolas ubicadas en la Región de Lambayeque.

Los principales productos que brinda la empresa a sus clientes se muestra en la siguiente Tabla 1:

Tabla 1: Principales productos que comercializa

Materia prima /Nombre común	Nombre Científico	Producto Final
Mango	Mangifera indica	Mango fresco refrigerado empacado en cajas de cartón de 4,0 kg.
Palta	Persea americana Mill	Palta fresca refrigerada empacada en cajas de cartón de 4,0 kg y 11 kg cajas de plástico de 10 kg.
Uva	Vitis vinifera	Uva fresca refrigerada empacada en cajas de cartón de 4,0 kg y 11 kg en cajas de plástico de 8,2 kg.

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

• **Principales Proveedores:**

- PROSERLA S.A.C.
- FRUTA BONITA S.A.C.
- GREENLAND PERÚ S.A.C.
- AGROINDUSTRIAL BETA S.A.
- AGROKARU S.A.C.
- INVERSIONES MARISAGUA
- SEBASTIAN ONETO
- AGRÍCOLA HMPM S.A.
- MAISARA FRUIT S.A.C.
- SEASON FRUITS PERÚ S.A.C.
- SAN ISIDRO
- SANTA BARBARA
- SAN JUAN

3.1.2.2. Descripción de Productos

Dentro de los productos que comercializa se encuentran la uva, palta y el mango los cuales presentan ciertas características para poder ser exportados a los países destinos. Dichas características se presentan a continuación en la tabla 2, tabla 3 y tabla 4.

Tabla 2: Ficha técnica de la Uva

Ficha técnica de la uva	
1.- NOMBRE COMÚN	Uva fresca
2.- NOMBRE CIENTÍFICO	Vitis Vinífera
3.- DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	La uva pertenece a la familia de las vitáceas y al género de los vitis. Necesita de un clima cálido, para su buen cultivo, crecen agrupadas en racimos de entre 6 y 300 uvas. Pueden ser negras, moradas, amarillas, doradas, púrpuras o verdes. Se comen frescas o se utilizan para producir mosto, vino o vinagre. Como fruta seca se llama pasa.
4.- PRESENTACIÓN	Se presentan tradicionalmente en cajas de cartón corrugado u de espuma de polietileno de 8kg. Según el mercado.
5.- COMPOSICIÓN QUÍMICA	
Calorías	63-67
Hidratos de carbono (g)	16,1 - 15,5
Fibra (g)	0,9 – 0,4
Potasio (mg)	250 – 320
Magnesio (mg)	10 – 4
Calcio (mg)	17 - 4
Vitamina B6 (mg)	0,1 – 0,1
Provitamina A (mcg)	3 – 3
Ácido fólico (mg)	16 - 26
6.- VARIETADES DE UVA	7.- PRINCIPALES PLAGAS DE LA UVA
Red Globe (24-28mm)	
Crimson Seedles (18-19mm)	Arañita Roja
Flame Seedles (18-19mm)	Filoxera
Surgraone (18-22mm)	Nematodo
Thompon Seedles (18-20mm).	
8.- PRINCIPALES ENFERMEDADES:	9.- PRINCIPALES IMPORTADORES:
Oidium	Estados Unidos
Podredumbre del fruto	Holanda
	Reino Unido
	Rusia

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C

Tabla 3: Ficha técnica de la Palta

Ficha técnica de la Palta	
1.- NOMBRE	Palta
2.- NOMBRE CIENTÍFICO	Persea Americana Mill
3.- DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	La variedad Hass posee un contenido de aceite que oscila entre los 18 y 22%. Además, la proporción de agua es baja, de apenas 60 – 70%. Su contenido de vitaminas del complejo B y vitamina E es considerable. Con un peso entre 200 y 300 g. La piel es algo coriácea, rugosa, de color verde y ligeramente negruzca. El fruto es de excelente calidad, sin fibra, alta resistencia al transporte y larga vida post cosecha.
4.- PRESENTACIÓN	Se presentan tradicionalmente en cajas de 4kg, calibre 12-22 (330-180 g). En cajas de cartón (24 und) o canastillas (32 und).
5.- COMPOSICIÓN QUÍMICA(100 g)	
Calorías	132
Calcio (mg)	30
Carbohidratos (g)	5,6
Proteínas (g)	1,7
Fósforo (mg)	67
Hierro (mg)	7
Grasa (g)	12,5
Vitamina A (UI)	666
Vitamina B (mg)	10,7
Vitamina B2 (mg)	2,4
Ácido ascórbico (mg)	7
6.- DEPARTAMENTOS PRODUCTORES	7.- EMBALAJE
Junín	Esta fruta debe ser entregada en canastillas de plástico o cajas de cartón. Estos recipientes deben mantenerse en óptimas condiciones cuando el procesamiento de la fruta, transporte, almacenamiento y distribución
Lima	
Lambayeque	
Ica	
Piura	
Moquegua	
Cuzco	

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C

Tabla 4: Ficha técnica del Mango

Ficha técnica del Mango	
1.- NOMBRE	Mango fresco
2.- NOMBRE CIENTÍFICO	Manguifera indica
3.- DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	Se cultiva bien en zonas de trópico seco o climas templados con condiciones de temperatura que no descieran de 15°C. Es muy susceptible a los cambios de temperatura por lo que debe conservarse entre 9 y 10 °C.
4.- PRESENTACIÓN	Envasado en cajas de cartón corrugado y encerado con la marca especificada por el cliente. La presentación en cuanto al peso es de 4kg. Por caja paletizado en estibas de 264 cajas.
5.- COMPOSICIÓN QUÍMICA	
Calorías	65
Proteínas (g)	0,5 g
Carbohidratos (g)	0,26
Lípidos (g)	0,26
Potasio (mg)	157
Sodio (mg)	2
Vitamina A (mg)	38,90
Vitamina C (mg)	27
6.- CARACTERÍSTICAS SENSORIALES	
Color: Piel verde con naranja para variedad Kent. Piel amarilla con chapa roja para la variedad Haden. Piel rosada con chapa roja para la variedad Tommy Atkins.	Olor: Característico de la fruta, libre de olores y sabores extraños
7.- CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS: Salmonella Aerobios mesófilos Coliformes totales	
8.-VIDA ÚTIL La vida útil del producto está en función a la madurez fisiológica del fruto y se tiene en promedio De 7 – 8° Brix: 30 – 50 días De 8 – 9° Brix: 20 – 35 días	

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

3.1.2.2 Proceso de producción

Para el presente proyecto se trabajará con el producto de la palta Hass, debido a que es el que se presenta mayores problemas que se detallarán más adelante. En el proceso se tienen las siguientes operaciones:

- **Recepción/Pesado de materia prima:** La fruta es cosechada de los campos propios (PROSERLA S.A.C.) y/o de otros campos. El transporte de la fruta a la empacadora se hace en camión, con una manta que cubra toda la fruta, para evitar el ingreso de polvo o que se deshidrate por el calor. La recepción consiste en descargar las jabas de fruta para luego ser pesadas en una balanza electrónica, identificando la cantidad de jabas que viene en cada lote. Las paltas ingresan a la línea de proceso mediante una faja transportadora. Este proceso se observa en la figura 11 y figura 12.



Figura 11: Recepción y descarga de materia prima

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.



Figura 12: Ingreso de paltas a la etapa de lavado

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

• **Lavado:** Las paltas son llevadas a través de la faja transportadora e ingresan a un módulo que cuenta con cepillos de monofilamento para eliminar restos de tierra y en la parte superior cuenta con duchas de lavado con agua clorada, como se puede observar en la figura 13.



Figura 13: Proceso de lavado de palta

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

• **Pre secado:** La materia prima entra a un túnel de pre secado para eliminar el agua de la fruta antes de encerarla.

• **Selección:** En esta etapa los operarios seleccionan la palta que cumple con los estándares de calidad establecidos para exportación, aquí es observada y se eliminan los frutos que no cumplen con los estándares de calidad establecidos, considerándolos como descarte y serán dispuestos según indicaciones del área comercial, como se observa en la figura 14.



Figura 14: Proceso de selección de palta

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

- **Encerado:** Cuando el cliente así lo solicita, las paltas pasan por un módulo que consta de un juego de cepillos en donde se aplica cera de polietileno la cual cumple con los requisitos de la FDA y de la Unión Europea, con la finalidad de proteger a la palta.

- **Secado:** Las paltas entran en un túnel de secado, con la finalidad de fijar la cera aplicada.

- **Calibrado/Pesado:** La palta seleccionada entran a un calibrado electrónico automático por peso de fruto, el objetivo es obtener cajas parejas con fruta uniforme en tamaño y peso, en esta etapa radica el éxito de la operación ya que se determinan y marcan los calibres y precios establecidos en el mercado internacional. El contenido de cada caja debe ser de 4 a 10 Kg netos según especificaciones del cliente cuando estas lleguen a destino. Para compensar la pérdida durante el transporte y almacenaje, se le asignará un peso con excedente a cada caja. El proceso de calibrado se observa en la figura 15.



Figura 15: Proceso de calibrado de palta

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

• **Empacado:** Las paltas son llevadas en una faja transportadora donde es vaciada en tolvas. Los operarios las empaican en dos tipos de presentaciones en canastillas o en cajas, según especificación del cliente. La rapidez con que normalmente se hace, debe conciliarse con un buen trato a la fruta, para atenuar golpes y magulladuras. Dicho proceso se observa en la figura 16.



Figura 16: Proceso de empacado de palta

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

• **Paletizado:** En el proceso de paletizado, se arman pallets según presentación de canastillas o cajas. La cantidad de los pallets varían por el tipo de presentación, es decir un pallet de canastilla contiene 114 cajas de 10kg por caja y un pallets caja contiene 264 cajas de 4kg por caja. Simultáneamente se realiza el proceso de etiquetado y enzunchado. Esta etapa es esencial para la presentación ya que en destino, la unidad que se maneja es el pallet, por ello que la ubicación de las cajas, la trazabilidad y los calibres deben ser muy claros para ordenar posteriormente en cámara. Una vez armados los pallets son llevados por un montacarga al área de enfriamiento; este proceso se muestra en la figura 17.



Figura 17: Proceso de paletizado de palta

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

- **Enfriado:** Posteriormente los pallets armados son transportados a los túneles de frío. Este enfriamiento se da por aire forzado que pasa por el producto ya empacado. Los pallets se colocan a ambos lados de un ventilador de extracción, formando dos pilas paralelas y dejando un canal abierto en el medio de las dos filas. Se pone una lona, subiendo el canal central; y el ventilador ubicado en el extremo succiona el aire del canal, generando una presión negativa que obliga al aire frío del cuarto a pasar a través del producto.

La temperatura del producto es controlada por medio de un sistema de termometría, que consta de 12 sensores colocados en diferentes puntos en ambas caras de las dos filas de pallets formados. La temperatura mínima para concluir el enfriamiento será cuando alcance una temperatura de pulpa entre 6°C. Los pallets de cajas son conservados por un tiempo de 5 horas, mientras que un pallet de canastilla es conservado por un tiempo de 6 horas.

- **Almacenamiento:** Finalmente los pallets son retirados de los túneles de frío para ingresar a las cámaras de almacenamiento. Para almacenar siempre se tiene que tener en cuenta agrupar los pallets por categoría/ calibre, con separación entre ellos y entre las paredes, en filas y en columnas. También se tiene que considerar despachar la fruta de mayor tiempo de almacenamiento en la cámara, cumpliendo con el FIFO: “lo primero que entra, es lo primero que sale”.

- **Despacho:** Toda la carga se despachará en contenedores que deberán consolidarse en planta. Los contenedores van con un termógrafo o “temp pale”, los cuales tienen un código de identificación que deberá ser registrado en el “packing list” así mismo como su ubicación dentro del contenedor en la caja respectiva. Los contenedores de despacho se observa en la figura 18 mostrada a continuación.



Figura 18: Proceso de paletizado de palta

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

A continuación se presenta el diagrama de flujo en bloques, en la figura 19:

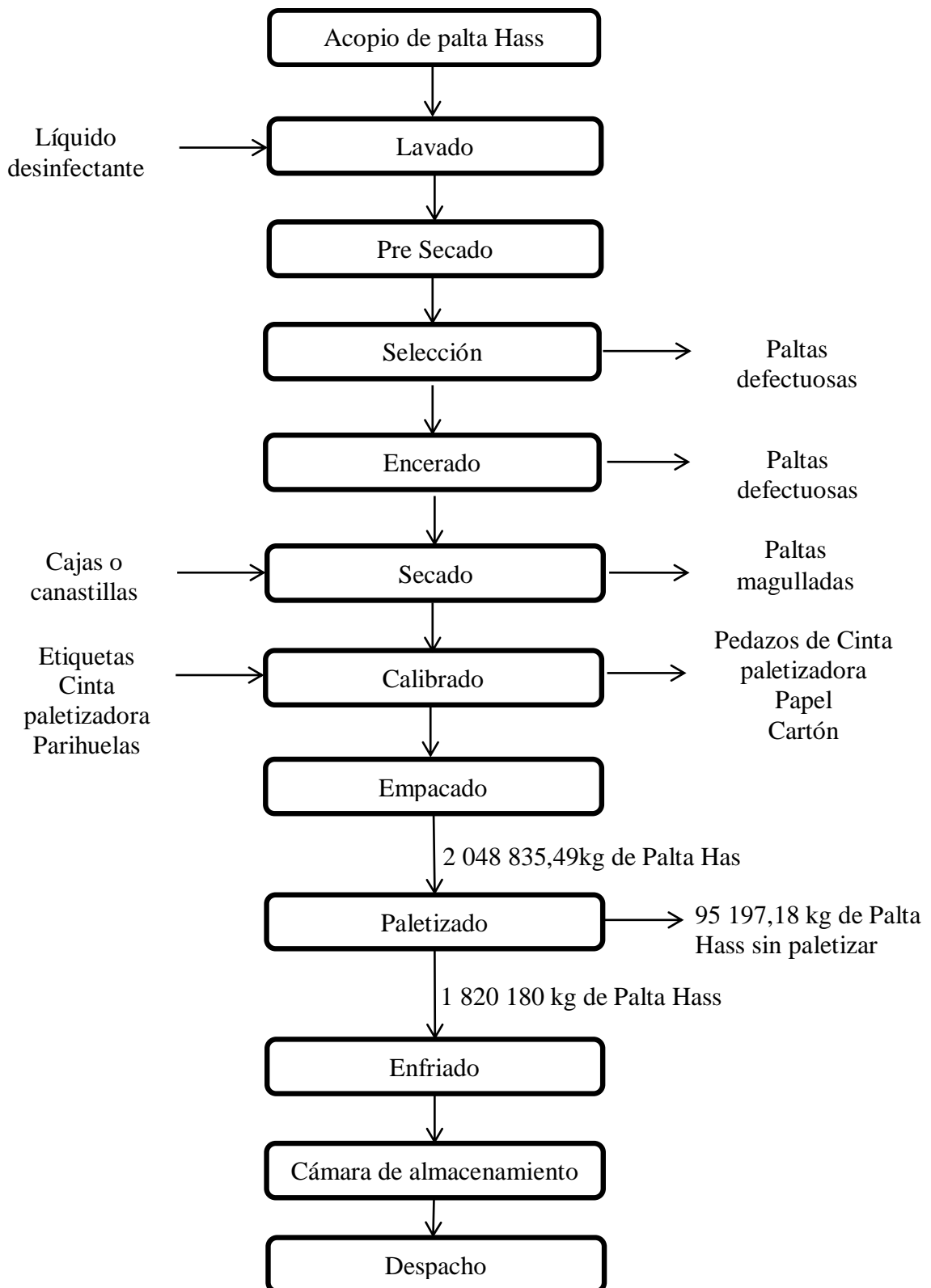


Figura 19: Diagrama de flujo de bloques de la etapa de paletizado de la palta HASS

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

3.2. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y SUS CAUSAS

3.2.1. DIAGNÓSTICO POR CAUSAS

El diagnóstico por causas se ha realizado analizando las causas del problema principal, que es la baja productividad en la etapa de paletizado, debido a la ausencia de un sistema automatizado. A continuación, se presenta una matriz de consistencia para evaluar en la etapa mencionada, en donde se clasificarán las causas según la procedencia.

Tabla 5: Matriz de consistencia

Área	Problema	Causa	Sub-causa	Metodología	Técnica	Indicador	Fórmula	Logro/Solución	
Producción	Baja productividad en la etapa de paletizado	Fatiga del operario	Consumo elevado de energía del operario	Ing. De Métodos	Estudio del trabajo	Fatiga del operario	$E = L(K \text{ llevar ida} + K \text{ llevar vuelta}) + H(K \text{ levantar}, K \text{ bajar})$	Incrementar la productividad de mano de obra, automatizando el proceso, reduciendo la fatiga y el trabajo pesado.	
			Trabajo repetitivo con cargas considerables			Productividad de mano de obra	$P_{MO} = \frac{\text{Unidades fabricadas}}{T \text{ fabricación} \times n^{\circ} \text{ empleados}}$		
			Baja productividad de mano de obra			Tiempo de ciclo elevado	$T.E = T_{normal} * (1 + \text{Factor suplemento})$		Reducir el cuello de botella, automatizando el proceso, eliminando actividades improductivas.
		Requerimiento de horas extras y monto de actividades improductivas	Cuello de botella			Elevado tiempo de actividades improductivas	Valor hora	$\frac{VH}{N^{\circ} \text{ de horas jornada de trabajo}} = \frac{\text{Valor mensualidad por operario}}{N^{\circ} \text{ de horas jornada de trabajo}}$	Automatizar para eliminar horas extras, ya que no será necesario extender horas de trabajo para cumplir con la demanda.
			Elevado tiempo de actividades improductivas				Eficiencia económica	$E.E = \frac{\text{Ventas(ingresos)}}{\text{Costos(inversiones)}}$	Incrementar la eficiencia física y económica
		Pérdidas económicas por producto no atendido	Incorrecta manipulación de cajas			Eficiencia física	$E.F = \frac{\text{Salida útil de MP}}{\text{Entrada de MP}}$		
						Desorden del área de paletizado	Productividad de materiales	$P_{MA} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}}$	

A continuación se analizará cada una de las causas a través de evidencias y presentando su impacto económico.

A. Mano de obra

a) Causa: Fatiga del operario durante la etapa de paletizado

Evidencia:

El operario encargado de la etapa de paletizado debe armar pallets de manera manual, durante un turno de 12 horas por día, según la orden de producción. Según la cantidad de clientes que soliciten el servicio de empaquetado y la cantidad de materia prima que ingrese, se planifica la producción que puede ser diaria y semanal.

Considerando que el operario trabaja 12 horas, de corrido en un solo turno, la productividad de mano de obra se ve afectada, ya que llega a decaer a lo largo del día, debido a la fatiga del operario; además también se ve afectada la producción; ya que, no se llegan a producir las cantidades que se establecieron como producción meta. Además el operario debe recorrer una distancia de 4m para poder coger los envases y regresar al área de paletizado.

Para demostrar la presencia de fatiga en el operario, se utilizó el sistema de calificación del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo de España; el cuál determina en base a unos criterios de evaluación de trabajo muscular (presentados en las tablas de los anexos 1 hasta el 4) cuanto es el gasto energético o carga física de un trabajo, que tiene un operario, a lo largo de una jornada laboral en una determinada actividad.

En la tabla 6 se muestra los límites y normas del consumo energético, donde; el consumo de energía que se admite para una actividad física profesional, repetida durante varios años, el metabolismo de trabajo no debería pasar de 2000-2500 Kcal/día, cuando se sobrepasa este valor se considera un trabajo pesado.

Tabla 6: Consumo energético

NIVEL DE ACTIVIDAD	METABOLISMO DE TRABAJO KCAL/JORNADA
Trabajo ligero	<1600
Trabajo medio	1600-2000
Trabajo pesado	>2000

Fuente: Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo,2012

Con el uso de las tablas de evaluación que se muestran en los anexos 1 al 4, se procedió a evaluar cada una de las actividades que conforman la etapa de paletizado, según el tipo de carga estática o dinámica. En el caso de carga estática solo se considera el valor de consumo de kilocalorías por el tiempo de jornada laboral. En caso de ser dinámica se aplica la siguiente fórmula mostrada a continuación.

$$E = n (L(K \text{ llevar ida} + K \text{ llevar vuelta}) + H(K \text{ levantar} + K \text{ bajar}))$$

Donde:

E = Consumo de energía en Kcal/hora

n =Número de veces que se realiza una operación

L = Longitud del recorrido

H = Altura total en metros del levantamiento o bajada

Aplicando la fórmula y el análisis de consumo de energía en cada una de las actividades, se determinó que la carga física de trabajo en el área de paletizado expresada en consumo de Kcal/jornada es de 4193,11 Kcal/jornada lo que gasta cada operario al armar un pallet de Palta Hass, dicho dato se encuentra en la tabla 7, por lo tanto comparando este resultado con la tabla 6, se observa que es un trabajo pesado que realiza el operario de paletizado que se ve reflejado en su rendimiento y que afecta principalmente la productividad.

Tabla 7: Carga física de trabajo en el área de paletizado

Item	Actividad	Descripción de actividad	Consumo de kcal/jornada
Tarea 1	El operario coge la parihuela	Postura de pie curvado	168
Tarea 2	Transporta la parihuela hasta el área de paletizado	Desplazar la parihuela de 20 kg	712,8
Tarea 3	Camina hasta el área de envasado	Camina al área de envasado	2,88
Tarea 4	Coge los envases de fruta	Coge tres envases de palta	168
Tarea 5	Transporta los envases al área de paletizado	Transporta envases de tres en tres	1638
Tarea 6	Se realiza una breve inspección del fruto	Se realiza la inspección a las paltas envasadas	9,6
Tarea 7	El operario empieza a armar el pallet	El operario empieza a armar el pallet	35,49
Tarea 8	El operario regresa al área de envasado	Regresa al área de envasado	2,88
Tarea 9	El operario coge los envases	Coge tres envases de 12 kg	168
Tarea 10	El operario regresa al área de paletizado	Sigue armando el pallet	2,88
Tarea 11	El operario empieza a etiquetar	Empieza a etiquetar los primeros envases en cunclillas	116,64
Tarea 12	El operario se sube a una silla para llegar a la altura deseada del pallet	El operario debe subir con envases para llegar a una altura de 2 metros	510,54
Tarea 13	Termina de armar el pallet	Se termina de armar de 22 filas	194,4
Tarea 14	Termina de etiquetar los envases del pallet	El operario tiene que subir en una silla para terminar de etiquetar	192
Total de Kcal del proceso de paletizado			4193,11

Para evidenciar que la fatiga de mano de obra afecta a la productividad, se hizo un estudio de productividad de mano de obra con datos correspondientes a la campaña de Palta Hass 2016 y 2017, las cuales se presentan la tabla 8 y en la tabla 9. Cabe resaltar que la empresa trabaja un turno de 12 horas, con un descanso de 1 hora (de 1pm a 2 pm); en caso se requiera mayor volumen de producción, se trabajan horas extras. Pero en la campaña del 2017, se trabajó solamente 9 horas ya que hubo presencias de lluvias por el fenómeno del niño que afectó la producción de Palta en la Región por lo tanto solo se trabajó dos meses.

El objetivo de la tabla es mostrar las unidades elaboradas por hora y la productividad de mano de obra para demostrar que esta se ve afectada, por la fatiga obtenida durante el desarrollo de las actividades. Sabiendo que una canastilla equivale a 1,33 cajas. El promedio de cajas y canastillas paletizadas se muestran en los anexos 5,6 y 7.

Tabla 8: Cálculo de la productividad de mano de obra (Campaña Marzo- Julio 2016)

Horario	Cajas promedio paletizadas	Equivalencia de canastillas a cajas (1.3)	Total de unidades promedio (Cajas)	Cantidad de operarios requeridos	Productividad de mano de obra (Cajas/hora hombre)
	(A)	(B)	(A)+(B)=(C)	(D)	(C)/(D)=(E)
07 h 00 a 08 h 00	204	146	350	16	21,89
08 h 00 a 09 h 00	203	145	348	16	21,75
09 h 00 a 10 h 00	201	145	346	16	21,62
10 h 00 a 11 h 00	203	142	345	16	21,58
11 h 00 a 12 h 00	198	144	342	16	21,35
12 h 00 a 13 h 00	195	145	340	16	21,25
14 h 00 a 15 h 00	200	137	337	16	21,06
15 h 00 a 16 h 00	198	138	336	16	21,02
16 h 00 a 17 h 00	194	140	334	16	20,85
17 h 00 a 18 h 00	197	136	333	16	20,79
18 h 00 a 19 h 00	196	134	330	16	20,65
19 h 00 a 20 h 00	192	137	329	16	20,56
Total	2 345	1 496	4 070	16	21,19

Fuente: JAYANCA FRUITS. S.A.C.

En la columna (A) se presentan el promedio de cajas paletizadas por intervalos de una hora; en la columna (B) se muestra el promedio de canastillas paletizadas, también por intervalos de una hora. Debido a la fatiga por parte del operario, ya que realiza actividades repetitivas y/o en que tiene que estar subiendo y bajando de una silla para llegar a la altura deseada, en la columna se muestran la cantidad de operarios necesarios para paletizar (D); y como se observa la productividad de mano de obra va decayendo, al transcurrir de las horas porque los operarios ya no tienen el mismo rendimiento (E). En la figura 20 se puede observar que la productividad de mano de obra va decayendo, el rendimiento de los operarios ya no es el mismo, y para demostrarlo se aplicará la fórmula de productividad de mano de obra, la cual fue presentada en el marco teórico.

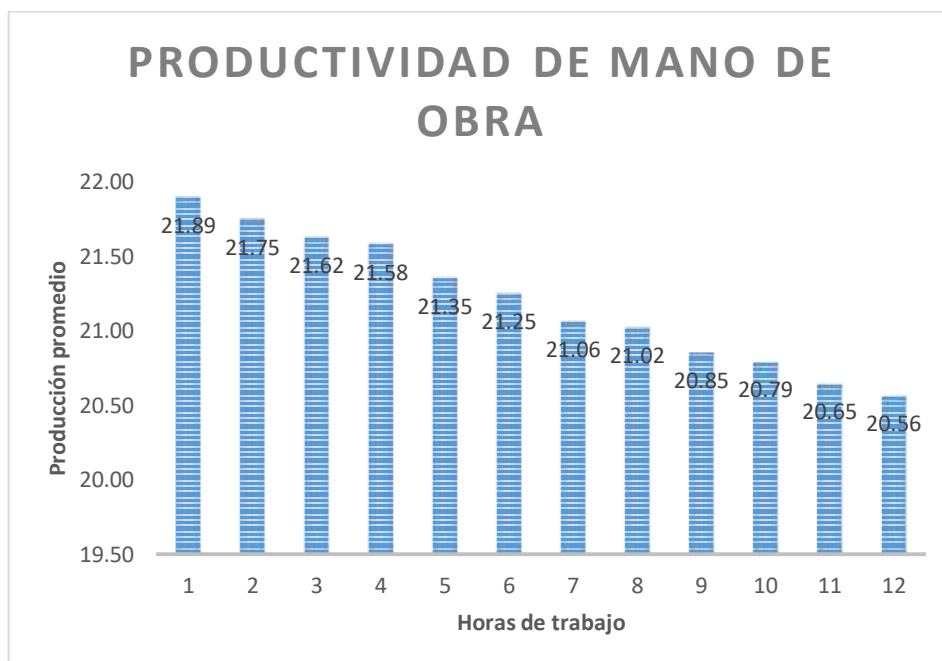


Figura 20: Productividad de mano de obra en un día

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C

$$P_{MO} = \frac{4\ 070}{12\text{horas} \times 16\text{operarios}} = 21,19 \frac{\text{cajas}}{\text{hora hombre}}$$

Producir 21,19 cajas por hora hombre no es constante a lo largo de las horas. Esto se debe a que realizar la tarea de pie y en movimiento constante, en ir a coger los envases, regresar y armar el pallet de manera repetitiva provoca molestias en el operario y lo agota rápidamente.

Como ya se mencionó anteriormente en el año 2017 sólo se trabajó dos meses en el mes de Abril y Mayo, por la presencia de lluvias torrenciales por el fenómeno del niño, la campaña de Palta Hass se vio afectada, ya que varios campos de cosecha se inundaron, por lo que la recepción de Palta Hass disminuyó. Pero a pesar de eso la empresa continuó trabajando de la misma manera con 16 operarios, en el área de paletizado, a diferencia de 9 horas de trabajo. Para evidenciar que la fatiga de mano de obra sigue afectando a la productividad se muestra la tabla 9.

El objetivo de la tabla es mostrar las unidades elaboradas por hora y la productividad de mano de obra para demostrar que esta se ve afectada, por la fatiga obtenida durante el desarrollo de las actividades. Sabiendo que una canastilla equivale a 1,33 cajas. El promedio de cajas y canastillas paletizadas se muestran en los anexos 8,9 y 10.

Tabla 9: Cálculo de la productividad de mano de obra (Campaña Abril- Mayo 2017)

Horario	Cajas promedio paletizadas	Equivalencia de canastillas a cajas (1,3)	Total de unidades promedio (Cajas)	Cantidad de operarios requeridos	Productividad de mano de obra (Cajas/hora hombre)
	(A)	(B)	(A)+(B)= (C)	(D)	(C)/(D)=(E)
07 h 00 a 08 h 00	215	133	348	16	22
08 h 00 a 09 h 00	218	130	348	16	22
09 h 00 a 10 h 00	217	130	347	16	22
10 h 00 a 11 h 00	216	126	342	16	21
11 h 00 a 12 h 00	212	122	334	16	21
12 h 00 a 13 h 00	214	128	342	16	21
14 h 00 a 15 h 00	209	124	333	16	21
15 h 00 a 16 h 00	204	118	322	16	20
16 h 00 a 17 h 00	198	116	314	16	20
Total	1903	1 128	3 031	16	21

Fuente: JAYANCA FRUITS. S.A.C.

En la columna (A) se presentan el promedio de cajas paletizadas por intervalos de una hora; en la columna (B) se muestra el promedio de canastillas paletizadas, también por intervalos de una hora. Debido a la fatiga por parte del operario, ya que realiza actividades repetitivas y/o en que tiene que estar subiendo y bajando de una silla para llegar a la altura deseada, en la columna se muestran la cantidad de operarios necesarios para paletizar (D); y como se observa la productividad de mano de obra va decayendo, al transcurrir de las horas porque los operarios ya no tienen el mismo rendimiento (E). En la figura 21 se puede observar que la productividad de mano de obra va decayendo, el rendimiento de los operarios ya no es el mismo, y para demostrarlo se aplicará la fórmula de productividad de mano de obra, la cual fue presentada en el marco teórico.

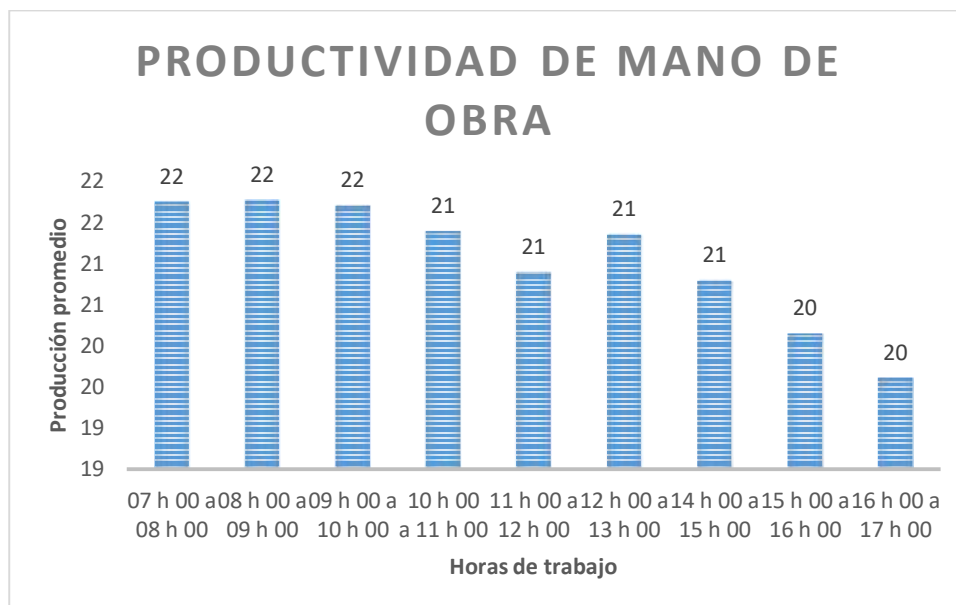


Figura 21: Productividad de mano de obra en un día

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

$$P_{Mo} = \frac{3\,031}{9\text{ horas} \times 16\text{ operarios}} = 21 \frac{\text{cajas}}{\text{hora hombre}}$$

Producir 21 cajas por hora hombre no es constante a lo largo de las horas. Esto se debe a que realizar la tarea de pie y en movimiento constante, en ir a coger los envases, regresar y armar el pallet de manera repetitiva provoca molestias en el operario y lo agota rápidamente, como ya se pudo analizar y calcular anteriormente el paletizado es un trabajo muy pesado es por eso que genera tanta fatiga o carga física al operario. Posteriormente para la evaluación de los indicadores en cada una de las causas a tratar, se tomaron en cuenta solamente los datos del 2016 porque la campaña de este año es una campaña completa trabajada normalmente como lo hace la empresa, y la campaña del 2017, como se mencionó también anteriormente, solo se trabajó únicamente 2 meses y no es completa para toda la campaña y los datos no son significativos.

Al disminuir la productividad de mano de obra, la producción programada no se cumple al 100%. En la tabla 10, se presenta la producción real versus la producción programada durante la campaña 2016 (Marzo- Julio) entre cajas y canastillas.

En la tabla 10, también se observa que la producción real de canastillas el cual se determinó en base a un equivalente de \$1,33 caja que utiliza la empresa para convertir unidades de canastillas a unidades de cajas; ya que las ventas se realizan en base a unidades de caja de 4kg de Palta Hass. En el anexo 11 y 12 se muestra la producción real de cajas y canastillas de la campaña 2016.

Tabla 10: Producción programada vs Producción real de cajas y canastillas de Palta Hass campaña 2016 (Marzo- Julio)

Meses de producción 2016	Producción Programada (A) Cajas	Producción real en Cajas	Producción real	Producción real Total(B)	Diferencia (A)-(B)
			Equivalencia de canastillas a cajas (1,3)	Cajas	
Marzo	105 600	58 419	32 965	91 384	14 216
Abril	105 600	58 711	36 254	94 965	10 635
Mayo	105 600	59 243	31 308	90 551	15 049
Junio	105 600	57 390	33 922	91 312	14 288
Julio	105 600	56243	30 590	83 833	18 767
Total	528 000	290 006	165 039	455 045	72 955

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

De esta manera se observó que en el año 2016 se programó un total de 528 000 cajas paletizadas, y realmente se produjeron 455 045 cajas (tomando en cuenta el tiempo estándar de 45 minutos, 12 horas disponibles por un solo turno y 25 días laborales al mes), dejando de producir un total de 72 955 cajas de Palta Hass. En el anexo 13 y 14 se muestra la producción real de cajas y canastillas de la campaña 2017.

Tabla 10: Producción programada vs Producción real de cajas y canastillas de Palta Hass campaña 2017 (Abril-Mayo)

Meses de producción 2017	Producción Programada (A) Cajas	Producción real en Cajas	Producción real	Producción real Total(B)	Diferencia (A)-(B)
			Equivalencia de canastillas a cajas (1.3)	Cajas	
Abril	105 600	55 761	36 265	92 032	13 568
Mayo	105 600	56 283	34 370	90 653	14 947
Total	211 200	112 050	70 635	182 685	28 515

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

Indicador:

Hasta el momento se ha presentado un indicador el cual se menciona a continuación:

$$P_{MO} = \frac{4\ 070}{12\text{horas} \times 16\ \text{operarios}} = 21,19 \frac{\text{unidades}}{\text{hora hombre}}$$

Con el cálculo anterior se pudo determinar que la productividad de mano de obra es de 21,19 unidades/ hora hombre. Estos datos se sacaron en base a la tabla 8.

Además de ello y con la ayuda de la tabla 8 se calculó el porcentaje de producción programada indicador el cual también ya se definió en macro teórico. Este cálculo se determinó en base a la tabla 10.

$$\text{Porcentaje de producción programada} = \frac{455\ 045}{528\ 000} = 86,18\%$$

De esta manera se demuestra que se está cumpliendo solo con 86,18% de la producción programada. Por lo tanto, es necesario automatizar para que de esta manera se pueda alcanzar el 100% que es lo ideal, y de esta manera lograr aprovechar toda la materia prima que entra.

Impacto económico

El impacto económico que conlleva esta causa es que, por la baja productividad de mano de obra, y debido a la fatiga del operario; no se cumple con la producción programada, generando así pedidos no atendidos que se muestran en la tabla 12 y con el precio de venta de las cajas, se calcula la utilidad total no percibida que se muestra en la tabla 12. El costo por hacer una caja de Palta Hass es de 2,80 dólares.

Tabla 11: Costo de pedidos no atendidos en la campaña 2016 (Marzo- Julio)

Mes	Cantidad no atendida Cajas	Costo por caja de Palta Hass (Dólares)	Precio por caja de Palta Hass (Dólares)	Utilidad no percibida (Dólares)	Utilidad no percibida (Soles)	Utilidad total no percibida (Soles)
Marzo	14 216	2,80	4	1,2	3,88	55 158,08
Abril	10 635	2,80	4	1,2	3,88	41 263,8
Mayo	15 049	2,80	4	1,2	3,88	58 390,12
Junio	14 288	2,80	4	1,2	3,88	55 437,44
Julio	18 767	2,80	4	1,2	3,88	72 815,96
Total	72 955	5,6	20	6	19,4	283 065,4

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

De acuerdo al análisis realizado en base a la tabla 12 en el cual se determinó que la empresa JAYANCA FRUITS S.A.C. en el año 2016 perdió 283 065,4 soles por concepto de demanda insatisfecha, al no poder cumplir con su producción establecida y no llegar a la meta, debido a la baja productividad de la mano de obra en la etapa de paletizado.

Tabla 12: Costo de pedidos no atendidos en la campaña 2017 (Abril- Mayo)

Mes	Cantidad no atendida Cajas	Costo por caja de Palta Hass (Dólares)	Precio por caja de Palta Hass (Dólares)	Utilidad no percibida (Dólares)	Utilidad no percibida (Soles)	Utilidad Total no percibida (Soles)
Abril	13 568	2,8	4	1,2	3,88	52 643,84
Mayo	14 947	2,8	4	1,2	3,88	57 994,36
Total			28 515			110 638,2

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

b) Causa: Requerimiento de horas extras

El proceso se basa en que el operario debe coger una parihuela de madera de 19 kg aproximadamente y llevarla hasta el área de paletizado, luego debe ir a la etapa de envasado y coger cajas de tres en tres, las cuales tienen un peso de 4kg por unidad (cajas de cartón) o 10 kg (canastillas) dependiendo de su presentación; y llevarla nuevamente al área de paletizado. Esta actividad del operario debe realizarse constantemente hasta llegar a completar hasta 264 unidades por pallet y a una altura de 2m. Para que el operario alcance la altura especificada debe subirse a una silla o debe estirarse, como se puede observar en la figura 22, figura 23. Cabe resaltar que los operarios del proceso de paletizado mayormente son contratados por temporada de producción de la fruta, lo que influye en que los operarios no tengan experiencia en la elaboración de la etapa; lo que genera que el operario, por ser aprendiz, se demore más en armar un pallet.



Figura 22: Operario armando pallets sobre una silla

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.



Figura 23: Operario armando el pallet de presentación en caja
Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

Como se pueden observar en las imágenes anteriores los operarios (a pesar de ser muchos) no trabajan de manera ordenada porque dejan pallets sin completar dentro del ritmo de producción por eso se recurren a horas extras, por armar otros pallets, y se concentran 5 o 6 en un solo pallet como se puede observar en la figura 26, de esta manera se dejan de armar otros pallets como muestra la figura 25.



Figura 24: Operarios armando pallets de manera desordenada
Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.



Figura 25: Pallets sin armar

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.



Figura 26: Operario armando el pallet de presentación en caja

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C

Como se puede apreciar en la figura 24 y figura 26 los operarios están armando pallets de manera desordenada, como ya se mencionó anteriormente. Además también se observa que en los pallets que están por terminarse, los operarios deben subirse a una silla de plástico para alcanzar la altura del pallet, esta altura es de 2m.

Esta actividad; además, de generar pérdidas de tiempo y aumentar el tiempo ciclo de producción, es muy riesgoso ya que la base donde se sube el operario es inestable y no es resistente lo que puede generar que ocurra un accidente: caída del operario a cierta altura, golpes, etc.; y también el operario puede soltar envases y generar daños a la fruta.

Como se puede observar el proceso de paletizado es muy peligroso y no es el adecuado, los operarios tienen que hacer este proceso de paletizado durante 12 horas

o más, por consiguiente existen registros de patologías que son causadas por estar trabajando de esta manera. Dichos datos se observan en la siguiente tabla 14, tabla 15 y tabla 16.

Tabla 13: Registros de lesiones y patologías en la etapa de paletizado del mes de Abril del 2016

Patología	Número de frecuencias	% de frecuencias
Lumbalgías	9	37,5
Dolor abdominal	4	16,7
Dolor de Cabeza	4	16,7
Herida Cortante	3	12,5
Irritación Ocular	2	8,3
Gastritis	1	4,2
Dermatitis	1	4,2
Total	24	100

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

Tabla 14: Registros de lesiones y patologías en la etapa de paletizado del mes de Mayo del 2016

Patología	Número de frecuencias	Porcentaje de frecuencias
Lumbalgías	10	27
Dolor de cabeza	7	18,9
Herida Cortante	6	16,21
Contusiones	5	13,5
Dolor abdominal	4	10,8
Infecciones urinarias	3	8,10
Gastritis	2	5,41
Total	37	100

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

Tabla 15: Registros de lesiones y patologías en la etapa de paletizado del mes de Junio del 2016

Patología	Número de frecuencias	Porcentaje de frecuencias
Lumbalgías	8	32
Dolor de cabeza	6	24
Herida Cortante	2	8
Contusiones	4	16
Dolor abdominal	3	12
Infecciones urinarias	1	4
Gastritis	1	4
Total	25	100

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

Dichos incidentes registrados se observan en los siguientes gráficos: Figura 27, Figura 28 y Figura 29

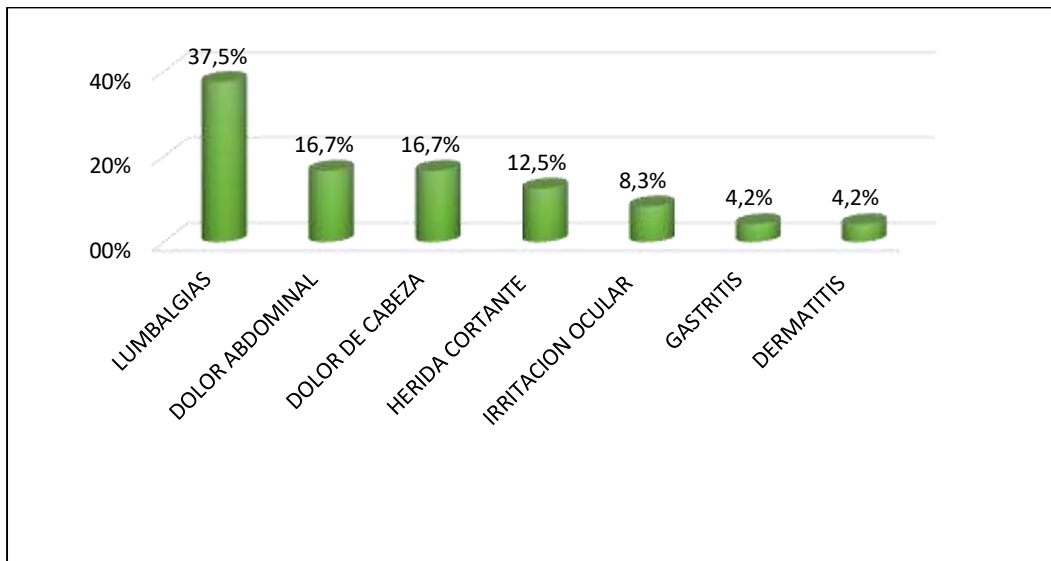


Figura 27: Registros de lesiones y patologías en la etapa de paletizado del mes de Abril del 2016

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

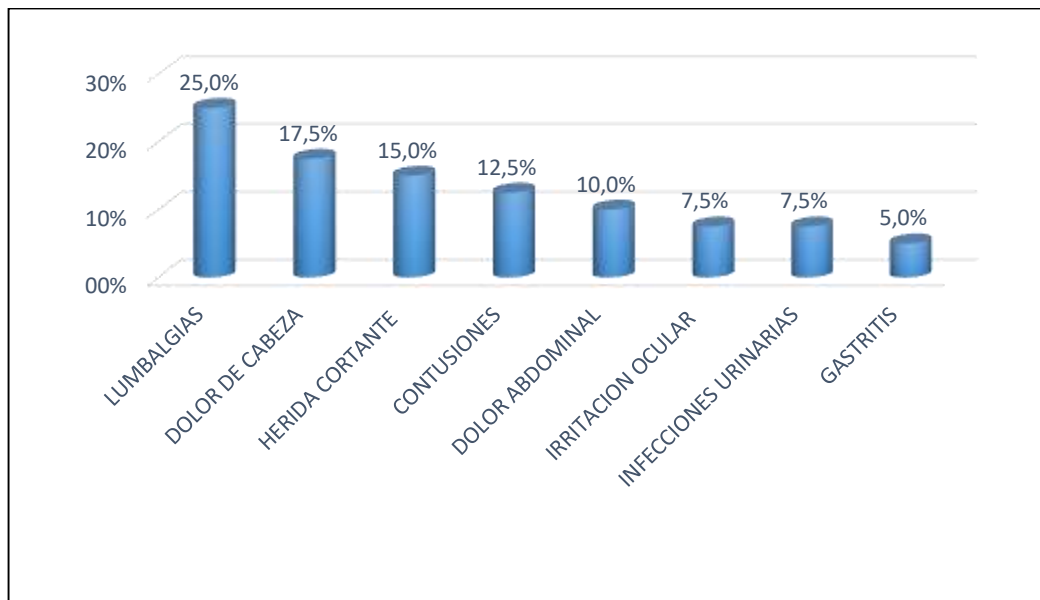


Figura 28: Registros de lesiones y patologías en la etapa de paletizado del mes de Mayo del 2016

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

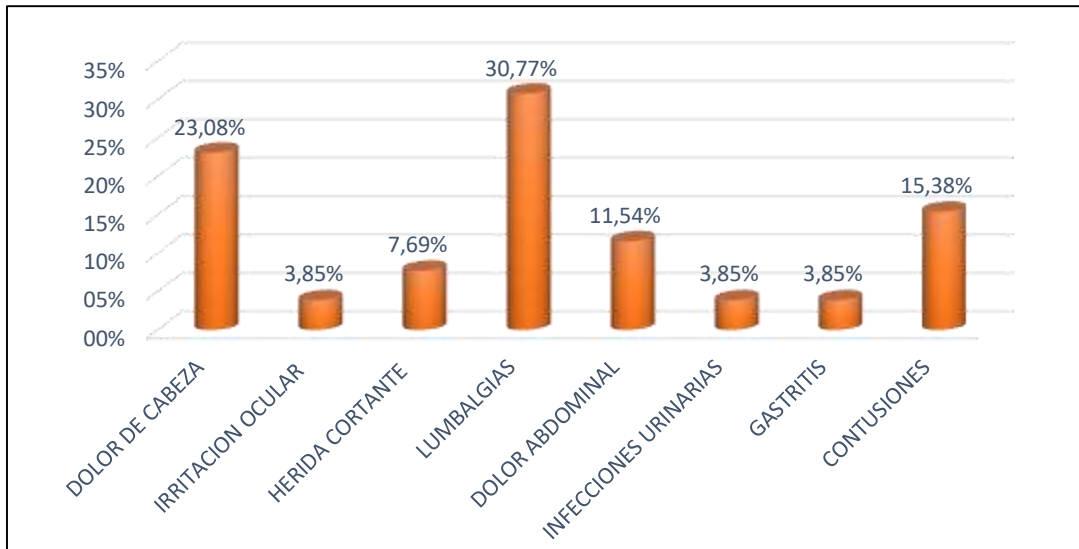


Figura 29: Registros de lesiones y patologías en la etapa de paletizado del mes de Abril del 2016

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

Realizar un curso grama analítico es de suma importancia en la evaluación de esta causa, ya que permite y facilita ver detalladamente los movimientos del operario y el tiempo ciclo que demora en emplear cada actividad dentro de la etapa de paletizado; además de describir las observaciones para ver qué factores influyen en el mismo.

Para hallar el tiempo estándar de la etapa de paletizado se procedió a determinar principalmente las tareas que componen esta etapa, para luego, medir los tiempos necesarios para saber cuanto dura cada una de las actividades con una muestra de 10 observaciones. Posteriormente se procederá a calcular el tiempo normal y finalmente el tiempo estándar. En base a este tiempo estándar es que se realiza el cursograma del proceso de paletizado, que es de vital importancia para determinar los indicadores calculados en la mayoría de las causas.

Las tareas o actividades que componen el proceso de paletizado son las siguientes:

- Coger la parihuela.
- Transportar y ubicar la parihuela hasta el área de paletizado.
- Caminar hasta el área de envasado.
- Coger los envases de fruta.
- Transportar los envases al área de paletizado.
- Realizar una breve inspección del fruto.
- Empezar a armar el pallet.
- Regresar al área de envasado.
- Coger los envases.
- Regresar al área de paletizado.
- Etiquetar los envases.
- Subir a una silla para llegar a la altura de 2 metros de un pallet y ubicar los envases.
- Terminar de armar el pallet.
- Terminar de etiquetar.

Para realizar el cálculo del tiempo normal y posteriormente el tiempo estándar se realizaron 10 observaciones preliminares de cada actividad por los 16 operarios los cuales se presentan en los anexos del 16 al 25. De acuerdo a la metodología de Mundel se puede tomar entre 5 a 10 observaciones o muestras iniciales por cada operación. Luego se determina el valor más alto y el más bajo de cada operación, y se les denomina A y B respectivamente. Se calcula el valor $(A-B) / (A+B)$. Con este valor se observa en la tabla de Mundel y se determina el número de observaciones necesarias mirando en la columna 5 o 10 según el número de la serie inicial de observaciones que se muestran en la tabla 17.

Tabla 16: Tabla de Mundel para la determinación del número de observaciones

$(A-B)/(A+B)$	Datos de muestra de		$(A-B)/(A+B)$	Datos de muestra de	
	5	10		5	10
0,05	3	1	0,28	93	53
0,06	4	2	0,29	100	57
0,07	6	3	0,3	107	61
0,08	8	4	0,31	114	65
0,09	10	5	0,32	121	69
0,1	12	7	0,33	129	74
0,11	14	8	0,34	137	78
0,12	17	10	0,35	145	83
0,13	20	11	0,36	154	88
0,14	23	13	0,37	162	93
0,15	27	15	0,38	171	98
0,16	30	17	0,39	180	103
0,17	34	20	0,4	190	108
0,18	38	22	0,41	200	114
0,19	43	24	0,42	210	120
0,2	47	27	0,43	220	126
0,21	52	30	0,44	230	132
0,22	57	33	0,45	240	138
0,23	63	36	0,46	250	144
0,24	68	39	0,47	262	150
0,25	74	42	0,48	273	156
0,26	80	46	0,49	285	163
0,27	86	49	0,5	296	170

Fuente: Mundel (1984)

En este caso se eligió 10 observaciones para tener datos más exactos. En base a ello se consolidaron los tiempos promedios y se calculó el número de observaciones necesarias. Con este último valor se entra en la tabla de Mundel y se determina el número de observaciones necesarias mirando en la columna 5 o 10 según el número de la serie inicial de observaciones mostradas en la tabla 17. El promedio hallado a través de la metodología de Mundel se multiplicará por el factor de calificación de Westinghouse. Posteriormente el resultado de esta multiplicación será el tiempo normal. En la siguiente tabla 18 se presentan los datos de 10 mediciones por tarea, el número de observaciones necesarias y el tiempo promedio en segundos.

Tabla 17: Observaciones preliminares de tiempos por tarea en segundos (Marzo del 2016)

Actividad	Obs 1	Obs 2	Obs 3	Obs 4	Obs 5	Obs 6	Obs 7	Obs 8	Obs 9	Obs 10	A	B	(A-B)/(A+B)	Número de Observaciones	Tiempo promedio (s)
Actividad 1	6	6	7	6	7	6	6	7	6	6	7	6	0,12	10	6
Actividad 2	9	9	10	9	9	9	9	9	8	9	10	8	0,11	8	9
Actividad 3	9	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	0,10	7	9
Actividad 4	8	7	6	7	7	7	7	7	7	7	8	6	0,11	8	7
Actividad 5	12	13	12	12	12	12	12	12	12	12	13	12	0,08	4	12
Actividad 6	42	43	41	42	42	42	42	42	42	42	43	41	0,02	1	42
Actividad 7	8	7	8	7	7	7	6	7	7	7	8	6	0,12	10	7
Actividad 8	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	9	0,06	2	9
Actividad 9	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	6	0,08	4	7
Actividad 10	6	6	6	7	7	6	6	6	6	6	7	6	0,12	8	6
Actividad 11	60	60	61	60	60	60	60	60	60	60	61	60	0,01	1	60
Actividad 12	9	10	10	9	9	9	8	9	9	9	10	8	0,11	3	9
Actividad 13	1499	1500	1502	1500	1500	1500	1500	1500	1499	1500	1502	1499	0,001	1	1500
Actividad 14	480	480	479	481	480	480	480	480	480	480	481	479	0,002	1	480
Tiempo total (s)	2163	2166	2167	2162	2165	2162	2161	2163	2162	2163				2163	
Tiempo Total (min)	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36				36	

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C

En base a la tabla 18 donde se muestran 10 observaciones preliminares, para garantizar que el número de observaciones son las que se necesita, se utilizará el método estadístico; el cual requiere que se efectúen un cierto número de observaciones preliminares (como ya se mencionó son 10), para luego aplicar la ecuación con un nivel de confianza del 95% y un margen de error de más menos 5%. (Zumaeta 2014,93)

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{(n' \sum x^2 - \sum(x)^2)}}{\sum x} \right)$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra que deseamos calcular (número de observaciones).

n' = Número de observaciones preliminares.

40= Constante para un nivel de confianza del 95% y un margen de error de más menos 5%.

\sum = Suma de valores.

x = Valor de las observaciones.

Aplicando la fórmula que se explicó anteriormente, por cada una de las actividades, y teniendo en cuenta 10 observaciones preliminares, se muestra en la tabla 18 el resultado del cálculo en la columna de número de observaciones requeridas y como se puede observar, el número de observaciones preliminares es mayor que las observaciones requeridas dentro de cada actividad . Por lo tanto la cantidad de observaciones preliminares son más que suficientes.

Con la cantidad de observaciones calculadas, se debe abordar una de las etapas más importante del estudio de tiempos, dar la valoración del ritmo de trabajo o factor de calificación y la determinación de los suplementos, para hallar el tiempo normal y estándar respectivamente.

Para determinar el tiempo normal para cada etapa, se determina también el factor de calificación de Westinghouse, el cual considera los factores de habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia (la escala es dada por el observador). En todas las tareas que se ha observado, se ha considerado una habilidad del operario promedio, con esfuerzo promedio, en condiciones y consistencia promedio. En condiciones promedio en los 4 factores evaluados la variabilidad es de más menos 0, por lo que el factor de calificación es de 1 para cada tarea, dicha tabla de factor de calificación se observa en el anexo 15. A continuación se muestra en la tabla 19 el cálculo del tiempo normal para cada etapa.

Tabla 18: Cálculo del tiempo normal

Tarea	Tiempo promedio (s)	Factor de calificación	Tiempo normal (s)
Coger la parihuela.	6	1	6
Transportar y ubicar la parihuela hasta el área de paletizado.	9	1	9
Caminar hasta el área de envasado.	9	1	9
Coger los envases de fruta	7	1	7
Transportar los envases al área de paletizado	12	1	12
Realizar una breve inspección del fruto	42	1	42
Empezar a armar el pallet	7	1	7
Regresar al área de envasado	9	1	9
Coger los envases	7	1	7
Regresar al área de paletizado	6	1	6
Etiquetar los envases	60	1	60
Subir a una silla para llegar a la altura de 2 metros de un pallet y ubicar los envases	9	1	9
Terminar de armar el pallet	1500	1	1500
Terminar de etiquetar	480	1	480
Tiempo total normal de tarea		1	2163

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

En la tabla 19 se puede observar que el tiempo normal de todas las tareas es de 2163 segundos, por lo tanto se procede a calcular el tiempo estándar del proceso de paletizado; para lo cual se tiene en cuenta el sistema de suplementos establecido por la organización Industrial del Trabajo, dicha calificación de suplementos se muestra en el anexo 26. De dicho sistema se determinó que el 5% de suplemento es por trabajar de pie, y el 4% por fatiga en cuanto a suplementos constantes; y el 2% por trabajar de pie, 2% por postura anormal, 3% por uso de fuerza/ energía muscular, 4% por monotonía y 5% por tedio en cuanto a los suplementos variables; lo cual resulta un total de 25%.

Con el porcentaje de suplementos determinado, se procede a calcular el tiempo estándar, el cual también se muestra en la tabla 20.

$$T_{estandar} = T_{normal} \times (1 + \text{Factor de suplemento})$$

$$T_{estandar} = 36 \text{ min} \times (1 + 0,25)$$

$$T_{estandar} = 45 \text{ min}$$

Tabla 19: Cálculo del tiempo estándar

Tarea	Tiempo normal (s)	Suplemento	Tiempo estándar (s)	Tiempo estándar (min)
Coger la parihuela	6	1,25	7,5	0,12
Transportar y ubicar la parihuela hasta el área de paletizado	9	1,25	11,25	0,18
Caminar hasta el área de envasado	9	1,25	11,25	0,18
Coger los envases de fruta	7	1,25	8,75	0,14
Transportar los envases al área de paletizado	12	1,25	15	0,25
Realizar una breve inspección del fruto	42	1,25	52,5	0,8
Empezar a armar el pallet	7	1,25	8,75	0,15
Regresar al área de envasado	9	1,25	11,25	0,18
Coger los envases	7	1,25	8,75	0,15
Regresar al área de paletizado	6	1,25	7,5	0,12
Etiquetar los envases	60	1,25	75	1
Subir a una silla para llegar a la altura de 2 metros de un pallet y ubicar los envases	9	1,25	11,25	0,18
Terminar de armar el pallet	1500	1,25	1875	32
Terminar de etiquetar	480	1,25	600	10
Tiempo estándar de tarea			2704	45

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

Estos datos de la tabla 20 donde se muestra el tiempo estándar de la etapa se observan en el curso grama analítico de la elaboración de pallets, presentado a continuación en la figura 30; y como ya se mencionó anteriormente realizar o elaborar un curso grama analítico es de suma importancia ya que permite ver de manera clara y detallada los movimientos del operario y el tiempo estándar de la etapa, así como los tiempos que toma realizar cada tarea.

Cursograma anítico de la elaboración de pallets										
Diagrama, 1 hoja, 1	Resumen									
	Actividad			Actual	Propuesta					
	Operación		○							
Objeto: Análisis de la etapa de paletizado	Transporte		➡							
Actividad: Elaboración de pallets	Espera		D							
	Inspección		□							
Método actual	Almacenamiento		▽							
	Distancia (metros)		4m							
Lugar: Área de producción	Tiempo (minutos)		45 min							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	
				○	➡	D	□	▽		
El operario coge la parihuela	1 parihuela	5 m	0,12	●						Debe de arrastrar la parihuela al área de paletizado
Transporta la parihuela hasta el area de paletizado		5 m	0,18		●					
Camina hasta el área de envasado		4 m	0,18			●				
Coge los envases de fruta	3 a 4 cajas		0,14	●						
Tranporta los envases al área de paletizado	3 a 4 cajas	4 m	0,25		●					
Se realiza una breve inspección del fruto	1		0,8				●			
El operario empieza a armar el pallet			0,15	●						
El operario regresa al área de envasado		4 m	0,18		●					
El operario coge los envases			0,15	●						El operario debe regresar consecutivamente hasta llegar a 264 cajas por pallet o 114 según la presentación (especificada por el cliente)
El operario regresa al área de paletizado		4 m	0,12		●					
El operario empieza a etiquetar			1			●				El operario debe tomarse un tiempo para etiquetar las cajas o canastillas, y luego seguir paletizando.
El operario se sube a una silla para llegar a la altura deseada del pallet			0,18			●				El operario debe subir en una silla para aalcanzar una altura del pallet de 2m.
Termina de armar el pallet	254 cajas		32	●						
Termina de etiquetar los envases del pallet			10	●						Para esta actividad también se tiene que a una silla para terminar de etiquetar.
Tiempo total (min)									45	

Figura 30: Cursograma anítico de la elaboración de pallet

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

Aplicando el curso grama analítico de elaboración de pallets, se puede observar de manera detallada que las actividades que realiza un operario son muy repetitivas; estas se desarrollan cuándo se llevan los envases, del área de envasado, al área de paletizado hasta llegar a una cantidad de 264 cajas por pallet.

Con el curso grama analítico de elaboración de pallets, también se pudo determinar el tiempo ciclo de la etapa de paletizado la cual es de 45 min; es decir, un operario para elaborar un pallet de 264 cajas se toma esa cantidad de tiempo. Para una unidad (1 caja o canastilla) el tiempo que se requiere 0,17 minutos, es decir se toman 10 seg para paletizar 1 caja de fruta.

Indicador

Como se explicó anteriormente en base al análisis de la carga física de trabajo que genera un consumo de 4193,11 Kcal/jornada laboral es por eso que los operarios se cansan rápidamente y se demoran 45 minutos al armar un pallet; además, se concentran 5 o 6 operarios en un solo pallet. Esto afecta a la productividad además genera que por día no se lleguen a producir la cantidad de unidades de cajas programadas por lo tanto se deben recurrir a horas extras que se muestran en la siguiente tabla 21.

Tabla 20: Horas extras requeridas por mes de la campaña de Palta 2016 (Marzo-Julio)

Meses	Horas extras requeridas (Observaciones por semana entre el período de Marzo- Julio 2016)				Total de Horas extras	Ausencias laborales
	1	2	3	4		
Marzo	9	6	7	5	27	0
Abril	5	2	3	7	17	2
Mayo	10	3	5	8	44	1
Junio	6	4	9	5	24	2
Julio	3	5	2	3	13	1
Total	33	20	26	28	125	6

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

En base a la tabla 21 se pudo determinar el total de horas extras por mes; por ejemplo: en el mes de Marzo se necesitó un total de 27 horas extras; en el mes de Abril un total de 17 horas extras; en el mes de Mayo un total de 44 horas extras; en el mes de Junio un total de 24 horas extras y finalmente en el mes de Julio un total de 13 horas extras. Lo cual generó un total de horas extras de 125 en la campaña de producción de palta 2016.

Cabe resaltar que la empresa cuenta con 16 operarios para la etapa de paletizado, de los cuales solo son necesarios 8 operarios para realizar el proceso de paletizado; además reciben una mensualidad de 1 113 soles.

Impacto económico

Como ya se mencionó en el indicador anterior se tiene un total de 125 horas extras por campaña de palta 2016. Además, un operario recibe una mensualidad de 1113 soles, en un turno de 12 horas por 25 días, en base a estos datos se determinará el valor hora y posteriormente se determinó el monto total de horas extras.

La fórmula que se utilizó para determinar el valor hora es la siguiente:

$$\text{Valor Hora} = \frac{\text{Valor mensualidad por operario}}{\text{Número horas jornada de trabajo}}$$

$$\text{Valor Hora} = \frac{\frac{S/.1113}{\text{mes}}}{\frac{12 \text{ h}}{\text{día}} * 25 \text{ días}} = \frac{S/.3,71}{\text{hora} * \text{mes}}$$

El valor hora por día es de 3,71 soles en base a este valor se determinó el monto de horas extras total, dicho monto se muestra a continuación en la tabla 22.

Tabla 21: Monto total de horas extras en la campaña de Palta 2016 (Marzo-Julio)

Meses	Sueldo	Valor hora por día	Tasa 35%	Total de horas	Monto de horas extras (Soles)	Cantidad de operarios	Monto total de horas extras
Marzo	1113	3,71	5	27	135	16	2 160
Abril	1113	3,71	5	17	85	16	1 360
Mayo	1113	3,71	5	44	220	16	3 520
Junio	1113	3,71	5	24	120	16	1 920
Julio	1113	3,71	5	13	65	16	1 040
Total	5565	18,55	25	125	625	16	10 000

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

Como se determinó en la tabla 22 el monto total de horas extras en la campaña de palta 2016 es de 10 000 soles, la cual es una gran suma de dinero que la empresa invierte en horas extras por lo que no genera utilidades. Es importante mencionar que la tasa del 35% se sacó en base a lo establecido por el ministerio de trabajo con respecto al pago de horas extras, dicha tasa oscila entre el 25%; que es para cuando las horas extras son menores a dos; y el 35% para cuando las horas extras son mayor igual a 3.

Tabla 22: Monto de actividades improductivas de la campaña de Palta 2016 (Marzo- Julio)

Meses	Total de actividades improductivas (min)	Total de actividades improductivas (horas)	Costo valor hora (Soles)	Monto total de actividades improductivas (Soles)
Marzo	1160	19,33	3,71	71, 71
Abril	1160	19,33	3,71	71, 71
Mayo	1160	19,33	3,71	71, 71
Junio	1160	19,33	3,71	71, 71
Julio	1160	19,33	3,71	71, 71
Total	5800	96,65	3,71	358,57

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

Finalmente en la tabla 23 se observa el monto total de actividades improductivas para la campaña de Palta del 2016, que también le generan costos a la empresa. El total de actividades improductivas se obtuvo en base al cursograma analítico del proceso de paletizado, sumando las actividades improductivas y calculándolas por mes se obtuvo un total de 5 800 minutos improductivos para la campaña del 2016 (Marzo-Julio). Este total de actividades se multiplicó con el costo valor hora de 3,71 soles para dar un monto total de actividades improductivas de 358,57 soles.

c) Pérdidas económicas por producto no atendido

El operario de la etapa de paletizado además de armar los pallets según la presentación especificada por el cliente (presentación canastillas: 114 canastillas por pallet; presentación caja: 264 cajas por pallet); también debe realizar la actividad de etiquetado y enzunchado, estas actividades son las causantes de generar el desorden (ya que no existen áreas determinadas para cada actividad) y pérdidas de tiempo al paletizar; ya que, los operarios por etiquetar deben dejar de armar pallets.

Evidencia:

A continuación se mostrará algunas imágenes en la que se evidencia la causa que genera pérdidas económicas por producto no atendido mencionado. En la figura 31 y 32, se ve al operario de paletizado dejando de armar pallets para etiquetar, descuidando de esta manera su actividad principal que es paletizar.



Figura 31: Operario etiquetando cajas de Palta Hass
Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

Como se puede observar el operario de la etapa de paletizado está dejando de paletizar cajas de Palta Hass por etiquetar las mismas, lo que genera un retraso en la elaboración de su actividad; aproximadamente el operario pierde 10 min por etiquetar un pallet aumentado el tiempo de ciclo a 45 min; lo que genera que el operario no llegue a elaborar las cajas programadas. También se puede apreciar esta actividad en la figura 32.



Figura 32: Operario etiquetando cajas de Palta Hass
Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

Además de perder el tiempo en etiquetar las cajas de Palta Hass, también se distrae conversando con sus compañeros, de esta manera aumenta mucho más el tiempo de ciclo lo que genera mayormente que se dejen pallets sin terminar afectando la productividad y producción establecida. Dicha actividad se puede apreciar en la figura 33.



Figura 33: Operario conversando mientras etiqueta cajas de Palta Hass

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

Indicador

Como ya se mencionó en la evidencia de esta causa los operarios realizan un ineficiente método de trabajo generando pérdidas económicas por producto no atendido; ya que, además de realizar el proceso de paletizado debe etiquetar cajas y enzuncharlas, lo que ocasiona que no lleguen a paletizar las cajas programadas.

Esto ocasiona que se genere producto no atendido es decir palta que no se llega a empacar, además de no aprovechar mejor la cantidad de materia que entra por lo tanto disminuye la eficiencia física. En la siguiente tabla 24 se muestra la cantidad de materia prima que entra para poder determinar exactamente cuánto es la eficiencia física; el producto no atendido generado también se pueden observar en la tabla 24.

Tabla 23: Producto no atendido y materia prima de la campaña de Palta 2016 (Marzo- Julio)

Clientes	Total de producto no atendido (kg)	Total de Materia prima que entra (kg)
PROSERLA S.A.C.	1 959,70	70 129,03
GREENLAND PERÚ S.A.C.	1 118,54	96 020,98
AGROINDUSTRIAL BETA S.A.	9 146,49	297 414,66
AGROKARU S.A.C.	11 795,84	181 931,30
NORVIT	3382,43	222 644,72
LAS MARÍAS	24 189,98	496 153,70
YOYITA	11 940,99	176 244,09
CERRO PRIETO	16 244,83	214 147,50
CFL	15 418,38	294 149,52
Total	95 197,18	2 048 835,49

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

En la tabla 24 se puede observar el total de producto no atendido de la campaña de Palta 2016 (Marzo-Julio) con un valor de 95 197,18 kilogramos; además, también se muestra el total de materia prima que entra con un valor 2 048 835,49 kilogramos estos dos datos son muy importantes; ya que, en base a ellos se determinó los siguientes indicadores: eficiencia económica, eficiencia física y productividad de materiales. Posteriormente en el impacto económico en base a estos datos mostrados en la tabla 25 también se pudo determinar el monto total de producto no atendido que afectan a la empresa.

Para determinar cuánto es la eficiencia económica se aplica la siguiente fórmula, también explicada en el marco teórico:

$$Eficiencia\ económica = \frac{Ventas\ (ingresos)}{Costos\ (inversiones)}$$

$$Eficiencia\ económica = \frac{455\ 045\ cajas * (S/.12,96/caja)}{455\ 045\ cajas * (S/.9,072/caja)}$$

$$Eficiencia\ económica = \frac{12,96}{9,072} = 1,428$$

El indicador de eficiencia indica que por cada sol de inversión se obtiene un beneficio de 0,428 soles.

Para determinar la eficiencia física se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia física} = \frac{\text{Salida útil de MP}}{\text{Entrada de MP}}$$

$$\text{Eficiencia física} = \frac{455\,045 \text{ cajas}/4\text{kg/caja}}{2\,048\,835,49\text{kg}}$$

$$\text{Eficiencia física} = \frac{1\,820\,180 \text{ kg}}{2\,048\,835,49 \text{ kg}}$$

$$\text{Eficiencia física} = 0,8884 = 88,84\%$$

El cálculo de la eficiencia física nos indica que por cada 2 048 835,49 kg de Palta Hass que entra, su aprovechamiento útil es de 1 820 180 kg, además la eficiencia física también muestra que hay una pérdida de 222 875,49 kg, ya sea como productos defectuosos, o porque no se llega a procesar.

Finalmente, para determinar la productividad de materiales se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Productividad de materiales} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}}$$

$$\text{Productividad de materiales} = \frac{455\,045 \text{ cajas}}{2\,048\,835,49 \text{ kg}}$$

$$\text{Productividad de materiales} = 0,22 \frac{\text{cajas}}{\text{kg palta Hass}}$$

Como se puede observar de acuerdo a los resultados de los indicadores se puede afirmar que la empresa no puede llegar a producir la gran parte de su materia prima entrante lo que genera que llegue a producir pocas utilidades, es por esto la gran presencia y cantidad de producto no atendido.

Impacto económico

En base a la anterior tabla 24, se determinó el total de producto no atendido en kilogramos, la cual sirve para calcular el monto total del mismo, para esto se tiene que la utilidad de cajas de Palta Hass es de 3,88 soles; por lo tanto se calculó que el monto total de producto no atendido que genera la empresa dentro de la campaña 2016 de Palta Hass (Marzo- Julio) es de 92 341,26 soles, el cual se muestra en la tabla 25. Dentro del producto no atendido se encuentran las paltas que no llegaron a procesarse por la deficiente productividad de mano de obra.

Tabla 24: Monto total de producto no atendido de la campaña de Palta Hass (Marzo- Julio) 2016

Cientes	Total de producto no atendido (kg)	Utilidad de cajas de Palta Hass (soles)	Monto total de producto no atendido (Soles)
PROSERLA S.A.C.	1 959,70	3,88	1 900,91
GREENLAND PERÚ S.A.C.	1 118,54	3,88	1 084,98
AGROINDUSTRIAL BETA S.A.	9 146,49	3,88	8 872,10
AGROKARU S.A.C.	11 795,84	3,88	11 441,96
NORVIT	3 382,43	3,88	3 280,96
LAS MARÍAS	24 189,98	3,88	23 464,28
YOYITA	11 940,99	3,88	11 582,76
CERRO PRIETO	16 244,83	3,88	15 757,49
CFL	15 418,38	3,88	14 955,83
Total	95 197,18	3,88	92 341,262

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

Resumiendo, el análisis de diagnóstico por causas, en la siguiente tabla 26 se muestra las causas y sus impactos económicos en la empresa.

Tabla 25: Impacto económico anual en la producción

Causa	Impacto económico (S/.)
C1: Fatiga del operario durante la etapa de paletizado	283 065,4
C2: Requerimiento de horas extras	10 000
Monto de actividades improductivas	358,57
C3: Pérdidas económicas por producto no atendido	92 341,262
Total:	385 765,23

Así mismo, en la siguiente tabla 27, se muestran los indicadores a utilizar para posteriormente medir los resultados logrados.

Tabla 26: Indicadores de la situación actual de producción

Causas	Fórmula	Resultado	Indicador actual
C1: Fatiga del operario durante la etapa de paletizado	Carga física= $E = n(L(K \text{ llevar ida} + K \text{ llevar vuelta}) + H(K \text{ levantar} + K \text{ bajar}))$	$= \frac{4\,193,11 \text{ Kcal}}{\text{Jornada}}$	$= \frac{4\,193,11 \text{ Kcal}}{\text{Jornada}}$
	$P_{MO} = \frac{\text{Unidades fabricadas}}{\text{Tiempo de fabricación} \times n^{\circ} \text{ empleados}}$	$= \frac{21,19 \text{ unid}}{\text{hora hombre}}$	$\frac{21,19 \text{ unid}}{\text{hora hombre}}$
	Porcentaje de producción programada $= \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción programada}}$	$= 86,16\%$	86,16%
C2: Monto de actividades improductivas	$= \frac{\text{Valor Hora} \times \text{Valor mensualidad por operario}}{\text{Número horas jornada de trabajo}}$	$\frac{S/.3,71}{\text{hora} * \text{mes}}$	$\frac{S/.3,71}{\text{hora} * \text{mes}}$
C1: Pérdidas económicas por producto no atendido	$\text{Eficiencia económica} = \frac{\text{Ventas (ingresos)}}{\text{Costos (inversiones)}}$	$= \frac{12,96}{9,072}$	1,428
	$\text{Eficiencia física} = \frac{\text{Salida de producto}}{\text{Entrada de MP}}$	$= \frac{1\,820\,180 \text{ kg}}{2\,408\,935,49 \text{ kg}}$	88,84%
	$\text{Productividad de materiales} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}}$	$= \frac{455\,045}{2\,048\,935,49}$	0,22

3.3. DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORA EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

De acuerdo a los datos obtenidos del diagnóstico por causas, para el desarrollo de la propuesta de mejora, es necesario diseñar el sistema automatizado.

3.3.1. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL PALETIZADO DE CAJAS DE PALTA HASS.

El diseño de este sistema surge principalmente de la manera de cómo se realiza el trabajo de paletizado, que es de una manera manual; a comparación de los demás procesos que son parcialmente automatizados. Como se ha visto anteriormente en las figuras mostradas en el diagnóstico por causas, el procesos de paletizado está compuesto de muchas actividades improductivas (demoras y transporte del área de envasado al área de paletizado); ya que, como se explicó el operario coge cajas repetitivamente hasta armar un pallet de 264 en cajas de cartón y 114 canastillas esto genera que disminuya el rendimiento del operario además de aumentar el tiempo estándar.

Es por esto que se propone un diseño capaz de realizar el paletizado de forma automatizada de tal forma que se reduzca el tiempo estándar del proceso, para llegar a producir mayor cantidad de cajas que cumpla con la demanda del cliente, evitar el pago de horas extras y la presencia de producto no atendido al final del proceso.

El diseño de la máquina de paletizado consta de un sistema de elevación; que es en donde se formará un pallet completo conformado por 264 en presentación cajas y 114 en presentación canastillas, que será alimentado por dos fajas transportadoras una que transporte cajas de palta Hass de 4kg provenientes del área de envasado y otra que transporte parihuelas (que serán puestas por un operario en la faja). También estará conformado por otro sistema denominado ordenador de cajas; este es muy importante ya que es el encargado de ordenar las cajas de acuerdo a las dimensiones de la parihuela.

Una vez que las cajas de 4 kg de Palta Hass lleguen a la base del sistema ordenador y se forme una base de 12 cajas serán llevadas a través de un pistón hacia la base del sistema de elevación para ir formando un pallet esto será mediante un sistema de piñón cremallera que permitirá subir y bajar al sistema de elevación a un tiempo y distancia determinado. Una vez que el pallet se halla formado por completo, sale por una faja transportadora para que finalmente sea llevado por un montacarga al área de enfriado.

Dicho sistema automatizado de la etapa de paletizado de cajas de Palta Hass, busca corregir los impactos negativos generados por el ineficiente método manual, la ausencia de procedimientos de trabajo y la baja productividad de mano de obra.

Para este diseño es necesario tener en cuenta los siguientes datos, que se muestran en la siguiente tabla 28:

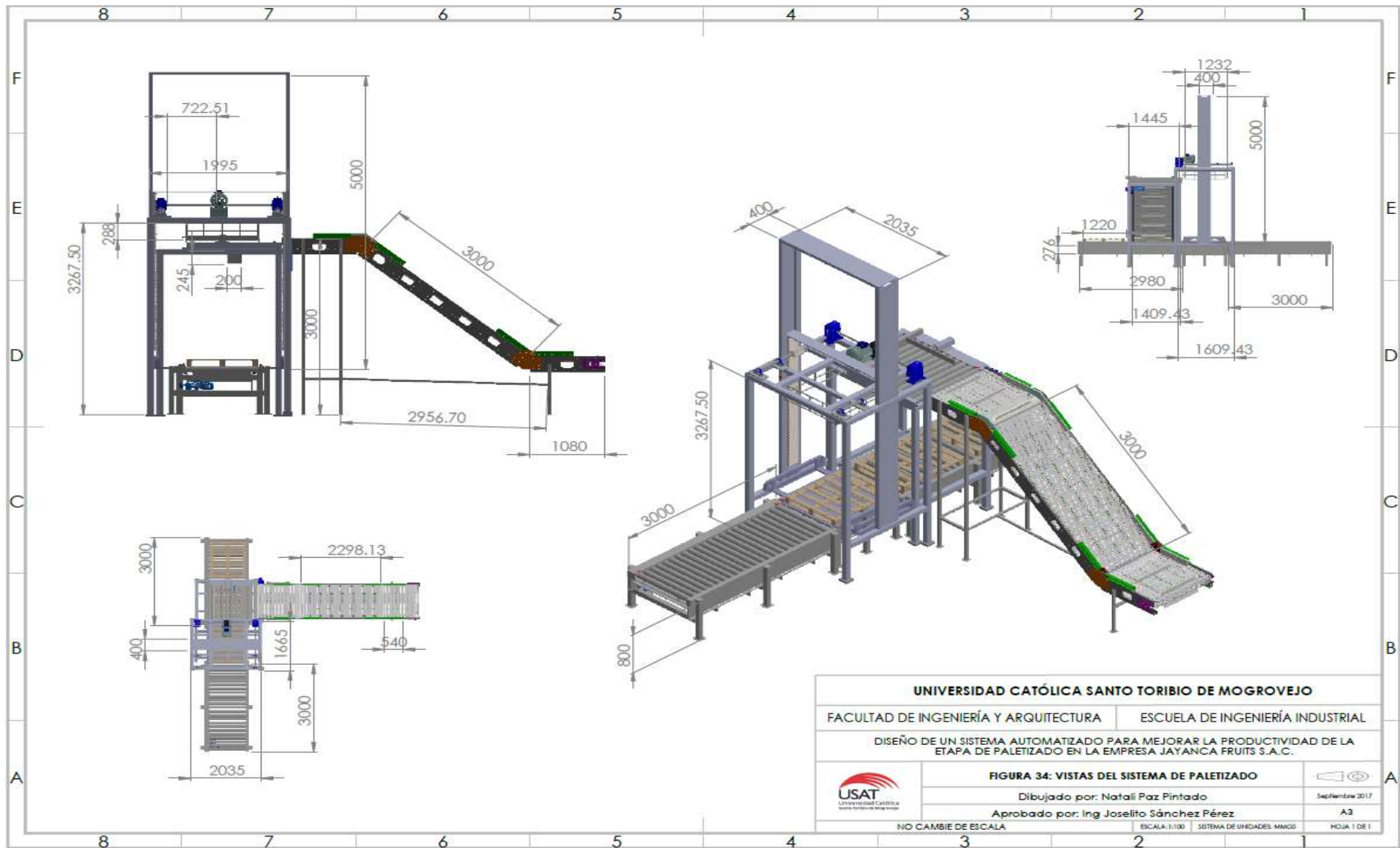
Tabla 27: Requisitos que debe cumplir el sistema automatizado

Ítem	Descripción
1	Ritmo de producción ideal: Mayor de 455 045 unidades por temporada
2	Peso de caja de palta Hass: 4kg
3	Tipo de trabajo: Electro Mecánico
4	Precio de caja de palta Hass: \$4.00
5	Contenido de caja: 24 paltas.
6	Periodo de producción al año: Marzo- Julio (5 meses).
7	Voltaje, con cuanto trabaja la empresa
8	Cuantos operarios van a manejarla: 2 operarios.
9	Parcialmente automatizada.
10	Seguridad en el proceso

En los siguientes puntos se diseñó los distintos sistemas que necesita el prototipo. El sistema automatizado para la etapa de paletizado, está compuesto de los siguientes subsistemas necesarios para su funcionamiento:

- Faja transportadora de parihuelas: Encargada de abastecer de parihuelas al sistema de elevación; además, una vez armado el pallet, también servirá para transportarlo al final del proceso. Dicho subsistema se detallará más adelante mediante cálculos de ingeniería.
- Sistema de elevación: Encargado de subir la plataforma o base de elevación (a una altura de 2 metros) donde se formarán las 22 filas de cajas que es un pallet completo. Dicho subsistema se detallará más adelante mediante cálculos de ingeniería.
- Faja transportadora de cajas: Encargada de transportar las cajas (provenientes de la línea de envasado) y abastecer de las mismas al sistema ordenador. Dicho subsistema se detallará más adelante mediante cálculos de ingeniería.
- Sistema ordenador de cajas: Encargado de ordenar y formar una base de 12 cajas para abastecer a la plataforma del sistema de elevación, para que de esta manera se forme un pallet de cajas de Palta Hass. Dicho subsistema se detallará más adelante mediante cálculos de ingeniería.

En base a los requerimientos mencionados anteriormente para el sistema, en la figura 34 (vista isométrica) y en la figura 35 (vista isométrica renderizada) se muestra el diseño del sistema.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO	
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA ETAPA DE PALETIZADO EN LA EMPRESA JAYANCA FRUITS S.A.C.	
FIGURA 34: VISTAS DEL SISTEMA DE PALETIZADO	
Dibujado por: Natali Paz Pintado	
Aprobado por: Ing. Joselito Sánchez Pérez	
NO CAMBIE DE ESCALA	ESCALA: 1:100 SISTEMA DE UNIDADES: MM/KG
Septiembre 2017 A3 HOJA 1 DE 1	

Figura 34: Vista isométrica diseño final

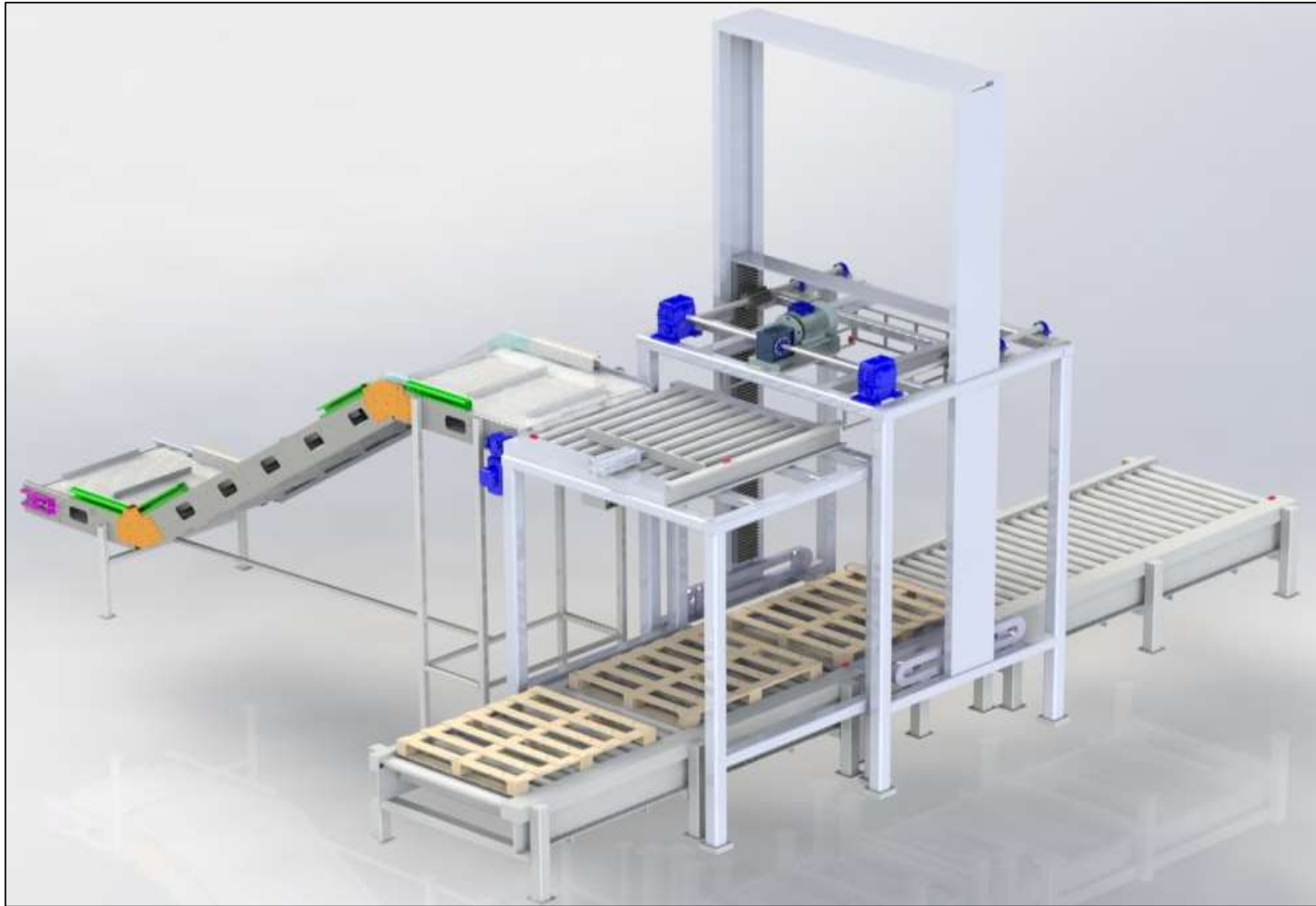


Figura 35: Vista isométrica renderizada del diseño del sistema de paletizado

A. Faja transportadora de parihuelas

El objetivo de este subsistema es llevar las tarimas de madera hacia el sistema de elevación, para que una vez puestas sobre la base del sistema de elevación este suba y reciba las cajas de palta Hass de 4kg provenientes del sistema ordenador de cajas, y de esta manera ir formando de esta manera un pallet de 264 cajas de cartón o de 114 cajas de canastillas.

Este sistema será una faja transportadora de rodillos (cuyo sistema de transmisión es a través de engranajes y cadenas; y para diseñarla se pensó que sería conformada por los siguientes elementos como: rodillos (ya que soportará una parihuela cuyo peso es de 19 kg), chumaceras, poleas, motor reductor; dos pistones, etc. Los materiales detallados se presentan en la figura 36 así como en la figura 37 (vista isométrica) y figura 38 (vista explosionada).



Figura 36: Faja transportadora de parihuelas

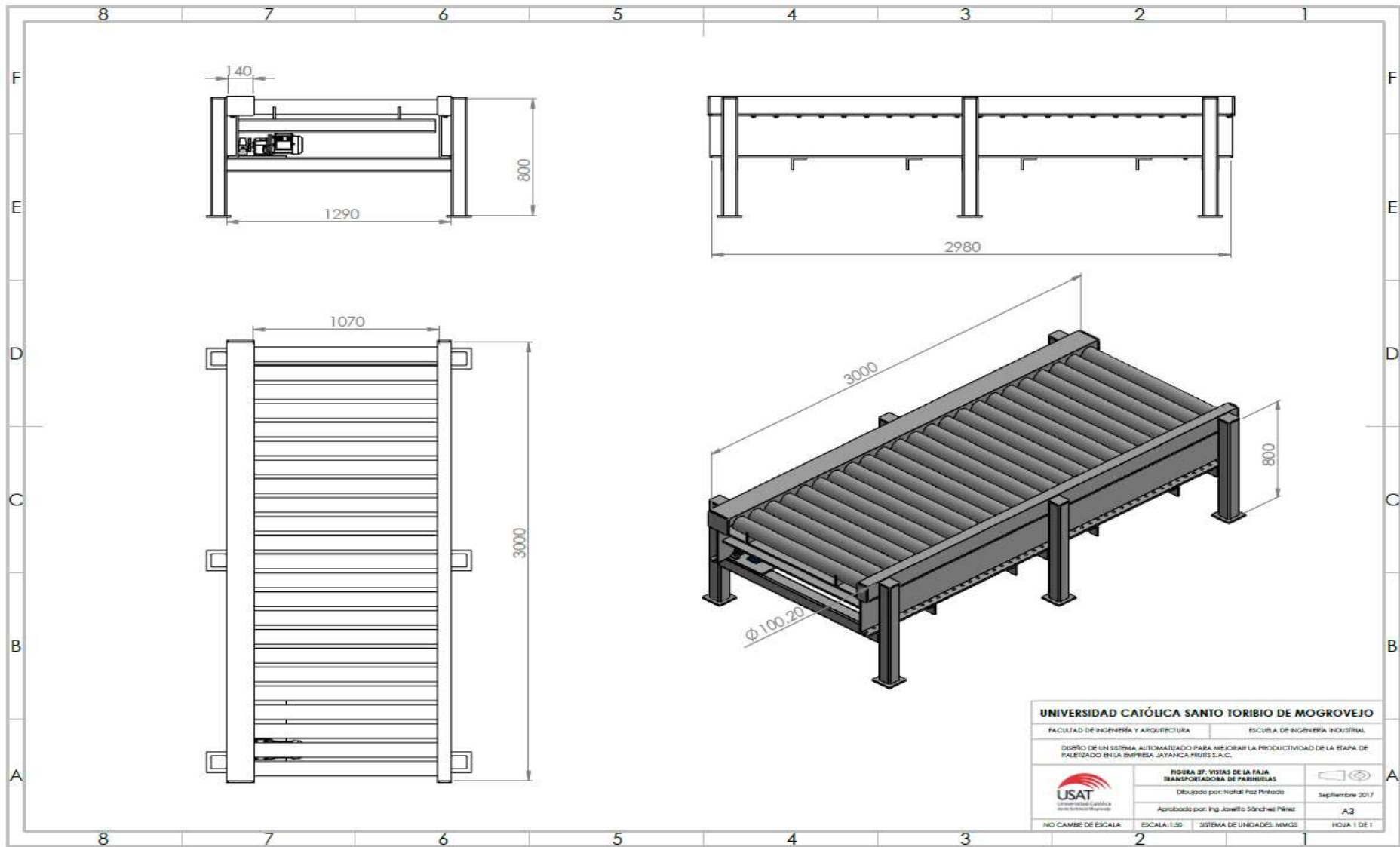


Figura 37: Vista Isométrica de la faja transportador de parihuelas

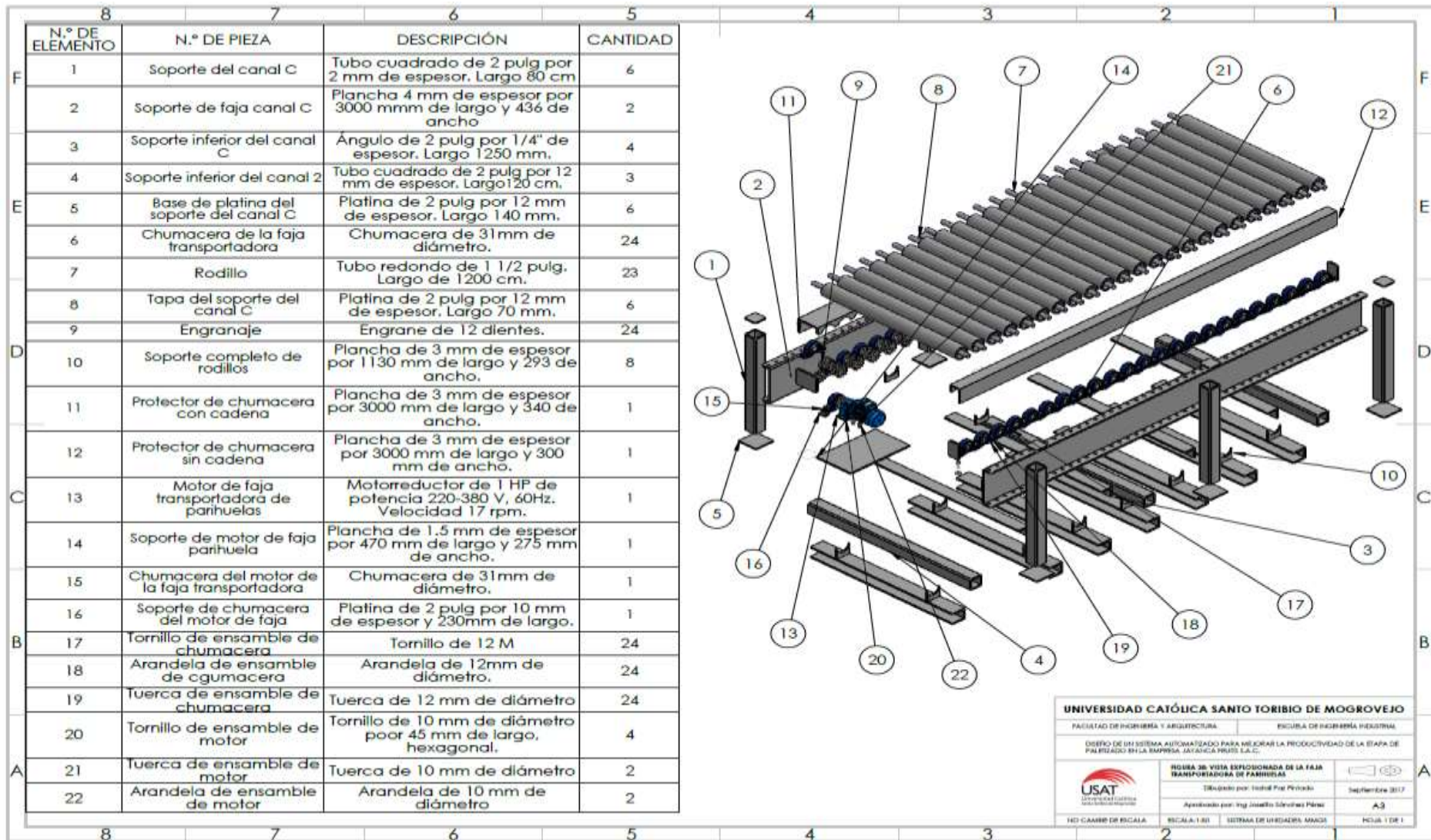


Figura 38: Vista explosionada de la faja transportadora de parihuelas.

En esencia se utilizarán los siguientes materiales los cuales se presentan en la tabla 29:

Tabla 28: Lista de materiales para faja transportadora de parihuelas

Ítem	Características de los materiales
1	Tubos cuadrados de 2"x4"x2mm de espesor.
2	Platinas de 2"x 1/4" de espesor.
3	Barra redonda lisa de 5/8 pulgadas.
4	Rodamiento 6302
5	Tubo redondo SCH 40 de 1 1/2"
6	Anillos Sceger de 15mm de diámetro
7	Ángulo de 2"x 1/4" de espesor
8	Tubo rectangular de 2"x 4"x 2"
9	Chumaceras de 5/8 pulgadas.
10	Engranajes de Z=12 dientes.
11	Cadena ASA 50 de Acero Inoxidable. De 641 mm de largo
12	Tornillos hexagonal M 12 x1,25 x 45mm.
13	Arandelas M12
14	Tuercas M12
15	Motor reductor de 1HP de potencia trifásico 220-380V, 60Hz. Velocidad 17 rpm.
16	Ángulos Estructurales de 2"x1/4" de espesor
17	Plancha de acero de 3mm de espesor. (Formato de 1500mm x 3000mm)

Para el armado de este subsistema, se realizarán las siguientes etapas de manufactura:

- Corte: Los tubos redondos, los tubos cuadrados, los ángulos estructurales, las platinas y las planchas de acero deben ser cortados de acuerdo a las medidas especificadas.
- Pulido: Después del corte de cada material requerido estos deben ser pulidos para darles un mejor acabado para evitar inconvenientes al momento de ensamblarlas.
- Doblado: En el caso de las planchas de acero y ángulos estructurales estos serán doblados para darle forma de las estructuras necesarias para la faja transportadora de parihuelas.
- Taladrado: Para el caso de las planchas de acero, que formarán parte del soporte de la faja, se deberán taladrar los agujeros para posteriormente poder ensamblar componentes como las chumaceras o el soporte del motor.
- Pintado: Las planchas de acero, los ángulos estructurales, los tubos cuadrados y las platinas deben ser pintadas de un material anticorrosivo ya que se trata de una industria de alimentos.

- **Ensamble:** En base a la figura 38 como se puede observar la faja transportadora está ensamblada a través de tornillos y tuercas pero gran parte del ensamble es a través de soldadura por ejemplo en la unión de los soportes.

Cálculos:

El tipo de transportador a elegir será un transportador de rodillos vivos, debido a que es el tipo más utilizado cuando se requiere llevar cargas altas.

La metodología a seguir para la justificación del diseño del transportador está basada según el manual de transportadores de Cisco Eagle, el cual nos da 12 parámetros los cuales se deben seguir y son los siguientes:

1. Tipo de artículo transportado: Variables como la forma, el peso, el tamaño y el contenido del producto a ser transportado debe ser considerado para diseñar el transportador más adecuado. En el caso del presente proyecto de investigación, para el sistema de transporte de parihuelas, el elemento a transportar, valga la redundancia, es la parihuela, cuya ficha técnica se presenta en la tabla 30 y en la figura 39.

Tabla 29: Ficha técnica Parihuela

Ficha técnica de Parihuela	
Características técnicas	Descripción
Uso	Almacenaje y transporte de alimentos
Tipo de Pallet	4 vías de entrada o taco.
Material de estructura	Madera Pino
Medidas	Largo: 1 140 mm Ancho: 1 100 mm Altura: 11,5 cm
Peso	19 kg aproximadamente
Carga estática	2 500 kg
Carga dinámica	1 500 kg
Sujeción	102 clavos espiralados de 2 pulgadas.
Condiciones de cuidado	Sello de tratamiento térmico (HT)- Según norma Senasa.
Cantidad de madera	18 pies aproximadamente

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

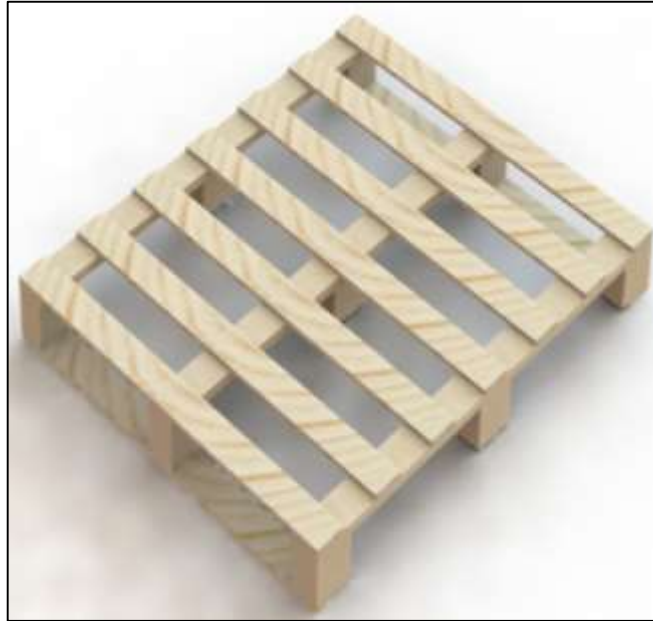


Figura 39: Parihuela o Tarima de madera utilizada

2. Tamaño: Se debe determinar si las dimensiones del artículo a transportar no sean superiores al ancho de la faja. Como se ve en la ficha técnica de la parihuela presentada en la tabla 28, esta tiene unas dimensiones de 1 140 mm de largo y 1 100 mm de ancho.

Según Cisco Eagle, el ancho de caja en transportadores de rodillo nunca debe exceder al ancho de rodillo y debe ser por lo menos 2 pulgadas menor que el ancho entre las guardas laterales del transportador; 2 pulgadas equivalen a 50,8 mm por lo que sumados al ancho del 1 100mm dan un ancho mínimo de rodillo de 1 150,8 mm.

$$1\ 100\ mm + 50,8\ mm = 1150,8\ mm$$

(Ancho de parihuela) + (Estándar mínimo) = (Ancho mínimo de rodillo)

El transportador o faja transportadora de parihuelas tiene un ancho de 1 200 mm, superior al mínimo, por lo que cumpliría sin problemas la función de transportar la parihuela.

3. Carga de impacto: Depositar cargas muy pesadas desde cierta altura puede averiar la máquina. Para la presente investigación, el operario será el encargado de colocar las parihuelas en el transportador de rodillo a una altura no muy alta, por lo cual será capacitado en la manipulación y carga de parihuelas para que realice esta función de forma segura tanto para él como para evitar daños a la máquina.

4. Tasa de productos por hora: El transportador debe ser adecuado para manipular la demanda de productos necesaria manejada tanto en el presente como en el futuro.

Actualmente, se empaca un pallet, el cual contiene una parihuela, cada 45 minutos. Con el sistema automatizado, se espera poder procesar 4 pallets, es decir el transportador de rodillos durante una hora tendrá que abastecer a todo el sistema de paletizado 4 parihuelas por hora.

$$\text{Transportador: } 4 \frac{\text{parihuelas}}{\text{hora}}$$

Como se puede ver, la cantidad de transportadores no es mucha, por lo que la velocidad de los rodillos dependerá únicamente a qué velocidad se requiere que la parihuela avance.

5. Carga viva total: La carga a transportar viene dada por el peso de la parihuela el cual es de 19 kilos, despreciable a lo que suele cargar los transportadores de rodillo que están en un rango de 1 500 kg.

6. Arrancar y parar: El transportador solo será accionado cuando se requiere transportar la parihuela a la zona de elevación, una vez que la parihuela está correctamente ubicada, el transportador se detendrá hasta que la primera parihuela sea completamente procesada.

7. Número máximo de arrancadas por minuto: El número máximo de arrancadas por minuto dependerá de la cantidad de veces en que la parihuela deba ser transportada a la zona de elevación. Se verá con más detalle en el diagrama de movimientos.

8. Horas diarias de operación: El transportador está diseñado para trabajar las 12 horas del día.

9. Transportador reversible: El transportador de rodillos vivos solo avanzará en una sola dirección.

10. Acabado del transportador: El transportador será trabajado con acero inoxidable por ser del rubro alimenticio.

11. Motor y sistema de transmisión:

El sistema de transmisión a utilizar será por cadenas. Según CM CONVEYOR, para elegir un motor en un transportador de rodillos vivos por cadena se debe tener en cuenta la velocidad que se quiere que avance el rodillo. En la siguiente tabla se presenta la potencia del motor con las velocidades y la capacidad de carga en libras.

Tabla 30: Potencia de motor con velocidades y capacidades de carga en libras

Potencia de motor con velocidades y capacidad de carga (libras)			
HP	9,14 metros por minuto	18,23 metros por minuto	27,4 metros por minuto
1	40 000	24 000	8 000
0,5 a 1	45 000	28 000	16 000

Fuente: CM CONVEYOR

Como se puede observar con un motor de 1 HP a cualquiera de dichas velocidades, en este caso la más mínima de 9,14 metros por minuto o 15 cm por segundo puede aguantar una carga de 40 000 libras, más que suficiente para cargar la parihuela.

A continuación, se calculará la transmisión por cadenas que conecta al motor reductor de 1 HP junto a un eje que hace girar los rodillos, para eso se tienen los siguientes datos.

- Potencia del motor: 1 HP.
- Máquina accionada: Transportador de rodillos vivos
- Relación de transmisión: 1. Los RPM dados por el reductor se mantendrán a la misma velocidad a la que girarán los rodillos.
- Distancia entre engranajes: 130 mm.

Como la relación de transmisión es la misma se elegirán los mismos dientes tanto en el piñón como en el engranaje conducido. En la tabla A presentada en el anexo 27, se presentan los números de dientes más comerciales. Para la presente aplicación, se elegirá un piñón de 12 dientes, por lo que el engranaje conducido será también de 12 dientes, siendo así la relación de transmisión de 1.

$$\text{Relación de transmisión obtenida} = \frac{12}{12} = 1$$

Ahora, procedemos a calcular la potencia corregida de cálculo (P_c), obtenida a partir de la potencia transmitida (P) y que se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$P_c = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 P$$

donde:

$$P = 1 \text{ hp equivale a } 0,746 \text{ kW.}$$

Los coeficientes correctores se calculan en base a las tablas del anexo 28 al anexo 32.

Coefficiente K_1

El coeficiente se puede obtener de la siguiente expresión:

$$K_1 = 19/z_1$$

Siendo z_1 el número de dientes del piñón, por lo que:

$$K_1 = \frac{19}{12} = 1,58$$

Coefficiente K_2

Es el coeficiente de multiplicidad que tiene en cuenta el número de cadenas empleadas en la transmisión, que en este caso al tratarse de una cadena simple equivale a una unidad.

$$K_2 = 1$$

Coefficiente K_3

Tiene en cuenta el número de eslabones o enlaces que conforman la cadena. En esta primera iteración del cálculo, al carecer de información sobre la longitud que saldrá de la cadena, se va a suponer una cadena de 120 eslabones, con lo que el coeficiente toma el valor unidad, según la tabla presentada en el anexo 30.

$$K_3 = 1$$

Posteriormente, y una vez que se calcule la distancia real que resulta entre centros de ruedas y obtenidos sus diámetros se podrá conocer la longitud exacta de la cadena, con lo que habrá que volver a este punto para obtener el coeficiente (K_3) con más exactitud.

Coefficiente K_4

Es el factor de servicio. En este caso al tratarse de un motor eléctrico como máquina conductora o motriz, y de un transportador, según la tabla presentada en el anexo 31 para pequeños transportadores con motores de hasta 7,5 kW y un entorno de trabajo entre 6 y 16 horas el coeficiente es de 1,1.

$$K_4 = 1,1$$

Coefficiente K_5

Es el coeficiente de duración en función de la vida útil prevista para la cadena. En este caso, se supone una duración de 15 000 horas, tomando en cuenta una vida útil de 10 años a 12 horas el día, 25 días por mes y 5 meses año; por lo que de la tabla presentada en el anexo 32 resulta un coeficiente de:

$$K_5 = 1$$

Una vez calculados todos los coeficientes ya se puede obtener la potencia corregida de cálculo

$$P_c = 1,58 \times 1 \times 1 \times 1,1 \times 1 \times 0,746 \text{ kW} = 1,297 \text{ kW}$$

La selección del tipo de cadena se realiza utilizando la tabla del anexo 33 y entrando en ella con los siguientes valores:

- Potencia corregida de cálculo (Pc): 1,297kW;
- Cadena simple;
- Velocidad de giro del piñón: 15 r.p.m.

Con estos valores resulta una cadena Tipo 20B; de paso, $p = 31,75$ mm.

Para el cálculo del diámetro de las ruedas se seguirá la lista que aparece en el anexo 27 y de esta manera lograr obtener los diámetros primitivos de las ruedas mediante la expresión

$$D_p = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{\pi}{z}\right)}$$

Donde:

p = Es el paso en mm

z = Es el número de dientes

Tanto como el piñón como el engranaje conducido tienen el mismo número de dientes debido a que la relación de transmisión es la misma, por lo tanto se tiene que:

$$D_{p1} = \frac{31,75}{\text{sen}\left(\frac{\pi}{12}\right)} = 122,677 \text{ mm}$$

$$D_{p2} = \frac{31,75}{\text{sen}\left(\frac{180}{12}\right)} = 122,677 \text{ mm}$$

Para calcular la longitud de la cadena se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{L}{p} = \frac{(z_1 + z_2)}{2} + (z_2 - z_1) \cdot \frac{\beta}{\pi} + O_1O_2 \times \cos\beta \times \frac{2}{p}$$

Donde:

L , es la longitud total de la cadena en mm;

p , es el paso de la cadena, en mm;

z_1 , es el número de dientes del piñón;

z_2 , es el número de dientes de la rueda mayor;

O_1O_2 , es la distancia entre centros de las ruedas, en mm;

β , es el ángulo de contacto, en radianes. Analíticamente se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\beta = \text{sen}^{-1}\left(\frac{R_2 - R_1}{O_1 O_2}\right)$$

Siendo R_2 y R_1 los respectivos radios de las ruedas mayor y piñón. Pero R_2 Y R_1 son iguales, porque tanto piñón como engranaje conducido son iguales, por lo que reemplazando en BETA nos da un valor de BETA de 0. Con ese valor volvemos a la ecuación anterior y se obtiene que L es de 641 mm.

$$\frac{L}{p} = \frac{(z1 + z2)}{2} + (z2 - z1) \cdot \frac{\beta}{\pi} + O_1 O_2 \times \cos\beta \times \frac{2}{p}$$

$$\frac{L}{p} = \frac{(12 + 12)}{2} + (12 - 12) \cdot \frac{\beta}{\pi} + 130 \times 1 \times \frac{2}{31,75}$$

$$L = 31,75 * 20,19 = 641 \text{ mm}$$

$$L = 641 \text{ mm}$$

Sabiendo que L es de 641 mm y que el paso es de 31,75, el número de eslabones es de 20,19, ósea 20. Con el número de eslabones 20 se ajusta el k3 es por lo que la potencia conducida no sería de 1,29; sino de 7,78 kw. Con este valor se vuelve ir a la tabla y se elige la cadena correcta. Y es de esta manera que se obtiene nuevos valores de la nueva cadena a emplear en la faja transportadora.

- 40 B que es de 63,5 mm.
- Cadena simple 40B
- Longitud 641 mm
- Paso 63,5
- Número de eslabones 20
- Velocidad 15 rpm

12. Condiciones de trabajo:

Según Cisco Eagle, especialista en diseño de fajas transportadoras, para diseñar un transportador se debe de tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Las condiciones del contorno pueden afectar otros componentes, esto es muy importante. El medio ambiente en el cual el transportador es instalado puede tener un impacto significativo en la operación del transportador.
- La vida útil de los rodamientos es considerablemente reducida cuando están rodeados de polvo y suciedad.
- Aceite, polvo, harina, etc. Pueden afectar negativamente la operación del transportador.

B. Sistema de elevación

El objetivo de este subsistema es recibir la parihuela proveniente de la faja transportadora de parihuelas, una vez ubicada la parihuela (sobre la base del sistema de elevación) sube, a través de una relación de piñón- cremallera hasta a una altura de 2m. Cuando la plataforma del sistema de elevación haya sido ubicada a la altura especificada, tendrá otra alimentación, el sistema recibirá las cajas provenientes del transportador de rodillos del sistema ordenador de cajas (el cual será alimentado por la faja modular transportadora de cajas).

Este sistema es fundamental, ya que es aquí en donde se irá formando todo un pallet de cajas. En la base del sistema de elevación se formará una base de 12 cajas, y cada vez que se forme 12 cajas el sistema bajará a una distancia determinada por un tiempo de 2 segundos; para recibir a las siguientes bases de cajas hasta formar 22 filas que es un pallet completo. El sistema así como los materiales se presentan en la figura 40, figura 41 (vista isométrica) y en la figura 42 (vista isométrica con materiales).



Figura 40: Sistema de elevación

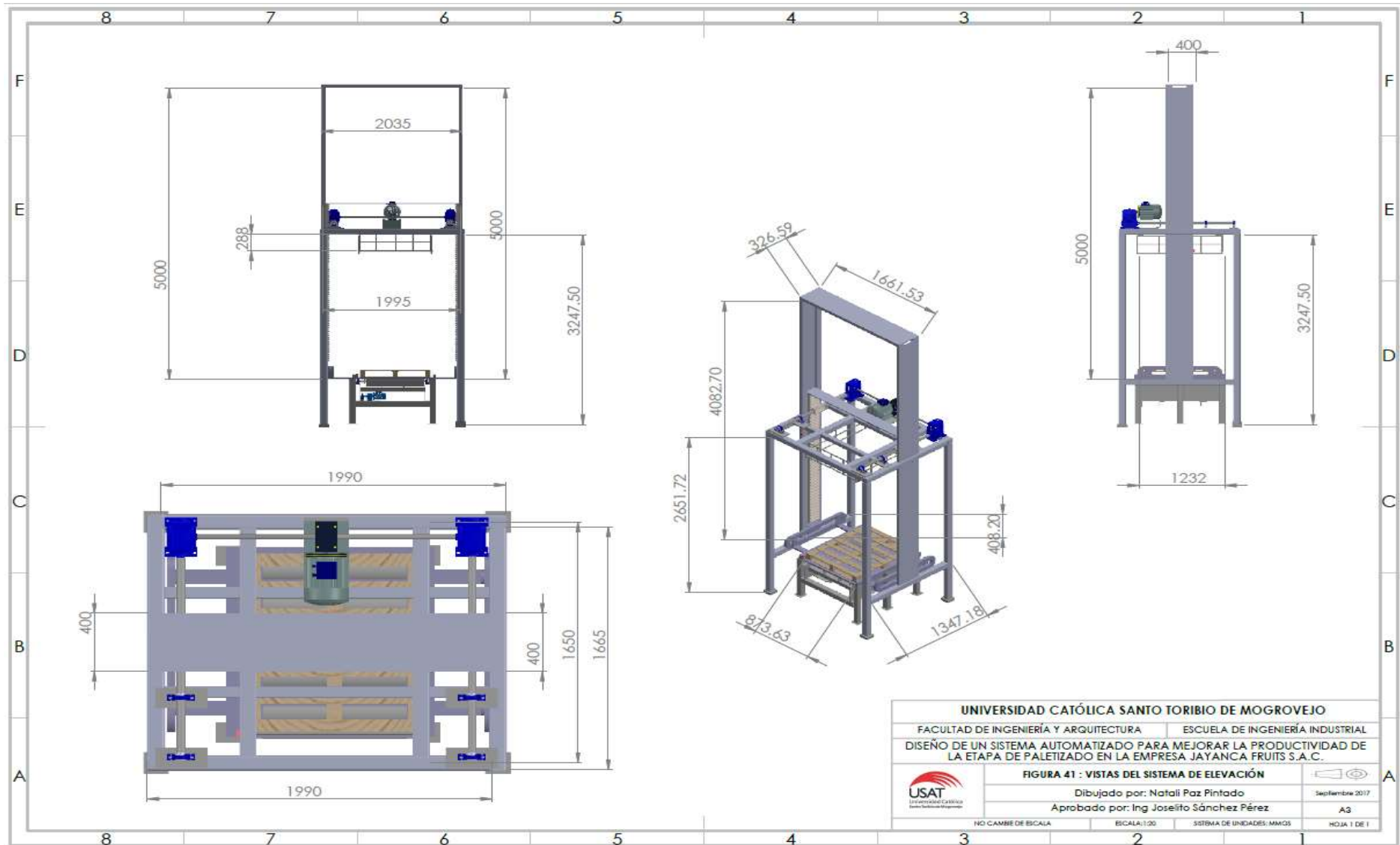


Figura 41: Vista isométrica del sistema de elevación.

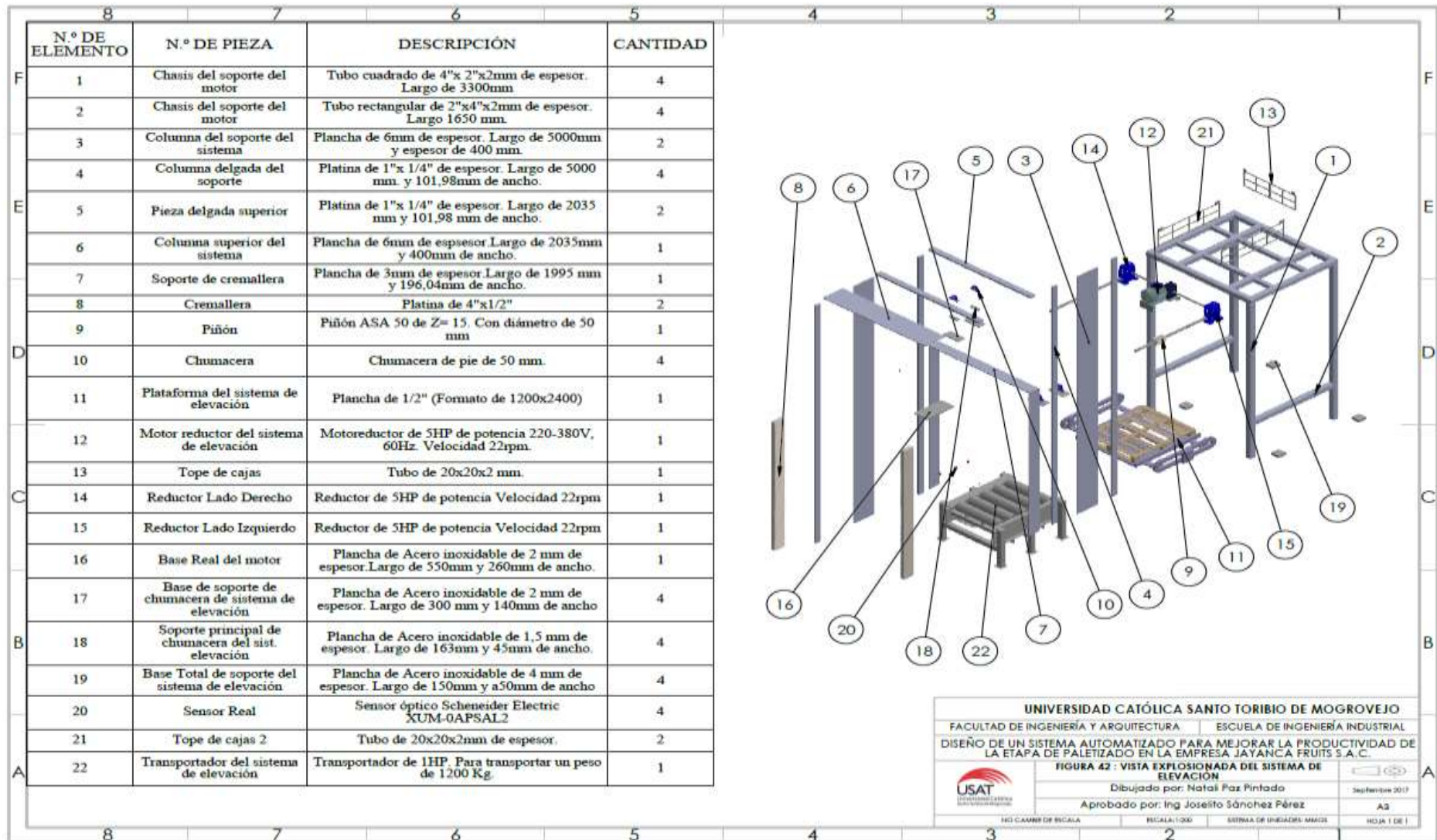


Figura 42: Vista explosionada con materiales.

Para diseñar este sistema de elevación se pensó que sería conformada por los siguientes elementos como: tubos cuadrados, planchas metálicas de acero inoxidable (por ser industria alimentaria), piñones (engranes), cremalleras, chumaceras, 1 motor, 2 reductores, pernos y tuercas para ensamble, etc. El sistema así como los materiales se presentan en la figura 42, en la tabla 32.

Tabla 31: Lista de materiales para sistema de elevación

Ítem	Características de los materiales
1	Tubos de alta de 36 A de 4pulg
2	Plancha de acero inoxidable de 2pulg
3	Cremallera
4	Piñón de 15 dientes
5	4 Chumaceras
6	Plancha de acero inoxidable de 2 pulg
7	Plancha de acero inoxidable de 2 pulg
8	Plancha de acero
9	Tornillos
10	Plancha de acero
11	Tuercas
12	Motor
13	Motor reductor
14	Platinas

Para el armado de este subsistema, se realizarán las siguientes etapas de manufactura:

- **Corte:** Los tubos cuadrados, las platinas y las planchas de acero deben ser cortados de acuerdo a las medidas especificadas (especificadas en la figura 42, de vista explosionada).
- **Pulido:** Después del corte de cada material requerido estos deben ser pulidos para darles un mejor acabado para evitar inconvenientes al momento de ensamblar los demás componentes.
- **Doblado:** En el caso de las planchas de acero (para formar el soporte de la cremallera) serán dobladas para darle forma de las estructuras necesarias para la faja transportadora de parihuelas.
- **Taladrado:** También para el caso de las planchas de acero (que formarán soporte de cremalleras, soporte o base de chumacera), se deberán taladrar los agujeros para posteriormente poder ensamblar componentes como las chumaceras o la cremallera.
- **Pintado:** Las planchas de acero, los tubos cuadrados y las platinas deben ser pintadas de un material anticorrosivo ya que se trata de una industria de alimentos.

- **Ensamble:** En base a la figura 42 como se puede observar el sistema de elevación está ensamblado a través de tornillos y tuercas pero gran parte del ensamble es a través de soldadura por ejemplo en la unión en las columnas de soporte.

Cabe resaltar que en el sistema de elevación, irá acoplada una faja transportadora que permitirá que la parihuela se mueva y ubique correctamente sobre la plataforma del sistema de elevación. Además; permitirá que una vez armado el pallet, este pueda salir hacia la faja transportadora de salida. Dicha faja se puede observar en la figura 43.



Figura 43: Faja transportadora para plataforma de elevación

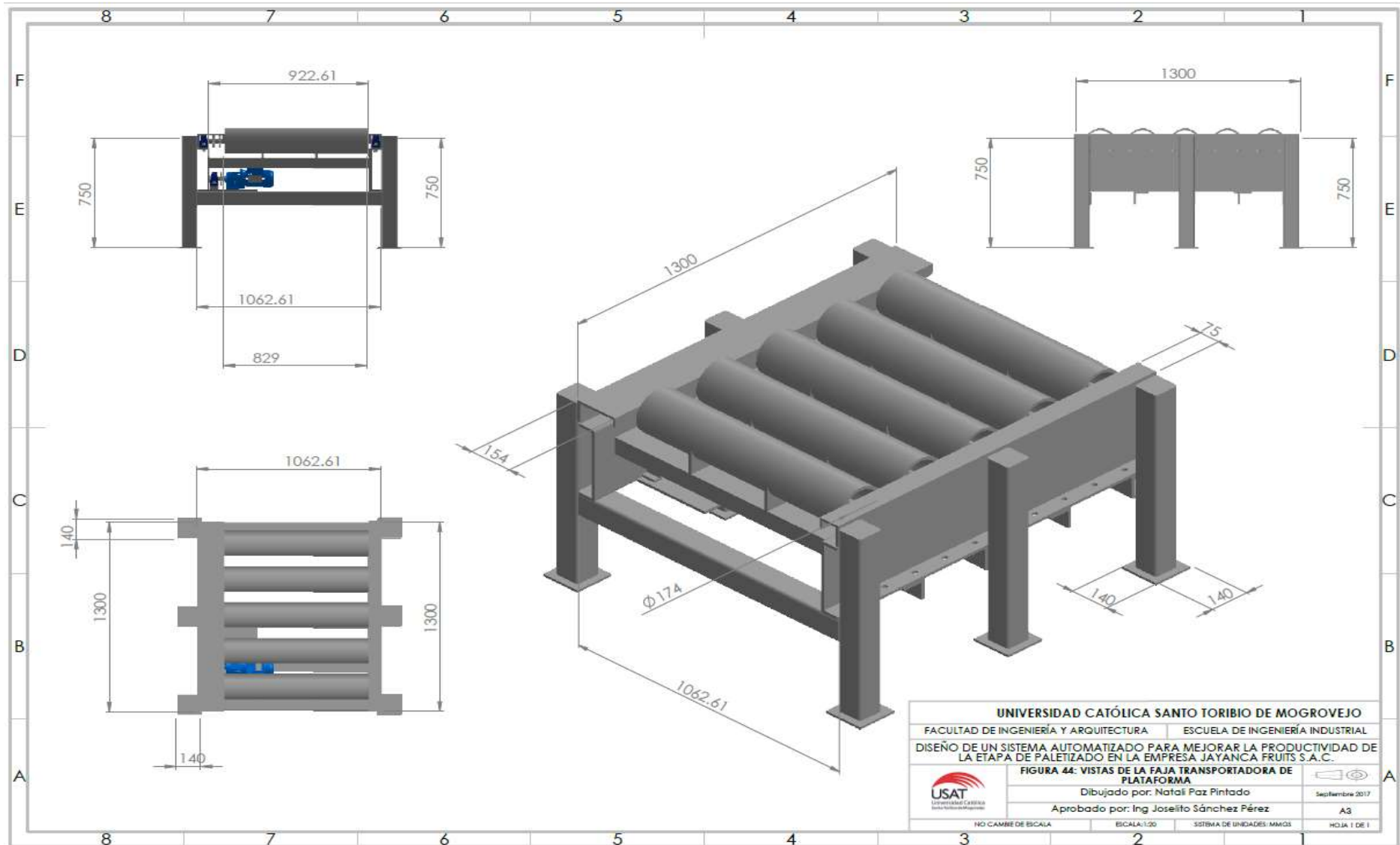


Figura 44: Vista isométrica del transportador de plataforma

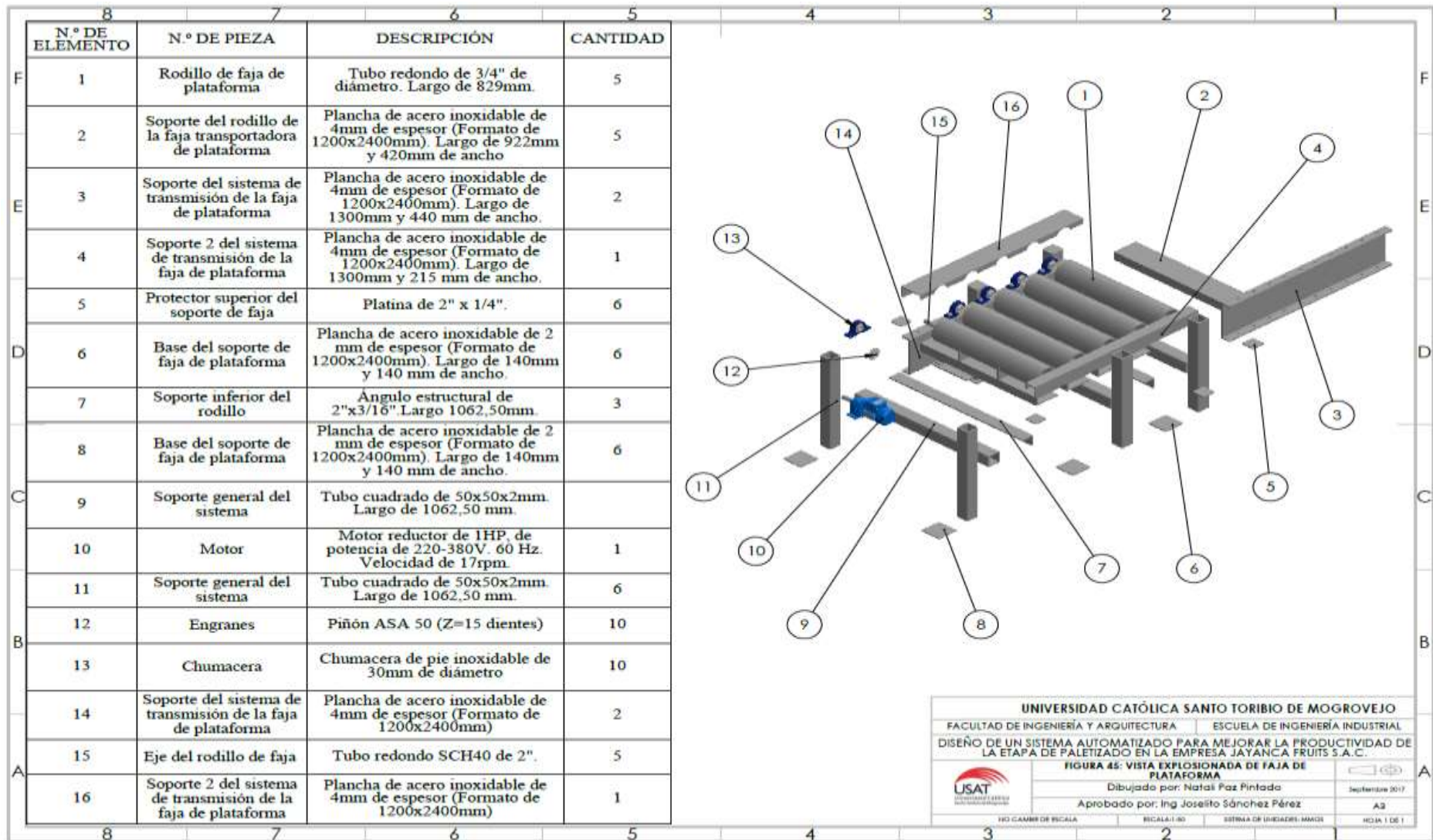


Figura 45: Vista explosionada del transportador de plataforma

Para diseñar este pequeño transportador de rodillos acoplado al sistema de elevación se pensó que sería conformada por los siguientes elementos como: tubos cuadrados, tubos redondos, planchas metálicas de acero inoxidable (por ser industria alimentaria), 1 motor reductor, pernos y tuercas para ensamble, etc. Los materiales se presentan en la tabla 33.

Tabla 32:Lista de transportador de plataforma

Ítem	Características de los materiales
1	Tubos cuadrados de 2pulg
2	Tubos redondos
3	10 Chumaceras
4	Plancha de acero inoxidable
5	Tornillos
6	Plancha de acero inoxidable
7	Tuercas
8	Motor reductor
9	Platinas

Para el armado de este subsistema, se realizarán las siguientes etapas de manufactura:

- Corte: Los tubos cuadrados, las platinas, las planchas de acero y los tubos redondos deben ser cortados de acuerdo a las medidas especificadas (especificados en la figura 45 de la vista explosionada).
- Pulido: Después del corte de cada material requerido estos deben ser pulidos para darles un mejor acabado para evitar inconvenientes al momento de ensamblarlas.
- Doblado: En el caso de las planchas de acero y ángulos estructurales estos serán doblados para darle forma de las estructuras necesarias para la faja transportadora de parihuelas.
- Taladrado: Para el caso de las planchas de acero, que formarán parte del soporte de la faja, se deberán taladrar los agujeros para posteriormente poder ensamblar componentes como las chumaceras o el soporte del motor.
- Pintado: Las planchas de acero, los ángulos estructurales, los tubos cuadrados y las platinas deben ser pintadas de un material anticorrosivo ya que se trata de una industria de alimentos.
- Ensamble: En base a la figura 45 como se puede observar la faja transportadora está ensamblada a través de tornillos y tuercas pero gran parte del ensamble es a través de soldadura por ejemplo en la unión de los soportes.

Cálculos:

El sistema de transmisión cremallera – piñón permite convertir un movimiento giratorio en uno lineal continuo, siendo muy apreciado para conseguir movimientos lineales de precisión.

El sistema está formado por un piñón (rueda dentada) que engrana perfectamente en una cremallera. Cuando el piñón gira, sus dientes empujan los de la cremallera, provocando el desplazamiento lineal de esta como se puede ver en la figura 46.

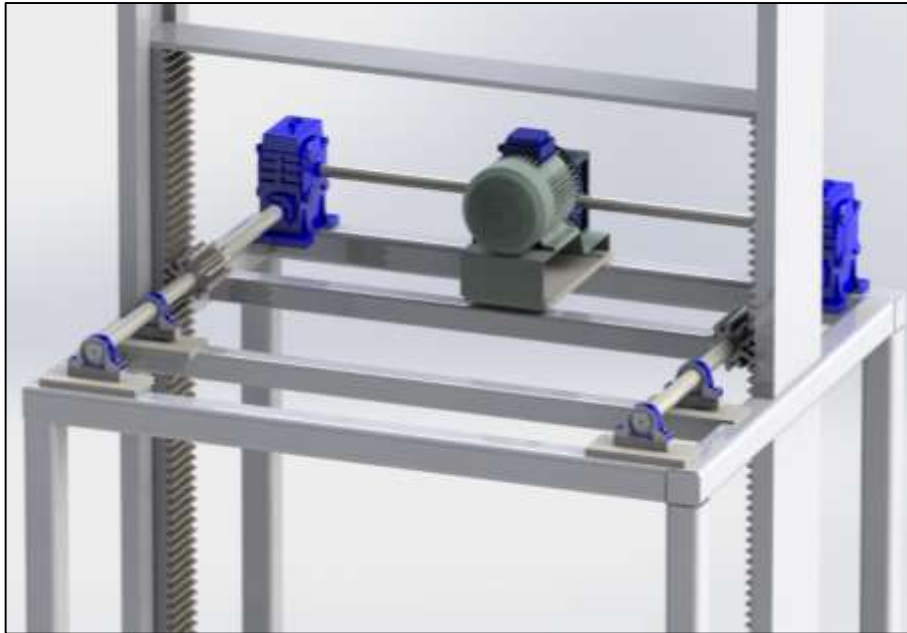


Figura 46: Sistema piñón cremallera subsistema de elevación

La relación entre la velocidad de giro del piñón (N) y la velocidad lineal de la cremallera (V) depende de dos factores: el número de dientes del piñón (Z) y el número de dientes por centímetro de la cremallera (n)

Por cada vuelta completa del piñón la cremallera se desplazará avanzando tantos dientes como tenga el piñón. Por lo tanto, se desplazará

$$d = \frac{Z}{n}$$

Y la velocidad de desplazamiento será

$$V = N \left(\frac{Z}{n} \right)$$

Si la velocidad de giro del piñón se da en RPM, la velocidad lineal resultará en centímetros por minuto.

Según lo comentado anteriormente, se requiere que la cremallera baje a una velocidad aproximada de 10 cm por cada 2 segundos, siendo los 10 cm la altura de la caja y los 2 segundos el tiempo estipulado por el autor por cada piso de 12 cajas.

El piñón a elegir será de 10 dientes (uno de los más comerciales) y la cremallera tiene una distancia total de 270 centímetros con un total de 87 dientes, equivalente a 0,322 dientes por centímetro.

Resumiendo:

- Número de dientes (z)= 10
- Dientes por centímetro de la cremallera (n) = 0,322
- Desplazamiento de la cremallera por cada vuelta del piñón: $d = \frac{10}{0,322} = 31 \text{ cm}$
- Teniendo nuestra velocidad de 10 cm por cada 2 segundos, equivalente a 5 cm por segundo, se tienen una velocidad de giro de:

$$V = N \left(\frac{z}{n} \right)$$

$$5 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \left(\frac{0,322 \frac{\text{dientes}}{\text{cm}}}{10 \text{ dientes}} \right) * 60 \text{ s/min} = N$$

$$N = 9,66 \text{ RPM}$$

Es decir, nuestro motor reductor tendrá que enviar 10 RPM al piñón para que la cremallera se desplace linealmente 5 cm por segundo, o 10 cm cada 2 segundos, equivalente a la altura de una caja del producto a paletizar.

- Para calcular que potencia será necesaria para alzar la carga de 1200 N se necesitó realizar el siguiente diagrama de fuerza que se muestra en la siguiente figura 47.

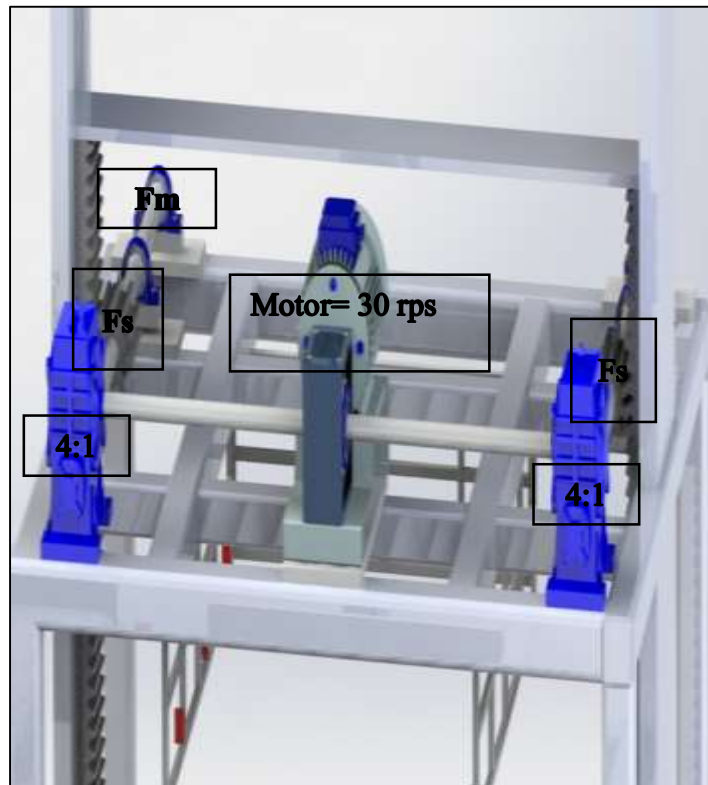


Figura 47: Diagrama de fuerza proceso de elevación parihuela – pallet

Cabe resaltar que hay 2 tipos de carga, la primera es la de parihuela vacía de 19 kilogramos, y la segunda es la del pallet armado, con un equivalente de 1 200 kilogramos. Se tomó en consideración el mayor peso de 1 200 toneladas. Por lo tanto el peso aproximado que soportará el sistema elevación será de 12000 N. En base a la tabla mostrada en el anexo 38 se tomó un motor cuya potencia es de 5 HP el cual tiene un equivalente a 3 728 Nm /s y en base a este dato se procede a aplicar las siguientes fórmulas, para determinar la fuerza que soportará cada piñón y el reductor.

$$P = F_s + F_s$$

$$P = 2 F_s$$

Donde:

- P = Peso a transportar
- F_s = Fuerza del piñón

Reemplazando obtenemos:

$$12000 \text{ N} = 2 F_s$$

$$F_s = \frac{12000}{2}$$

$$F_s \geq 6000 \text{ N}$$

Por lo tanto la fuerza que debe soportar un piñón debe ser mayor de 6000 N. Como ya se sabe que la fuerza del piñón debe ser mayor de 6000 N se procede a aplicar la siguiente fórmula para saber de manera precisa cuanto es el peso exacto a soportar por el piñón.

$$F_s = 4x F_m$$

$$F_s = 4x (3728 \text{ Nm/s})$$

$$F_s = 14\,914 \text{ Nm/s}$$

Por consiguiente se obtiene un F_s de 14 914 Nm/s que en HP tendrá una potencia de 5 HP, considerando que es un reductor de 4:1, cuyo torque es equivalente a 14,9 Nm.

Como se sabe que el F_s es de 14 914 Nm/s se procede a calcular el peso aproximado total el cual estará dado por la siguiente fórmula:

$$P_{\text{aproximado total}} = 2 F_s$$

$$P_{\text{aproximado total}} = 2 (14914)$$

$$P_{\text{aproximado total}} = 29\,828 \text{ N.}$$

Por lo tanto el peso total que puede soportar el motor reductor es de 29 828 N lo que demuestra que el sistema de elevación va a poder soportar sin ningún problema el peso de 12000 N que es un pallet completo que es lo que se desea transportar a través del piñón cremallera.

C. Faja transportadora de cajas de palta.

El objetivo de este subsistema es llevar las cajas de Palta de la línea de envasado hacia el transportador de rodillos del sistema ordenador. Esta faja consiste en una faja modular de PVC, se decidió por este tipo de faja ya que es atóxica y es utilizada en las empresas alimentarias para el transporte de productos alimentarios.

Para el diseño de este sistema de transporte de cajas se pensó que sería conformada por los siguientes elementos como: tubos cuadrados, planchas metálicas de acero inoxidable (por ser industria alimentaria), piñones (engranes), cremalleras, chumaceras, 1 motor, 2 reductores, pernos y tuercas para ensamble, etc. El sistema así como los materiales se presentan en la figura 48, en la figura 49 (vista isométrica), en la figura 50 (vista explosionada con materiales) así como y en la tabla 34.



Figura 48: Faja transportadora modular de cajas



Figura 49: Vista isométrica de la faja modular

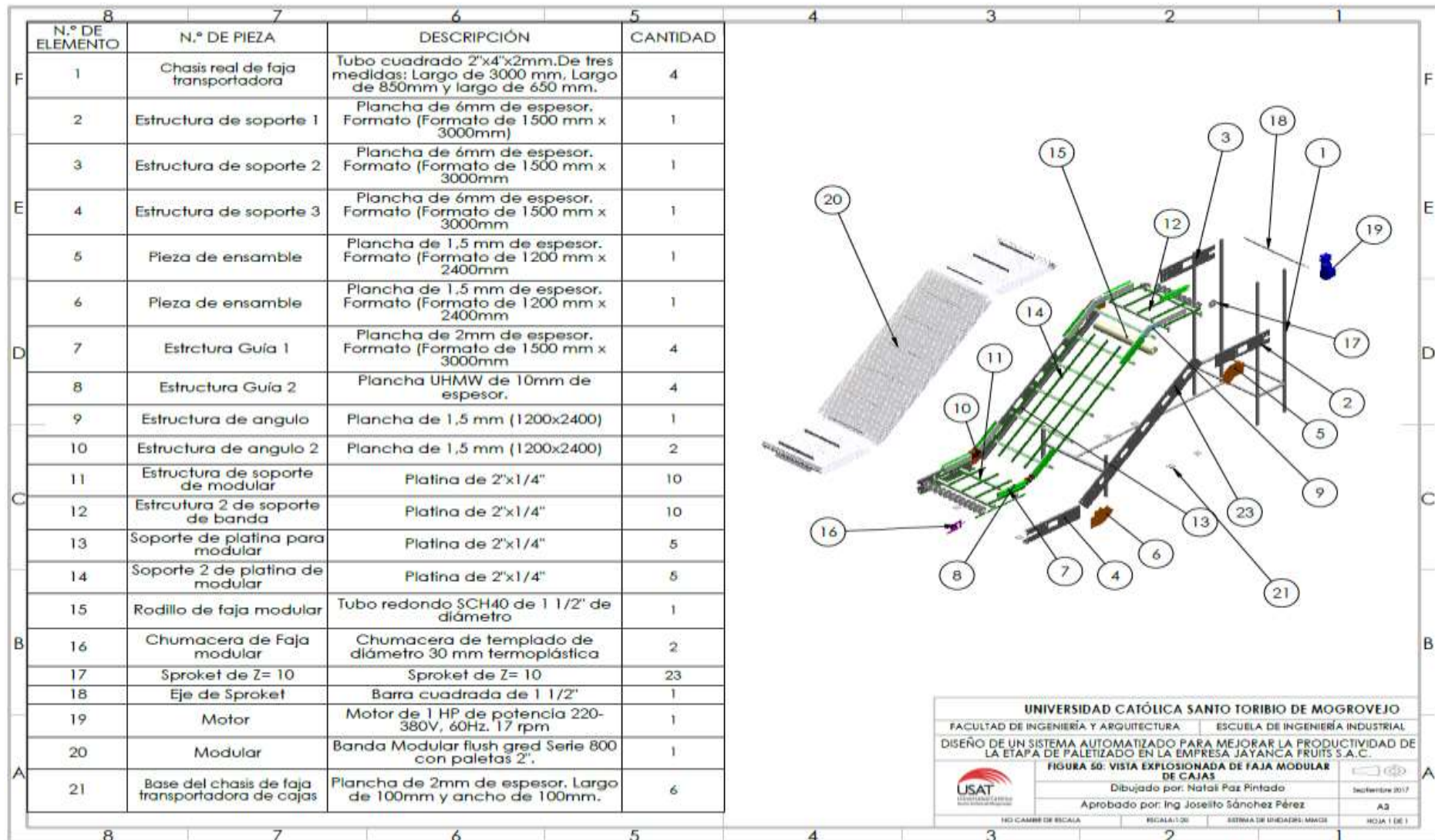


Figura 50: Vista explosionada de faja modular con materiales

Tabla 33: Lista de materiales para faja transportadora de cajas.

Ítem	Descripción
1	Modular de Acetal
2	Motor reductor
3	2 Chumaceras
4	Platinas
5	Planchas de acero
6	Tubo cuadrado
7	Ruedas dentadas de Ryton
8	Tubo redondo

Para el armado de este subsistema, se realizarán las siguientes etapas de manufactura:

- **Corte:** Los tubos cuadrados, las platinas, las planchas de acero y los tubos redondos deben ser cortados de acuerdo a las medidas especificadas (especificados en la figura 50 de la vista explosionada).
- **Pulido:** Después del corte de cada material requerido estos deben ser pulidos para darles un mejor acabado para evitar inconvenientes al momento de ensamblarlas.
- **Doblado:** En el caso de las planchas de acero y ángulos estructurales estos serán doblados para darle forma de las estructuras necesarias para la faja transportadora de parihuelas.
- **Taladrado:** Para el caso de las planchas de acero, que formarán parte del soporte de la faja, se deberán taladrar los agujeros para posteriormente poder ensamblar componentes como las chumaceras o el soporte del motor.
- **Pintado:** Las planchas de acero, los ángulos estructurales, los tubos cuadrados y las platinas deben ser pintadas de un material anticorrosivo ya que se trata de una industria de alimentos.
- **Ensamble:** En base a la figura 50 como se puede observar la faja transportadora está ensamblada a través de tornillos y tuercas pero gran parte del ensamble es a través de soldadura por ejemplo en la unión de los soportes.

D. Sistema ordenador de cajas

El objetivo de este subsistema es ordenar las cajas provenientes de la faja transportadora. El sistema consta de un sensor óptico, un pistón y un transportador de rodillos; el funcionamiento consiste en: el sensor ubicado a la entrada del sistema ordenador de cajas, detectará a las cajas provenientes de la faja modular; al detectarlas automáticamente se activará el motor del transportador de rodillos, haciendo mover las cajas hasta el tope que contiene el sistema (para que las cajas no avancen más).

Una vez que hayan pasado cuatro cajas el pistón neumático se activará y llevará las cuatro cajas hacia la parihuela que está ubicada en el sistema de elevación; este mismo proceso se repetirá hasta que se haya formado una base de 12 cajas sobre la parihuela. De esta manera el sistema ordenador de cajas suministra las cajas al sistema de elevación para ir formando un pallet completo de cajas.

Para el diseño de este sistema ordenador de cajas se pensó que sería conformada por los siguientes elementos como: tubos cuadrados, planchas metálicas de acero inoxidable (por ser industria alimentaria), piñones (engranes), chumaceras, 1 motor reductor, pernos y tuercas para ensamble, etc. Además tendrá elementos como 1 pistón neumático y un sensor óptico. El sistema así como los materiales se presentan en la figura 51, en la figura 52 (vista isométrica), en la figura 53 (vista explosionada con materiales) y en la tabla 35.



Figura 51: Sistema ordenador de cajas

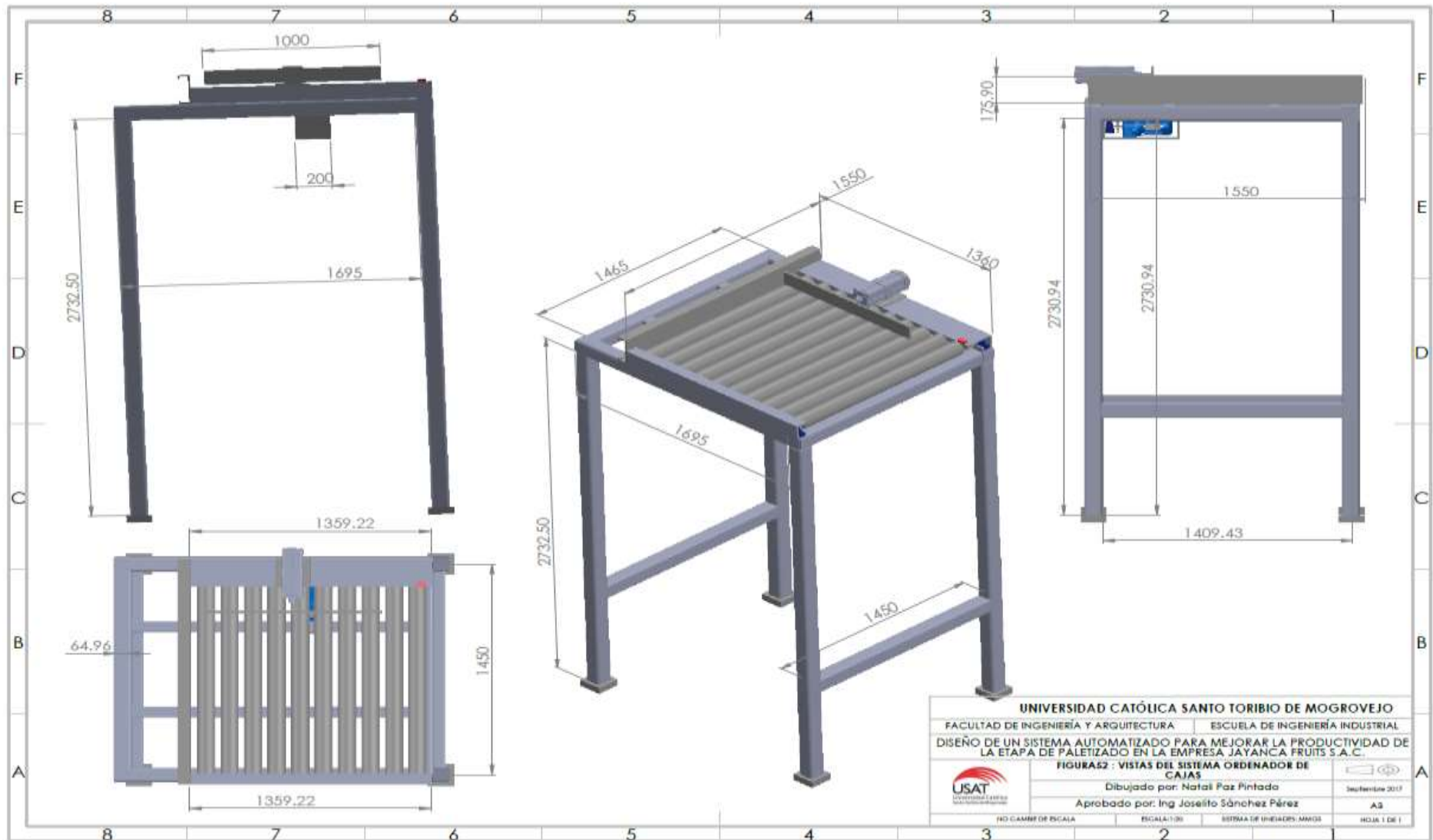


Figura 52: Vista isométrica del sistema ordenador

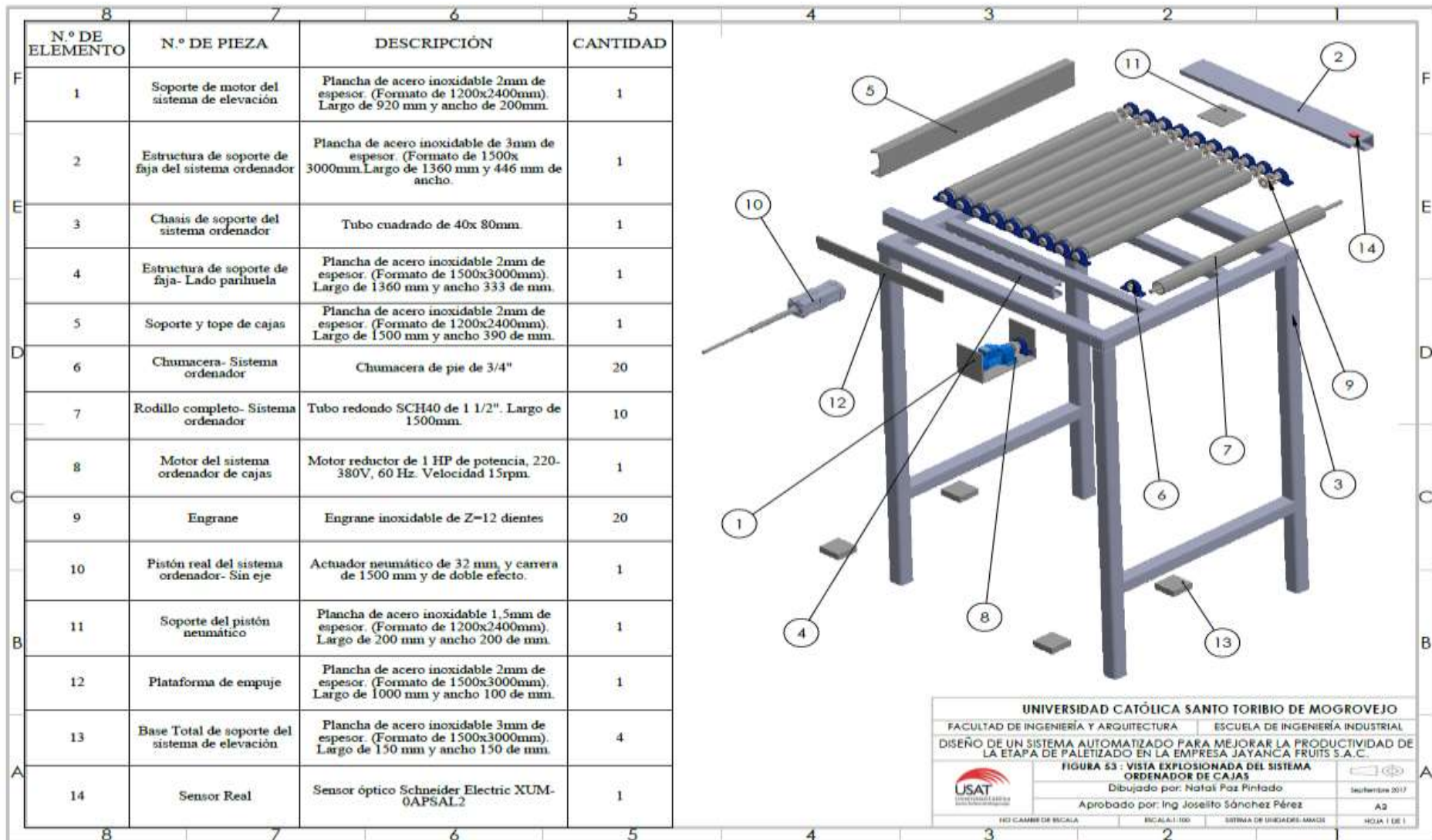


Figura 53: Vista explosionada del sistema ordenador con materiales

Lista de materiales

Tabla 34: Lista de materiales para sistema ordenador de cajas.

Ítem	Descripción
1	Tubos cuadrados de 2 pulg
2	Tubos redondos
3	Chumaceras
4	Engranés
5	Planchas de acero
6	Tornillos
7	Tuercas
8	1 Pistón neumático
9	1 sensor óptico
10	Platina
11	1 Motor reductor

Para el armado de este subsistema, se realizarán las siguientes etapas de manufactura:

- Corte: Los tubos cuadrados, las planchas de acero y los tubos redondos (para los rodillos) deben ser cortados de acuerdo a las medidas especificadas (especificados en la figura 53 de la vista explosionada).
- Pulido: Después del corte de cada material requerido estos deben ser pulidos para darles un mejor acabado para evitar inconvenientes al momento de ensamblarlas.
- Doblado: En el caso de las planchas de acero (para formar los laterales del transportador de rodillos y el tope de las cajas) serán doblados para darle forma de las estructuras necesarias para la faja transportadora de parihuelas.
- Taladrado: Para el caso de las planchas de acero, que formarán parte del soporte del transportador de rodillos, se deberán taladrar los agujeros para posteriormente poder ensamblar componentes como las chumaceras, el soporte del motor, el pistón neumático y el sensor óptico.
- Ensamble: En base a la figura 53 como se puede observar la faja transportadora está ensamblada a través de tornillos y tuercas pero gran parte del ensamble (en los tubos cuadrados que forman el soporte del sistema) es a través de soldadura.

Cálculos

Actuador neumático

En esta sección se aplicarán las fórmulas presentadas en el marco teórico, acerca de los actuadores neumáticos, debido a que el subsistema ordenador de cajas necesitará de un actuador neumático para empujar las cajas hacia el sistema de elevación, y por lo tanto es necesario aplicar los cálculos para saber de qué características será el actuador a utilizar.

Por lo tanto para el subsistema ordenador de cajas, se ha optado por un cilindro de doble efecto de 32 mm de diámetro de émbolo, con un vástago de M12, una carrera de 1500 mm, con 6 ciclos por minuto (tiempo estimado de entrada y salida de 10 segundos) y con suministro de aire a través de un compresor de 8 bar de presión.

El actuador neumático o pistón debe empujar una masa de 40 kg (la masa total fue determinada a partir del mayor peso de las cajas que es de 10 kg en presentación canastillas). Los cálculos de determinarán para saber si la fuerza que desarrolla el émbolo empujará las cuatro cajas que es un total de 40 kg, además de determinar el consumo de aire.

Lo primero a determinar es el avance y retroceso del actuador neumático, pero para esto primero aplicamos las fórmulas (explicadas en el marco teórico) para calcular las áreas y posteriormente calcular las fuerzas teóricas de avance y retroceso.

$$A = \frac{(3,2)^2 \times \pi}{4} = 8,04 \text{ cm}^2$$

$$A' = \frac{(3,2)^2 \times (1)^2 \times \pi}{4} = 8,04 \text{ cm}^2$$

Con estos valores calculados (A y A') se procede a determinar la fuerza teórica del avance y el retroceso del actuador neumático, además la fuerza real desarrollada por el émbolo considerado un porcentaje de la fuerza de rozamiento del 20 %, debido a que se trabaja con una presión de 8 bar.

De avance:

$$F_{teórica} = A \times p = 8,04 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 800\,000 = 643,07 \text{ N}$$

$$F_r = 643,07 \times 20\% = 128,61 \text{ N}$$

$$F_n = 643,07 - 128,61 = 514,46 \text{ N}$$

De retroceso:

$$F_{teórica} = Axp = 8,04 \times 10^{-4} m^2 \times 800\,000 = 643,07 \text{ N}$$

$$F_r = 643,07 \times 20\% = 128,61 \text{ N}$$

$$F_n = 643,07 - 128,61 = 514,46 \text{ N}$$

Considerando que la masa a mover es de 40 kg, equivalente a 392, 27 N, se asegura que el actuador neumático tendrá la fuerza necesaria para mover la estructura de acero y las cajas tanto al avance como al retroceso.

Finalmente, se determina la relación de compresión y el consumo de aire que tendrá el compresor, expuesto en el marco teórico:

$$\text{Relación de compresión} = \frac{101,3 \text{ kPa} + 800 \text{ kPa}}{101,3 \text{ kPa}} = 8,9$$

$$\text{Consumo de aire} = (150 \text{ cm} \times 8,04 \text{ cm}^2 + 150 \text{ cm} \times 8,04 \text{ cm}^2) \times 6 \times 8,9$$

$$\text{Consumo de aire} = 128\,800 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 128,80 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

El actuador neumático tendrá un consumo de aire de 128, 80 litros por minuto. Un compresor de 2HP a 8 bar considerando que un compresor de 8 bar tiene un flujo de entrada de aire de 222 litros por minuto (anexo 34, pág.188), por lo que el consumo de aire que necesita el actuador es menor (128,80 l/min), por lo tanto el compresor podrá abastecer sin ningún problemas al actuador neumático. El compresor a utilizar es de la marca Indura ya que es una empresa líder en el mercado de gases industriales.

El actuador neumático estará compuesto por los siguientes elementos presentados en la siguiente tabla 36:

Tabla 35: Descripción de elementos del actuador neumático

Ítem	Descripción
1	Cilindro normalizado ISO 15 552
2	Accesorio de cilindro brida basculante SNC
3	Electroválvula de 5 a 2 vías
4	Compresor de 2 HP A 8 bar
5	Válvula estranguladora anti retorno
6	Tubo flexible de material sintético

En la figura 54 se muestra el actuador real y en la tabla 37 la ficha técnica del mismo



Figura 54: Actuador neumático DSBC-Q de doble efecto

Tabla 36: Características del actuador neumático

Ítem	Descripción
1	Nombre: Actuador neumático DSBC- Q/ ISO 15 552
2	Diámetro de émbolo: 32mm
3	Diámetro de vástago: 12mm
4	Accesorios: Brida basculante
5	Cilindro de doble efecto
6	Carrera: 1500 mm
7	Marca: Festo Perú

Fuente: Festo

3.2.2. DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL PALETIZADO DE CAJAS DE PALTA HASS.

Descripción del proceso a automatizar

Dentro de un sistema automatizado es de suma importancia determinar las principales características que va a tener el proceso a automatizar; ya que en base a esto se podrá plantear cómo será el sistema eléctrico y de control o funcionamiento. Dichas características son: el tipo de sistema, las perturbaciones, la variable de control, el tipo de señales, tipos de perturbaciones, el tipo de controlador tendrá; de las cuáles se explicará a continuación brevemente, porque y como se determinó cada una respectivamente.

- **Tipo de sistema:** Sistema de lazo abierto.

Se determinó que sea un sistema de lazo abierto ya que la salida no es afectada por la señal de entrada, la salida no se realimenta para compararla con la entrada. Además los elementos de un sistema de lazo abierto están divididos en dos partes el controlador y el proceso controlado que en este caso es el proceso de paletizado; como se muestra en la figura 55.

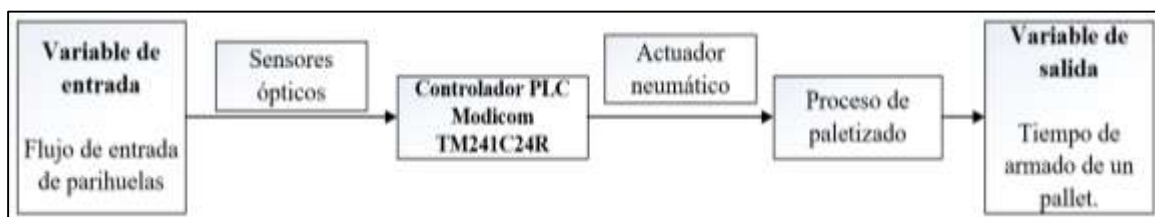


Figura 55: Variables del proceso automatizado

En base a la figura 55 se determina cuáles son mis variables del proceso es decir mis variables de entrada y de salida; además de mi variable controlada.

- **Variables de entrada:**

Las variables de entrada, son variables que ingresan al sistema y no dependen de ninguna otra variable interna del mismo. En este caso la variable de entrada es el tiempo de transporte de parihuela al sistema.

- **Variables de salida:**

Es una variable del sistema controlado que se elige de modo tal que mediante su estudio se analiza si el sistema cumple o no con los objetivos propuestos. En este caso la variable de salida también es el tiempo ya que debe cumplir con un tiempo de armado de pallet de 16 min.

- **Variable de control:**

La variable de control del sistema automatizado es el tiempo de armado de un pallet; ya que, como se pudo determinar anteriormente tanto la variable de entrada y de salida es el tiempo y no sufre transformación alguna durante el proceso, con esto se demuestra también porque es un sistema de lazo abierto.

- **Tipo de proceso:** Discreto.

Se determinó que el tipo de proceso es discreto porque se encargará de controlar eventos y tiempos, como por ejemplo: cantidades, acabado, productividad y como ya se mencionó tiempos. Además; también es un proceso discreto ya que el producto de salida se obtiene a través de una serie de actividades.

- **Perturbaciones:** Calibración del actuador neumático (Colocar el fundamento de PDF).

- **Tipo de controlador:** Controlador ON/ OFF.

Se determinó que es un controlador ya que es la forma más simple de controlar ya que es una señal digital; es comúnmente utilizado en la industria y muestra muchos de los compromisos fundamentales inherentes a todas las soluciones de control. Además; en procesos en los que no se requiere un control muy preciso, el control ON-OFF puede ser el adecuado. Estos envían una señal de activación (On o encendido) cuando la entrada de señal es menor que un nivel de referencia definido previamente y desactiva la señal de salida (Off o apagado) cuando la señal de entrada es mayor que la señal de referencia.

- **PLC**

Cuando se diseña un sistema automatizado se necesita de una instrucción lógica que logre hacerlo funcionar correctamente, así que el PLC es fundamental e indispensable para que todos los dispositivos que conforman parte del sistema puedan funcionar. Los PLC trabajan de acuerdo a un orden de actividades que se almacenan en la memoria del mismo.

El PLC se escogió de acuerdo o en base a las entradas y salidas que se lograron identificar que en total son 13 entradas y 8 salidas digitales, de las cuales se hablarán más adelante. Por lo tanto en cuanto al PLC que se optó es el Modicom TM241C24R, con 24 entradas digitales y 16 salidas digitales; con conexión USB y con una alimentación de 100 a 220 V, el cual será capaz de responder a los requerimientos del sistema automatizado. El PLC se muestra en la figura 56, además la ficha técnica del dispositivo se encuentra en el anexo 35 (pág.189).



Figura 56: Controlador lógico TM241C24R

Fuente: Schneider Electric.

- **Tipo de señales:** Digitales.

Se determinó que sea una señal digital ya que presenta una variación discontinua con el tiempo y que sólo puede tomar ciertos valores discretos. A continuación se detalla y explica detalladamente cada una de las entradas y salidas a utilizar en el sistema.

Dispositivos de entrada.

- **Sensores ópticos**

Gracias a los sensores ópticos que se tiene el sistema identificados como entradas para su funcionamiento automático; es que se puede detectar las parihuelas y las cajas durante todo el proceso, de esta manera se puede contar con mayor precisión al momento de armar un pallet de 264 cajas en presentación de cajas de cartón o 114 cajas en presentación canastillas.

Es necesario un sensor del tipo óptico ya que tiene detectan cualquier tipo de material, en el caso del sistema, tarimas de madera, cajas de madera y canastillas. En la figura 57 se muestra el diseño donde el sensor detecta las cajas provenientes de la faja modular a la entrada del sistema ordenador para activar el transportador de rodillos del sistema ordenador de cajas, para que de esta manera se vayan formando 4 cajas sobre la base del transportador de rodillos.

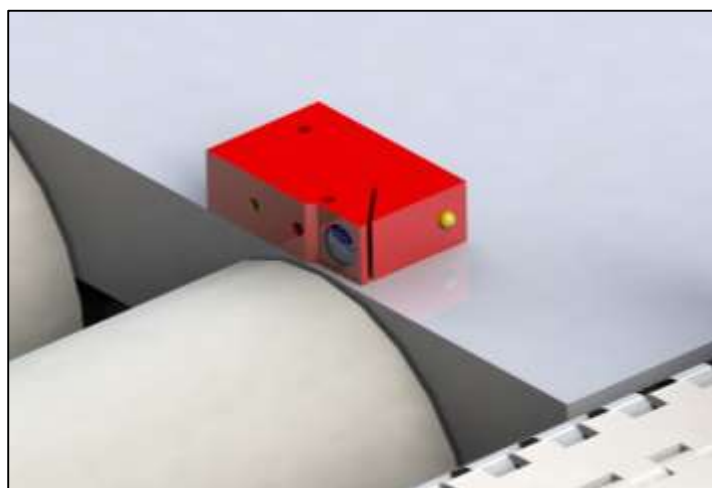


Figura 57: Sensor óptico del sistema ordenador de cajas

Además del sensor ubicado a la entrada del transportador del sistema ordenador también hay otros ubicados al final del mismo sistema ordenador de cajas, a la entrada del transportador de rodillos de entrada, en el transportador de plataforma, al comienzo y final del transportador de salida, en el sistema de elevación (a la altura de 2 metros), y 3 más que determinarán el orden de las cajas; que permitirán ubicar cada unidad que llegue a cada subsistema.

El sensor óptico a utilizar será de la marca Schneider Electric, debido a que es una marca conocida para uso e implementos de sistemas automatizados, además el PLC utilizado es de la misma marca; además se le atribuye a dicha marca un prestigio internacional. El sensor óptico a utilizar es el de la serie XUM-0APSAL2, y en la tabla 38 se presenta su respectiva ficha técnica.

Tabla 37: Ficha técnica del sensor óptico

Ítem	Descripción
1	Nombre: Sensor óptico XUM-0APSAL2
2	Alcance: 10 m
3	Tipo: PNP
4	Alimentación: 12 A 48 VCD
5	Función: NA o NC usando programación
6	Peso: 0,050 kg
7	Marca: Schneider Electric

Fuente: Schneider Electric

- **Pulsadores**

Dentro del sistema existen unidades de mando, los cuales permiten al sistema ponerse en marcha, apagarlo, y detenerlo en casos de emergencia, dichos dispositivos es el pulsador de marcha, pulsador de paro y de emergencia respectivamente. También se les denomina pulsadores debido a que son activados al pulsarlos de manera manual por los trabajadores. Para elegir los pulsadores también se utilizó la marca Schneider Electric de la serie Harmony.

El pulsador de paro es el pulsador de paro es el pulsador rojo con un contacto normalmente cerrado con código XB7EV04, el pulsador de marcha es el pulsador verde con un contacto normalmente abierto con código XB7EV03. El pulsador de emergencia es un pulsador con contacto normalmente abierto con código XB7NT842. Dichos pulsadores se pueden ver en las figuras 58, 59 y 60.



Figura 58: Pulsador de paro XB7EV04

Fuente: Schneider Electric



Figura 59: Pulsador de marcha XB7EV03

Fuente: Schneider Electric



Figura 60: Pulsador de emergencia XB7NT842

Fuente: Schneider Electric

- **Actuador neumático**

Dentro del sistema ordenador es donde las cajas llegarán para ser ordenadas y posteriormente serán empujadas hacia la plataforma con parihuela. Para poder empujar las cajas hacia el otro sistema será necesario un pistón o actuador neumático, el cual ya se detalló anteriormente cómo fue escogido en la parte de los cálculos del subsistema ordenador de cajas.

Dispositivos de salida

- **Variador de frecuencia o variador de velocidad**

Anteriormente se observó en los cálculos de los subsistemas que los motores a utilizar en general son de 2 potencias, uno de 1 HP (para los transportadores de rodillos y faja modular de cajas) y otro de 5 HP (para el sistema de elevación). Para poder variar las RPM a través de frecuencia, se requiere de un convertidor de frecuencia o variador de velocidad, por lo tanto se optó también por la marca Schneider Electric como ya se mencionó anteriormente es una marca experta y con prestigio en aplicaciones de sistema de automatización y si cuenta con distribuidores en nuestro país.

Para elegir el variador de velocidad se basó según el catálogo de Schneider Electric mediante el cual se determinó que el variador más adecuado es el de la serie 312 los cuales trabajan con motores asíncronos trifásicos desde 200 hasta 600 voltios y de 0,18 a 15 Kw. Primero se determinó el variador adecuado para el motor de una potencia de 1 HP equivalente a 0,7457 kW y que cumpla con el voltaje de 380 V trifásica.

De acuerdo al catálogo utilizado, el modelo de variador es el que cumpla con las características anteriormente mencionadas sería el ATV 312H075N4, con un rango de frecuencia entre 50 y 60 Hz, en la siguiente figura 61 se muestra el variador de frecuencia elegido. En el anexo 36 también se muestran las características del dispositivo elegido.



Figura 61: Altivar ATV 312H075N4
Fuente: Schneider Electric

Para elegir el segundo variador de frecuencia se siguió el mismo procedimiento en base al voltaje de 380 V (que trabaja la empresa) y a la potencia del motor del sistema de elevación de 5 HP. Nuevamente de acuerdo al catálogo utilizado, el modelo de variador es el que cumpla con las características anteriormente mencionadas sería el ATV 312H075N4, con un rango de frecuencia entre 50 y 60 Hz, en la siguiente figura 62 se muestra el variador de frecuencia elegido. Además en el anexo 37 se muestra una tabla con las características de dicho dispositivo.



Figura 62: Altivar ATV 312HU40N4
Fuente: Schneider Electric

En el sistema completo de paletizado se utilizaron 2 variadores de frecuencia de los cuales 1 sería del tipo Altivar ATV 312H075N4 (para los motores de las fajas transportadoras de 1HP de potencia); y 1 es del tipo Altivar ATV 312HU40N4 (para el motor del sistema de elevación). Dichos variadores de frecuencia están representados por la siguiente simbología desde G1 a G7 se pueden observar en la leyenda de la figura 63, de acuerdo a los motores ya establecidos.

Sistema eléctrico

En esta parte se presentan los planos eléctricos que representan la propuesta del sistema automatizado, así como los procedimientos utilizados para su elección. Además de mostrar el plano eléctrico también se muestra el plano neumático del sistema automatizado, en donde se muestra la relación y conexión de los dispositivos a utilizar en el sistema automatizado; además, se muestra las entradas y salidas necesarias para el diseño y funcionamiento del sistema de control y automatización del proceso.

El sistema automatizado es de vital importancia ya que asegurará la seguridad de los trabajadores frente a sobrecargas o cortocircuitos; además, asegurará el funcionamiento y rendimiento de la máquina, protegiendo también a los dispositivos eléctricos de alguna sobrecarga de energía o corto que pueda suceder o también frente a las variaciones de energía que puedan afectar el funcionamiento de los dispositivos que se utilizarán.

Hasta el momento se ha determinado que se utilizarán los siguientes elementos de automatización que se presentan a continuación:

- Seis motores eléctricos trifásicos asíncronos de jaula de ardilla cuyas potencias ya de determinaron en los cálculos anteriores.
- Un pistón neumático de doble efecto.
- Compresor de aire de 8 bar.
- Sensores ópticos

Posteriormente se mostrarán los planos eléctrico y neumático que se aprecian en las figuras 63 y 64, en dichos planos se puede observar detalladamente todas las conexiones y relaciones que tienen los dispositivos como se mencionó anteriormente, además se muestra también todos los dispositivos empleados para el funcionamiento del sistema. En los planos también se muestra una leyenda donde se pueden reconocer claramente cada uno de los dispositivos utilizados.

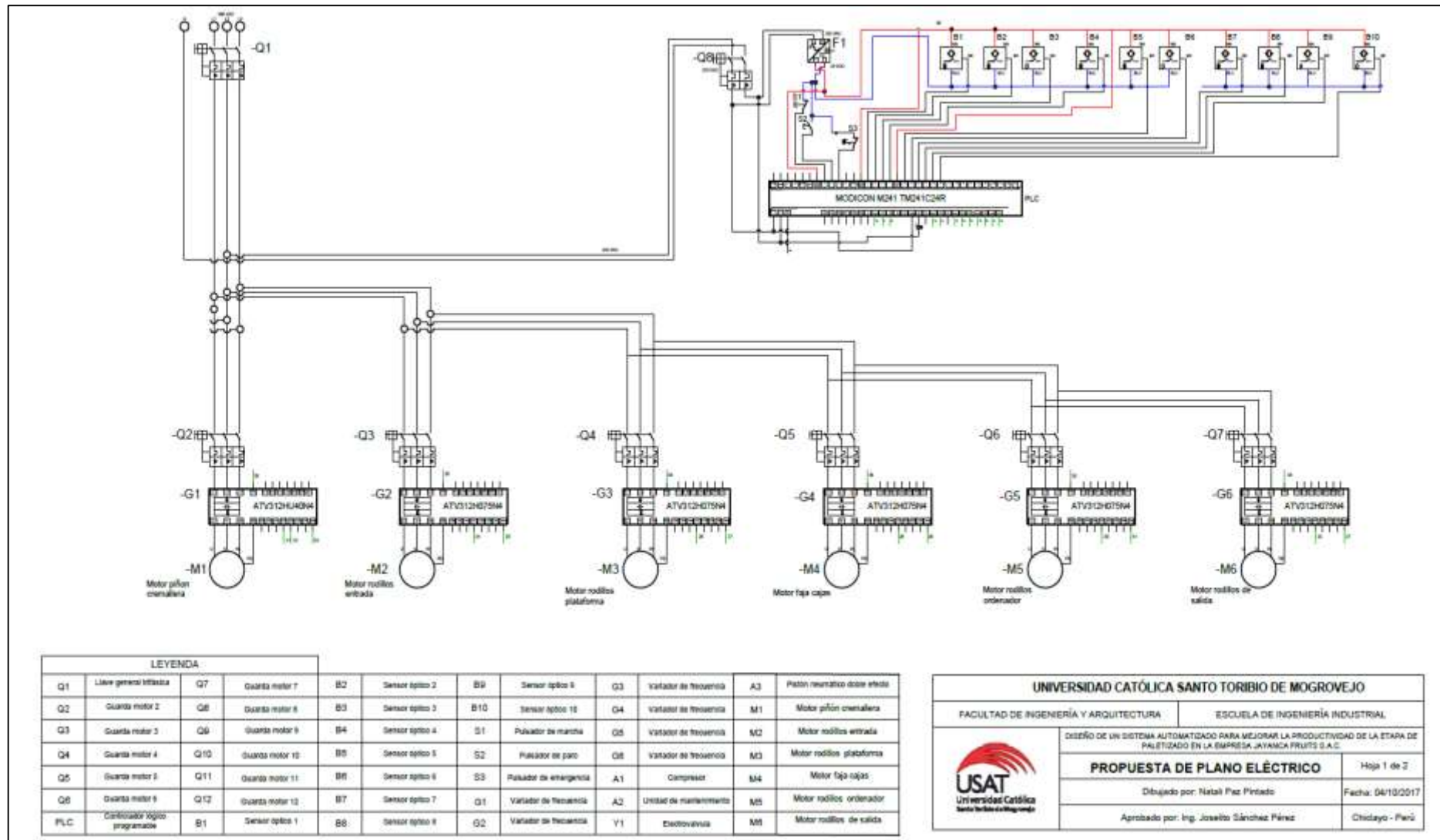
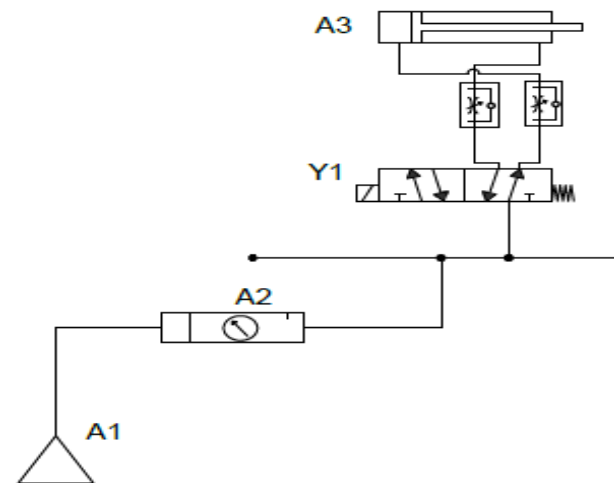


Figura 63: Plano eléctrico del sistema

LEYENDA	
A1	Compresor
A2	Unidad de Mantenimiento
A3	Cilindro doble efecto empuja motor 1
Y1	Electroválvula 5 / 2 empuja Cajas
Q8	Guardamotor del actuador numático




UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO		
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
Diseño de un sistema automatizado para mejorar la productividad de la etapa de paletizado en la empresa Jayanca Frutas S.A.C.		
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo	FIGURA 64: PLANO NEUMÁTICO DEL SISTEMA	Hoja 2 de 2
	Dibujado por: Natali Paz Pintado	Fecha: 04/10/2017
	Aprobado por: Ing. Joselito Sánchez Pérez	Chiclayo - Perú

Figura 64: Plano neumático del sistema

En esta sección se mostrarán los dispositivos del sistema eléctrico y además se justificará con cálculos en base a qué características se escogió cada uno de ellos; dichos dispositivos son: interruptor termo magnético, guarda motor, y finalmente fuente de alimentación conmutada, que se detallarán a continuación respectivamente.

- **Interruptor termo magnético.**

Se optó por usar un interruptor termo magnético en el sistema ya que todo sistema automatizado debe estar protegido contra las sobrecargas y cortocircuitos en toda la instalación. Se necesitarán dos interruptores uno el sistema automatizado y otro secundario para la instalación.

Para elegir un interruptor termo magnético es necesario conocer la intensidad nominal del motor. Por lo tanto será necesario calcular la potencia activa aplicada a un sistema trifásico, la cual viene dada por la siguiente fórmula, presentada a continuación:

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$$

Donde:

- U: Tensión en voltios.
- I: Corriente nominal en Amperes.
- P: Potencia activa en Watt.
- $\cos \phi$: Factor de potencia del circuito (adimensional).

Como ya se cuenta con el dato de la potencia del motor de 1 HP, equivalente a 0,7457 kW; la tensión de 380 V trifásica y el factor de potencia de 0,6, procedemos a aplicar la fórmula expuesta anteriormente.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \phi}$$
$$I = \frac{745,69 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 380 \text{ V} \times 0,6} = 1,88 \text{ A}$$

Según el catalogo utilizado para escoger los motores, la intensidad del motor es de 1,69A que se muestra en el anexo 38 (pág.191). Por lo tanto la corriente absorbida por el motor es de 1,88A, pero al ser 5 motores (transportadores de cajas y parihuelas), la corriente nominal del sistema será de 9,4 A.

El cálculo aplicado fue para determinar la corriente nominal del motor de 1HP, también se procedió a seguir el mismo procedimiento para determinar la corriente nominal para el motor de 5 HP. Por lo tanto se volverá aplicar la fórmula para calcular la corriente nominal del motor de 5 HP (como ya se mencionó anteriormente).

Como ya se cuenta con el dato de la potencia del motor de 5 HP, equivalente a 3,72 kw; la tensión de 380 V trifásica y el factor de potencia de 0,61, procedemos a aplicar la fórmula expuesta anteriormente.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}xUxCos\phi}$$

$$I = \frac{3728,49 W}{\sqrt{3}x380Vx0,61} = 9,29A$$

Según el catalogo utilizado para escoger los motores, la intensidad del motor es de 7,85 A que se muestra en el anexo 38; por lo tanto la corriente absorbida por el motor es de 9,29A, y al ser solo un motor de 5 HP (motor del sistema de elevación), la corriente nominal del sistema sigue siendo la misma de 9,29 A. Por lo tanto la corriente nominal total del sistema es de 11,17 A; así que se procedió a escoger el interruptor termo magnético.

El interruptor termo magnético a elegir será la corriente nominal total calculada anteriormente; será de la serie C60N también de la marca Schneider Electric. El código es el C60N 24350 de 3 polos con una tensión de trabajo de hasta 400 V, con un calibre de intensidad nominal de 16 A; en la figura 65 se muestra el interruptor termo magnético a utilizar.



Figura 65: Interruptor C60N 24350
Fuente: Schneider Electric

El interruptor diferencial secundario que dará energía a la fuente de alimentación conmutada será también uno de la serie C60N, cuya función principal será el mando y la protección contra las sobrecargas y cortocircuitos de la instalación. El código de dicho interruptor será el C60N 24337, de 2 polos, con una tensión de trabajo de hasta 400 V, y con una intensidad nominal de 16 A. En la figura 66 se muestra el interruptor termo magnético C60N 24337. Además los dos interruptores se muestra en los anexos 39 y 40 en donde se muestran sus características de cada dispositivo .



Figura 66: Interruptor C60N 24337

Fuente: Schneider Electric

- **Guarda motor.**

Utilizar un guarda motor también es sumamente importante ya que está especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos; cada vez que se utiliza motores es imprescindible el uso de guarda motores para brindar a los motores seguridad; puesto que proporcionan una curva de disparo o corriente de disparo que los hace más robustos frente a las altas intensidades transitorias típicas de los arranques de los motores.

Con respecto al guarda motor a utilizar, se eligió el de la serie GV2-ME y el código de GV2-ME07, para los motores de 1 HP equivalente de 0,75 kW y una corriente de disparo de 33,5 A. Para el caso del motor de 5 HP equivalente a 3,72 kW, también se eligió el de la serie GV2-ME y el código de GV2-ME14 y una corriente de disparo 138 A.

Los dos tipos de guarda motores que se han escogido se muestran a continuación en las figuras 67 y 68. En los anexos 41 y 42 se muestran las tablas con la descripción de cada uno de los guardamotors respectivamente.



Figura 67: Guarda motor serie GV2-ME07
Fuente: Schneider Electric



Figura 68: Guarda motor serie GV2-ME14
Fuente: Schneider Electric

- **Fuente de alimentación conmutada**

En el sistema se necesitará de una fuente de alimentación conmutada ya que el sistema cuenta con sensores y otros automatismos conectados al PLC trabajan a 24 V; por lo tanto se necesitará de un Phaseo ya que llevará los 220 V alterna dad por la conexión entre la línea neutra a una de las fases a 24 V continuo. Se eligió un Phaseo cuyo código es el ABL 8REM24050, con una tensión de salida de 24 VDC una corriente de salida de 5A. En la figura 69 se muestra la fuente de alimentación conmutada elegida.



Figura 69: Fuente de alimentación conmutada ABL 8REM24050

Fuente: Schneider Electric

Sistema de control y de funcionamiento

Un sistema de control está basado en los objetivos que se persiguen al tratar de controlar un sistema, para que opere bajo parámetros definidos previamente. Se define como el conjunto de elementos que funcionan de manera ordenada para proporcionar una salida o respuesta deseada. Por lo tanto en esta sección se detallará y explicará el sistema de control del sistema automatizado; identificando en primer lugar que es un PLC ya que es la base fundamental para que un sistema automatizado siga un orden establecido de actividades. Posteriormente se describirá el proceso a automatizar para terminar explicando el principio de funcionamiento del sistema.

Programación del PLC

En la tabla 39 se muestran las entradas digitales con su conexión en PLC, en base al plano eléctrico presentado en la figura 63.

Tabla 38: Entradas digitales en el PLC

Entradas	
Pulsador de paro	I0.0
Pulsador de marcha	I0.1
Pulsador de emergencia	I0.2
Sensor óptico detector de parihuela de entrada	I0.3
Sensor óptico de parihuela en plataforma	I0.4
Sensor óptico detector de subida de parihuela	I0.5
Sensor óptico de rodillos del sistema ordenador	I0.6
Sensor óptico de cajas del sistema ordenador	I0.7
Sensor óptico de posición 1	I0.8
Sensor óptico de posición 2	I0.9
Sensor óptico de posición 3	I0.10
Sensor óptico de entrada al transportador de salida	I0.11
Sensor óptico de transportador de salida	I0.12

En la tabla 40 se muestran las salidas digitales con conexión en el PLC, en base al plano eléctrico mostrado en la figura 63.

Tabla 39: Salidas digitales en el PLC

Salidas	
Motor de sistema de elevación	Q0.0
Motor de transportador de entrada	Q0.1
Motor de rodillos de faja de plataforma	Q0.2
Motor de faja de cajas	Q0.3
Motor de rodillos de sistema ordenador	Q0.4
Motor de transportador de rodillos de salida	Q0.5
Motor de retorno de sistema de elevación	Q0.6
Pistón neumático	Q0.7

En la tabla 41 se muestra el diagrama de movimientos propuesto para el sistema automatizado de paletizado de cajas. En las figuras 70 y 71 se muestra una imagen del diseño identificando cada entrada y salida. Cabe resaltar que las entradas y salidas del PLC no se representan de manera decimal; ya que la lógica del PLC se representa con punto.

Diagrama de movimientos

Tabla 40: Diagrama de movimientos

Salidas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21=1
Motor de sistema de elevación.	Q0.0			I0.4	I0.5																	
Motor de transportador de rodillos de entrada.	Q0.1	I0.1		I0.4																		I0.1
Motor de rodillos de faja de plataforma.	Q0.2		I0.3																	2s		
Motor de faja de cajas.	Q0.3				I0.5		I0.7 (10s)	I0.8	I0.7 (10s)	I0.9	I0.7 (10s)	I0.10		I0.7 (10s)	I0.8	I0.7 (10s)	I0.9	I0.7 (10s)	I0.10			
Pistón neumático.	Q0.4						I0.7 (10s)	I0.8	I0.7 (10s)	I0.9	I0.7 (10s)	I0.10		I0.7 (10s)	I0.8	I0.7 (10s)	I0.9	I0.7 (10s)	I0.10			
Motor de rodillos de sistema ordenador.	Q0.5					I0.6	I0.7 (10s)	I0.8	I0.7 (10s)	I0.9	I0.7 (10s)	I0.10	I0.6	I0.7 (10s)	I0.8	I0.7 (10s)	I0.9	I0.7 (10s)	I0.10			
Motor de transportador de rodillos de salida.	Q0.6	I0.11	I0.12																		I0.11 (5s)	I0.11
Motor de retorno del sistema de elevación.	Q0.7											I0.10 (2s)									I0.10 (2s)	

X21

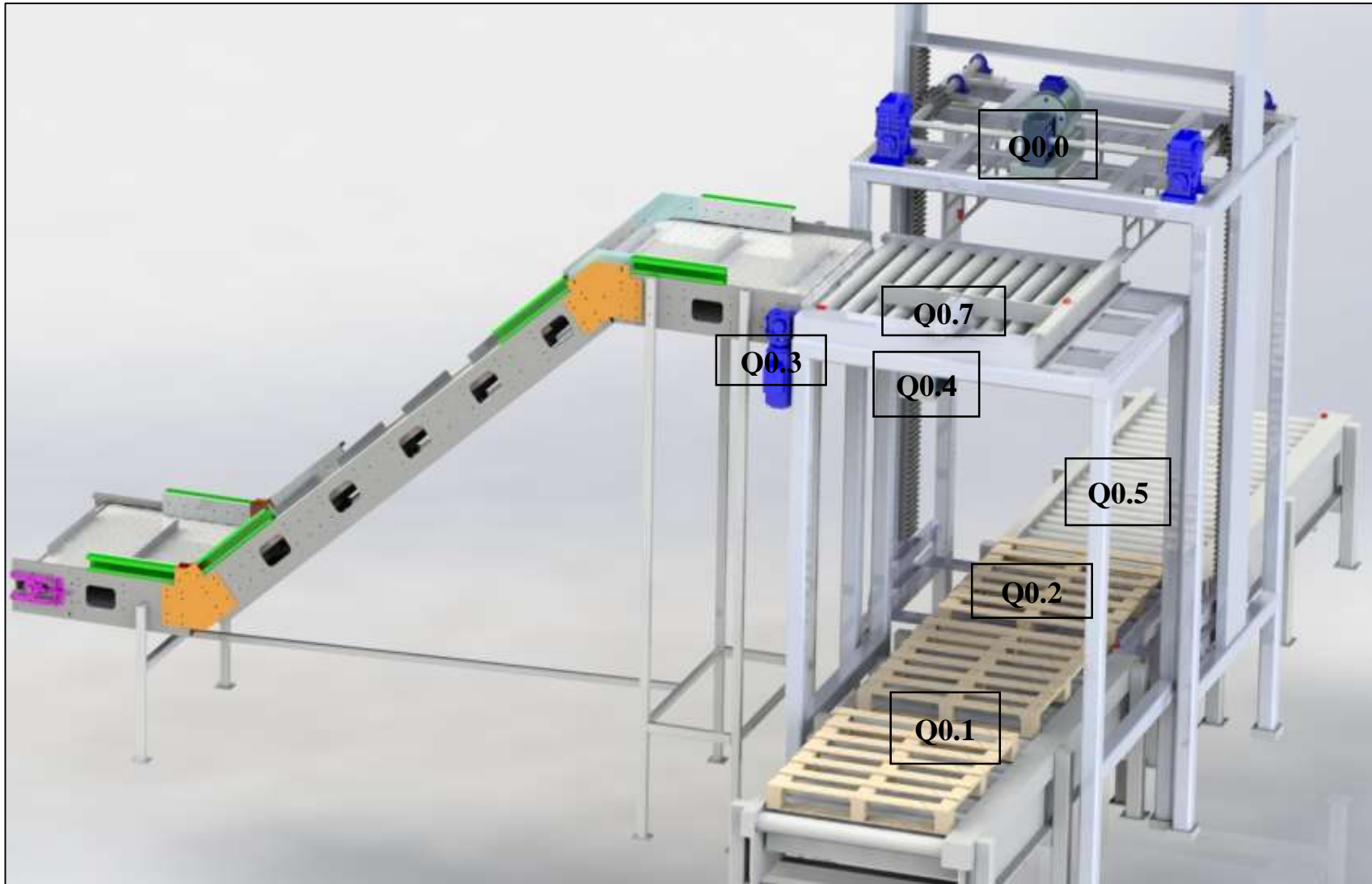


Figura 70: Salidas en el sistema de paletizado

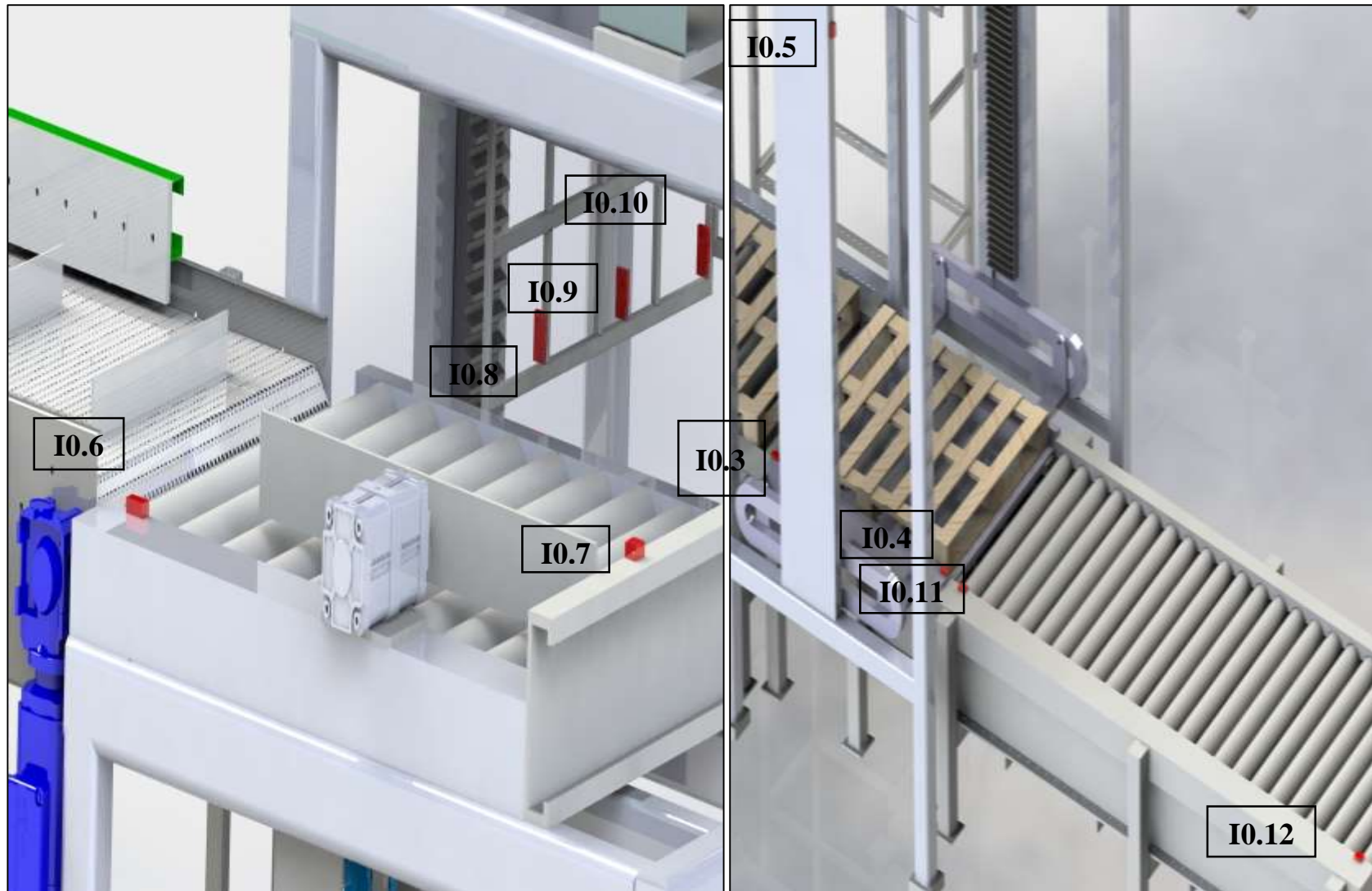


Figura 71: Entradas en el sistema de paletizado

Lógica en So Machine

Para la programación del PLC se utilizó el Software So Machine en su versión 4.1, que se muestra en la figura 72, el cual es fundamental ya que mediante este PLC de la serie Modicom 241 se podrá programar la lógica del sistema automatizado.

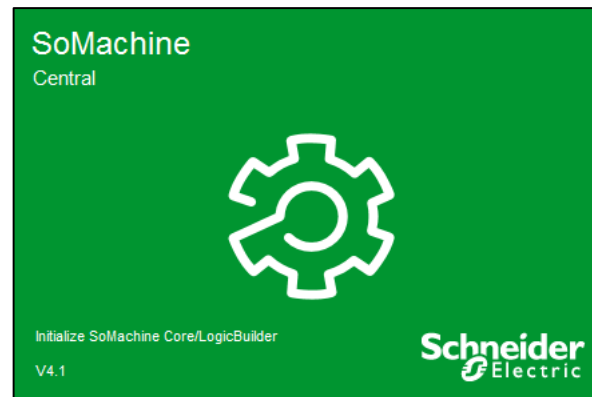
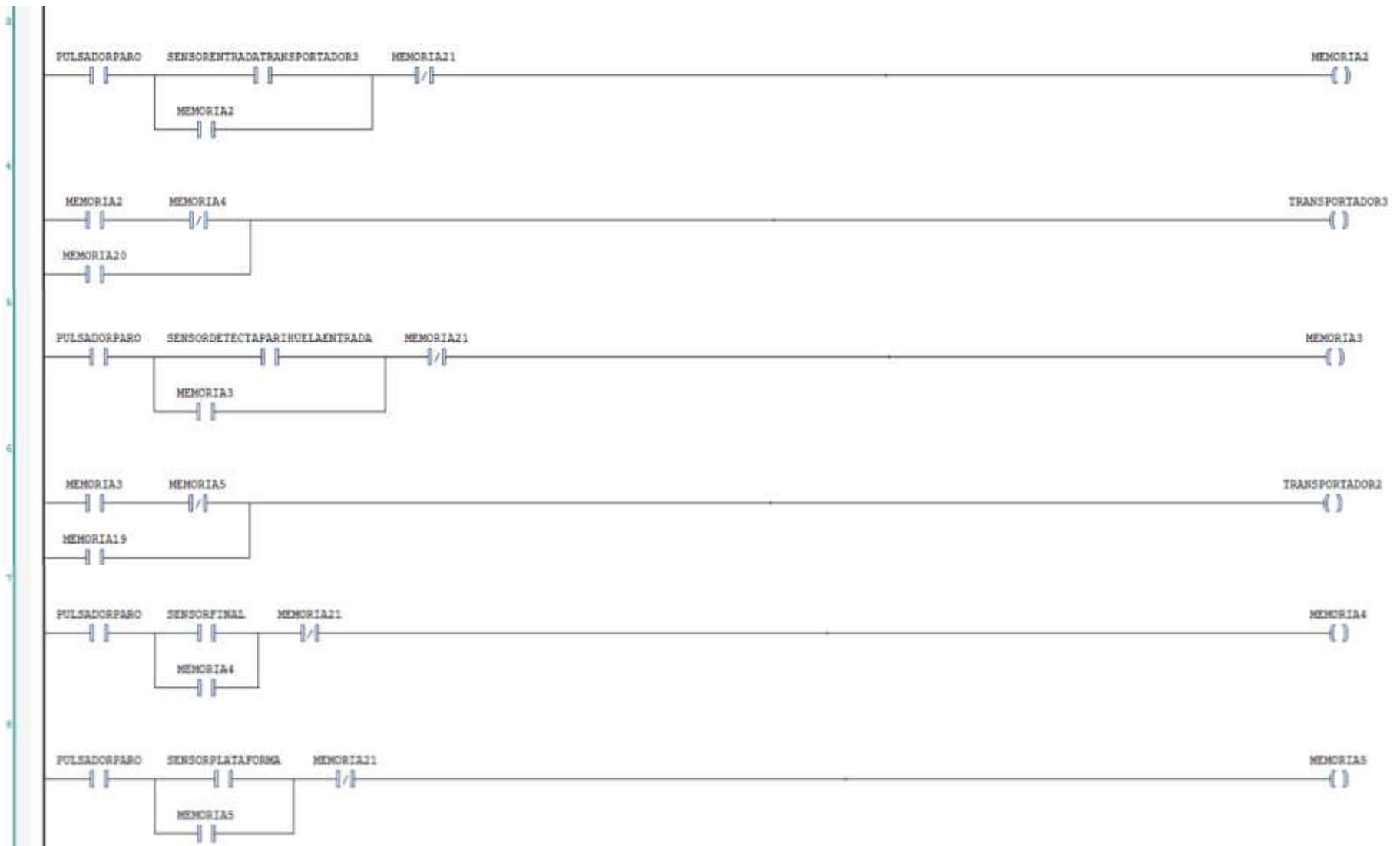


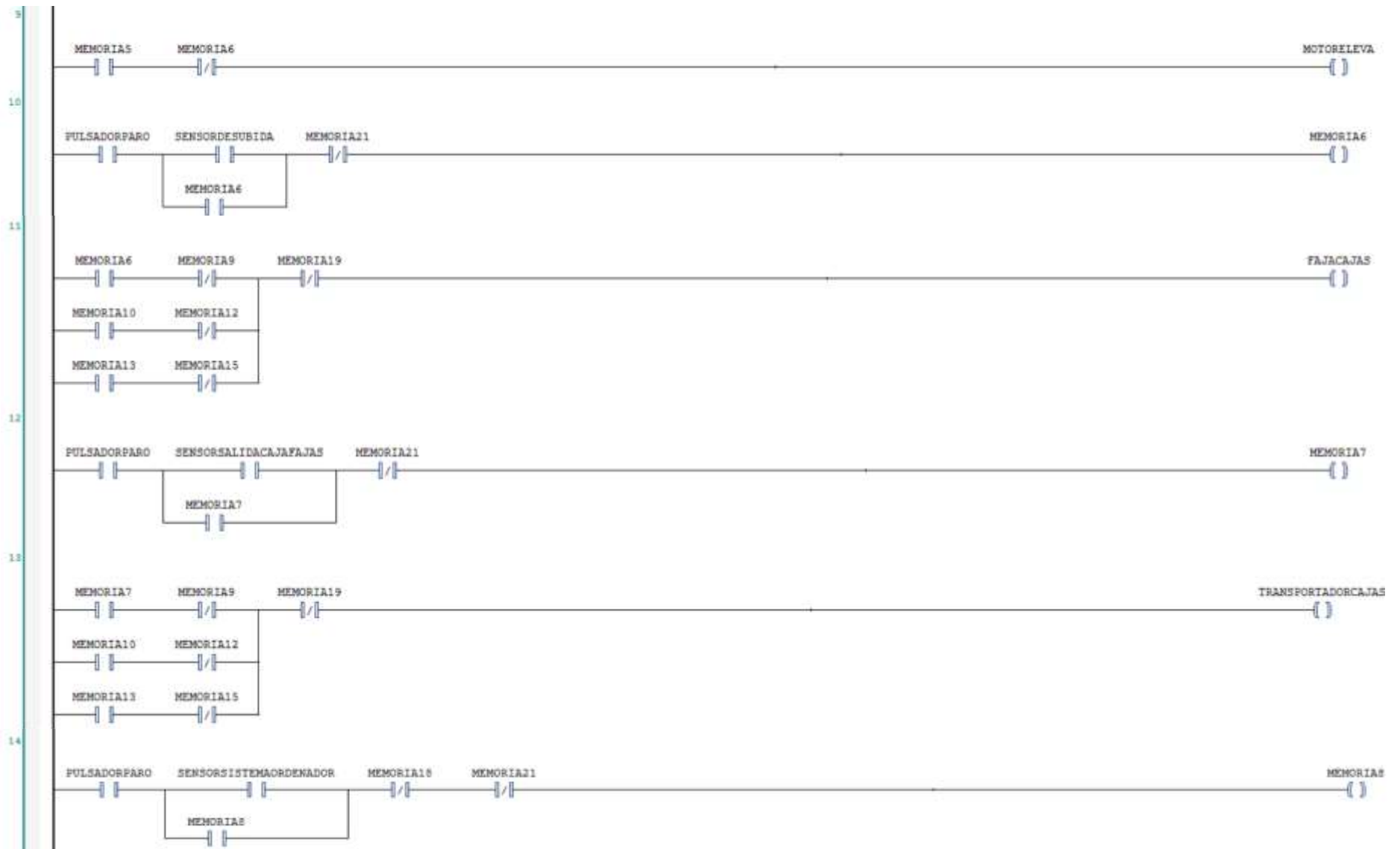
Figura 72: Software So Machine

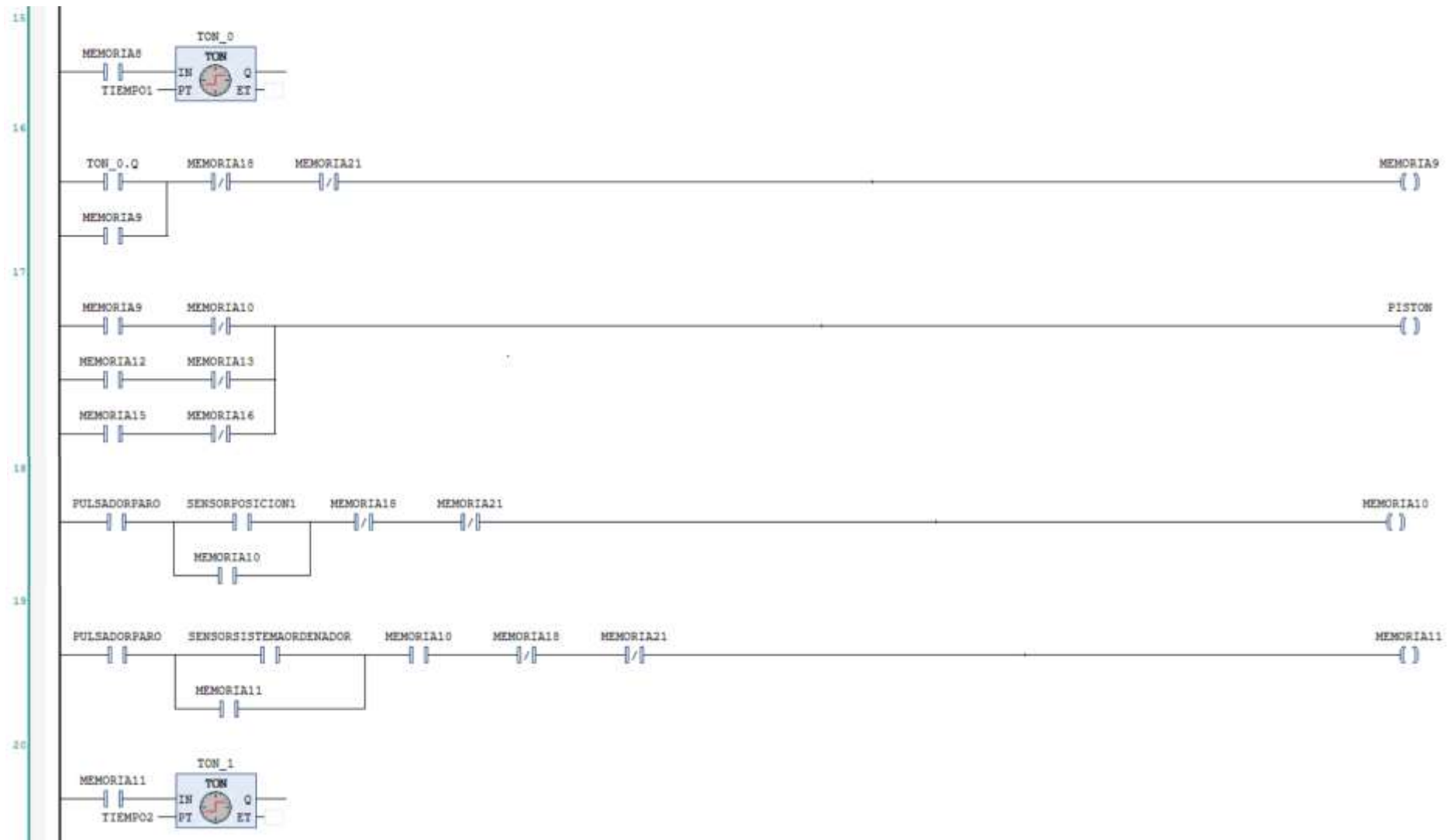
Fuente: Schneider Electric

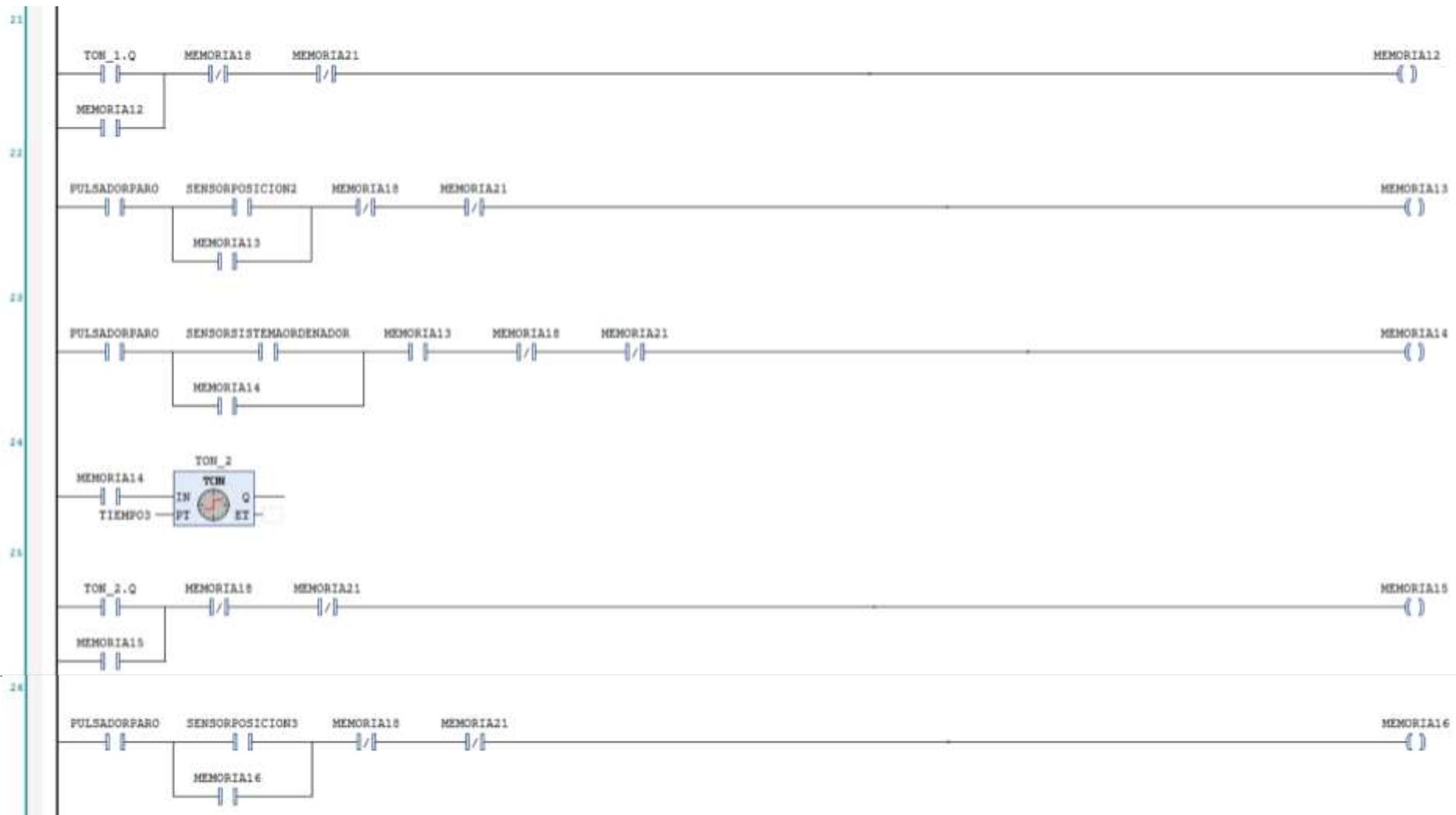
A continuación, se presenta la lógica presentada en la figura 73 se utilizó un lenguaje ladder para su programación.

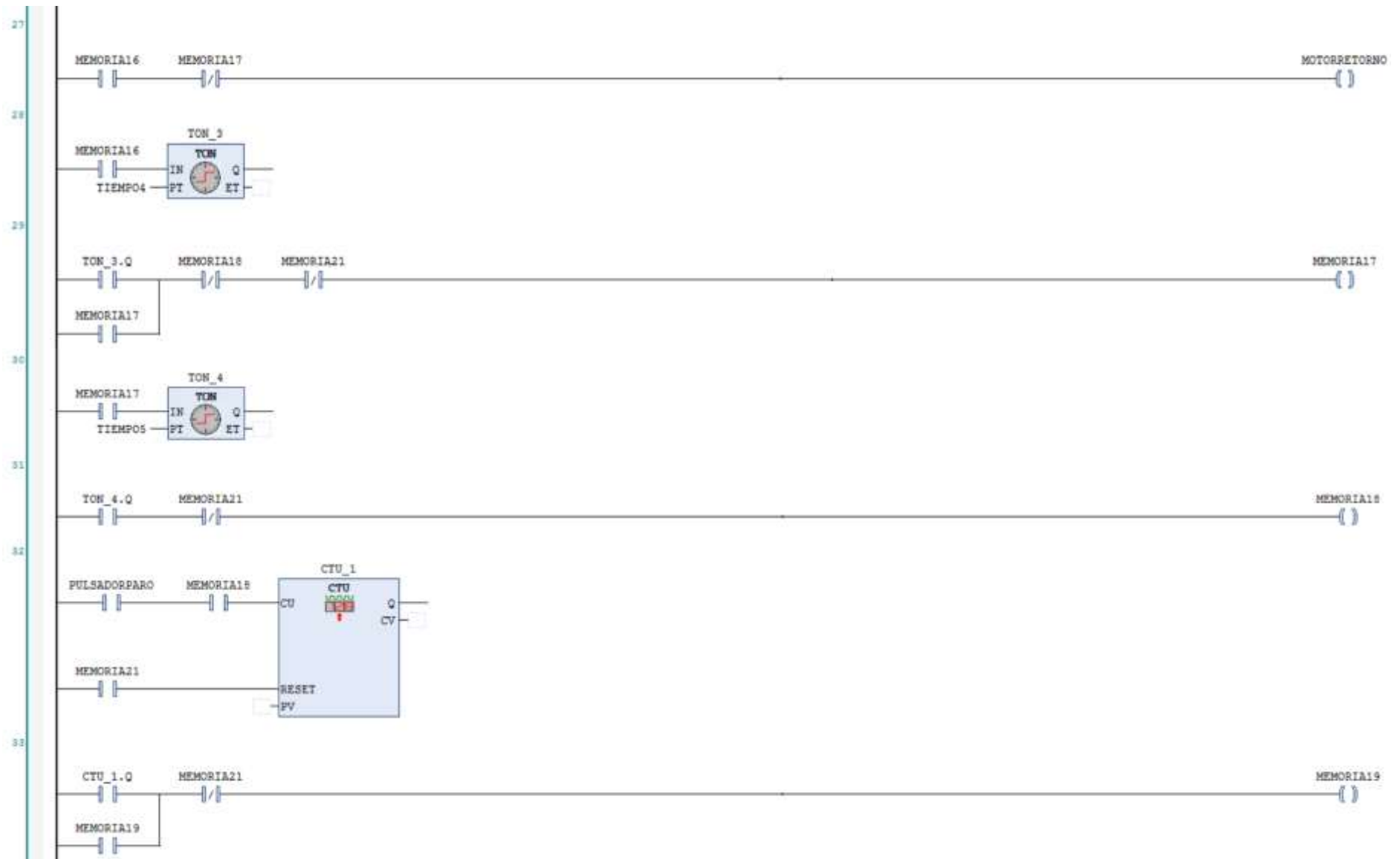












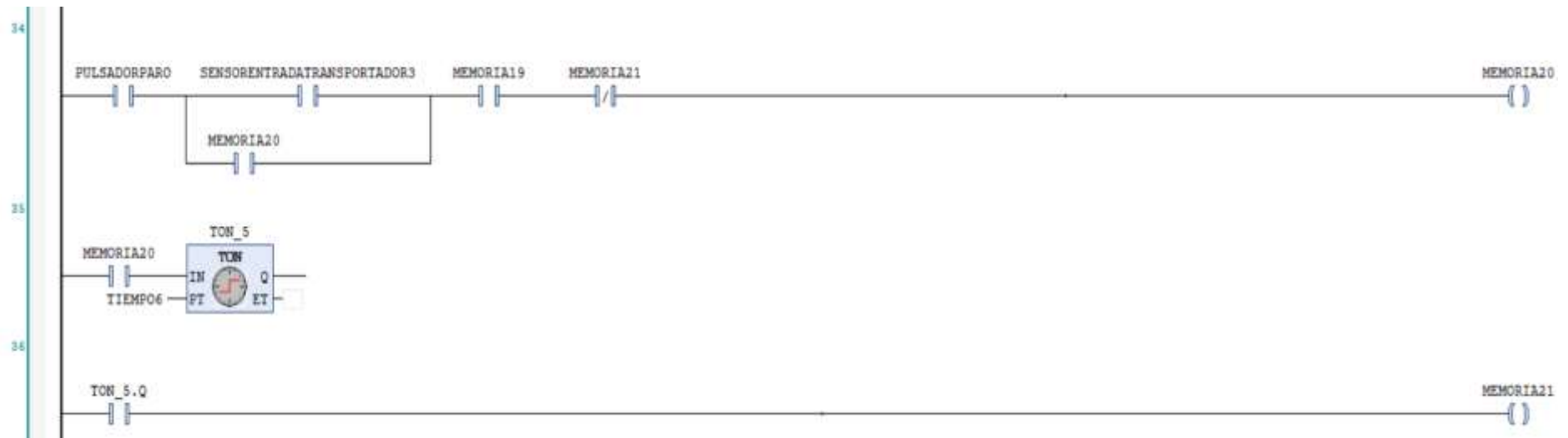


Figura 73: Programación del proceso automatizado de paletizado

Fuente: So Machine

A continuación se explicará el principio de funcionamiento o de control del sistema automatizado detallando en la explicación de cada movimiento del software So Machine.

Sistema de funcionamiento

Entradas:

- Pulsador de paro. I0.0
- Pulsador verde. I0.1
- Pulsador de emergencia. I0.2
- Sensor óptico detector de parihuela de entrada. I0.3
- Sensor óptico de parada de parihuela en plataforma I0.4
- Sensor óptico detector de subida de parihuela I0.5
- Sensor óptico de rodillos del sistema ordenador I0.6
- Sensor óptico de cajas del sistema ordenador I0.7
- Sensor óptico de posición 1 I0.8
- Sensor óptico de posición 2 I0.9
- Sensor óptico de posición 3 I0.10
- Sensor óptico entrada al transportador de salida. I0.11
- Sensor óptico de transportador de salida I0.12

Salidas:

- Motor de sistema de elevación. Q0.0
- Motor de transportador de rodillos de entrada. Q0.1
- Motor de rodillos de faja de plataforma Q0.2
- Motor de faja de cajas. Q0.3
- Pistón neumático. Q0.4
- Motor de rodillos de sistema ordenador. Q0.5
- Motor de transportador de rodillos de salida. Q0.6
- Motor de retorno del sistema de elevación Q0.7

El principio de funcionamiento será el siguiente:

El operario colocará la parihuela en el transportador de rodillos de entrada y presionará el pulsador verde (I0.1) de marcha para que de esta manera se active el motor del transportador (Q0.1), haciendo girar a los rodillos que llevará a la parihuela hacia la plataforma del sistema de elevación. Cuando la parihuela sea detectada por el sensor (I0.3) se activará el motor (Q0.2) que está acoplado a la plataforma del sistema de elevación ayudando así el pase de la parihuela del transportador de entrada a la plataforma.

Un sensor (I0.4) asegurará que la parihuela ha sido ubicada correctamente en la plataforma deteniendo los motores del transportador de rodillos de entrada (Q0.1) y del transportador de la plataforma (Q0.2). Automáticamente se iniciará el proceso de elevación dado por el sistema de piñón cremallera el cual es activado por el motor (Q0.0). Un sensor (I0.5) ubicado a una altura de 2m detectará a la plataforma ya ubicada en la parte superior y detendrá al motor (Q0.0).

El sensor (I0.5) activará al motor de la faja transportadora de cajas (Q0.3), haciendo girar a la faja transportadora que llevará las cajas hacia el transportador de rodillos del sistema ordenador. Cuando la caja sea detectada por el sensor (I0.6) se activará el motor del transportador de rodillos del sistema ordenador (Q0.5) facilitando el paso de

las cajas de la faja transportadora modular al transportador de rodillos (ubicado en la parte superior a una altura de 2 m).

Una vez que hayan pasado cuatro cajas al transportador de rodillos, el sensor (I0.7) detendrá al motor de la faja modular (Q0.3) y al motor del transportador de rodillos del sistema ordenador (Q0.5) y activará el pistón neumático (Q0.4) el cual se encargará de llevar las cajas hacia la parihuela del sistema de elevación. Cuando la fila de 4 cajas ha llegado al primer sensor (I0.8); (ubicado en el soporte del sistema de elevación) el pistón neumático (Q0.4) se detendrá y regresará a su ubicación inicial, además el sensor (I0.8) volverá a activar el motor de la faja modular de cajas (Q0.3) y el motor del transportador de rodillos (Q0.5).

Nuevamente una vez que se haya formado una fila de cuatro cajas el sensor (I0.7) detendrá al motor de la faja modular (Q0.3) y al motor del transportador de rodillos del sistema ordenador (Q0.5) y activará el pistón neumático (Q0.4) que impulsará las cajas hacia la parihuela ubicada en la base del sistema de elevación y al llegar al sensor (I0.9) el pistón neumático (Q0.4) se detendrá para regresar a su posición inicial esperando la siguiente fila de 4 cajas, de esta manera se volverá a repetir el mismo proceso de trabajo, es decir, se volverá a accionar la faja modular (Q0.3) y el transportador de rodillos (Q0.5).

Cuando se haya formado la última fila de cuatro cajas el sensor (I0.7) accionará el pistón (Q0.4); cuando las cajas hayan llegado al sensor (I0.10), el pistón neumático se detendrá y regresará a su posición inicial. El sensor (I0.10) apagará el motor (Q0.5) y el motor (Q0.3) y activará al motor de retorno del sistema de elevación (Q0.7) para este baje una distancia determinada; cabe resaltar que el sistema de elevación bajará cada vez que se forme una base de 12 cajas hasta formar 22 filas que es un pallet completo.

Una vez armada la base de cajas el sensor (I0.7) volverá a activar el motor de rodillos (Q0.5) Para que transporte las cajas y repetir el proceso de armado de una base de cajas. Cuando el sistema de elevación haya formado 22 filas (un pallet completo) ha llegado a su punto inicial de partida, el sensor (I0.11) apagará el motor (Q0.5) y activará el motor (Q0.2) y el motor (Q0.6) para que el pallet pueda salir y posteriormente sea llevado por un montacarga. El sensor (I0.11) también activará el motor (Q0.3) para que avance la siguiente parihuela; de esta manera el proceso de armado de un pallet se volverá a repetir o hacer cíclico. En base a la figura 73 se reconoce las siguientes variables presentadas en las siguientes tablas 42 y 43:

Tabla 41: Leyenda de variables de programación

Variable	Significado	Referencia
Emergencia	Pulsador de emergencia	I0.2
Pulsador Paro	Pulsador de paro	I0.0
Pulsador Inicio	Pulsador de marcha	I0.1
Memoria 1 al 21	Variables que indican bobinas auxiliares y sus contactos	Memorias auxiliares internas que contiene el PLC.
Transportador 1	Motor de faja transportadora de entrada	Q0.1
Transportador 2	Motor de faja de plataforma de elevación	Q0.2
Transportador 3	Motor de faja transportadora de salida	Q0.5
Motor eleva	Motor del sistema de elevación	Q0.0
Faja cajas	Motor de la faja modular de cajas	Q0.3
Transportador cajas	Motor del transportador de rodillos del sistema ordenador	Q0.4
Pistón	Pistón neumático de doble efecto	Q0.7
Motor retorno	Motor de retorno del sistema de elevación.	Q0.6
Sensor entrada transportador 3	Sensor óptico que capta la parihuela a la entrada de la última faja.	I0.12
Sensor detecta parihuela entrada	Sensor óptico que capta la parihuela a la entrada del proceso.	I0.3
Sensor Final	Sensor óptico que capta la parihuela a la salida del proceso.	I0.11
Sensor plataforma	Sensor óptico que capta la parihuela en la plataforma de sistema de elevación.	I0.4
Sensor subida	Sensor óptico que capta la parihuela a la altura de 2 metros y detiene el motor para que no avance más.	I0.5
Sensor salida caja faja	Sensor óptico que capta las cajas para activar el motor de rodillos del sistema ordenador.	I0.6

Tabla 42: Leyenda de variables de programación

Variable	Significado	Referencia
Sensor sistema ordenador	Sensor óptico que capta las 4 cajas para activar el pistón neumático.	I0.7
TON_0, TON_1, TON_2, TON_3, TON_4, TON_5	Temporizadores con retardo a la conexión.	Son temporizadores internos del PLC.
TON_0.Q, TON_1.Q, TON_2.Q, TON_3.Q, TON_4.Q, TON_5.Q	Contactos de los temporizadores.	Son contactos internos del PLC proveniente de los temporizadores.
Tiempo 1, Tiempo 2, Tiempo 3, Tiempo4, Tiempo 5	Variables que indican el tiempo que contabilizará el temporizador	Son temporizadores internos del PLC.
Sensor posición 1	Sensor óptico que capta las 4 cajas para hacer regresar el pistón neumático.	I0.8
Sensor posición 2	Sensor óptico que capta las 4 cajas para hacer regresar el pistón neumático	I0.9
Sensor posición 3	Sensor óptico que capta las 4 cajas para hacer regresar el pistón neumático.	I0.10

3.2.2. NUEVOS INDICADORES

Implementando el sistema automatizado propuesto, se eliminan aquellas causas que conllevan a la baja productividad del proceso de paletizado en la empresa JAYANCA FRUITS S.A.C. En la tabla 42 se presentan las actividades a desarrollar gracias al sistema automatizado, donde se eliminarán tiempo de espera y demora, mejorando la productividad de la etapa de paletizado. Estos datos que se muestran en la tabla 44 se obtuvieron en base a cálculos en el desarrollo de cada sistema, por ejemplo, determinado la velocidad, los rpm y la potencia que necesita una faja transportadora para realizar el trabajo de paletizado.

Tabla 43: Tiempo propuesto de actividades para el sistema automatizado

Número	Actividad	Tiempo propuesto(s)
1.	Colaborador coloca la parihuela en el transportador de entrada.	10
2.	Colaborador presiona el pulsador de marcha.	5
3.	Transportador de entrada lleva la parihuela hacia el transportador de plataforma.	25
4.	Parihuela sube por medio del sistema piñón cremallera hacia el sistema ordenador de cajas.	45
5.	Se activa la faja transportadora de cajas llevándolas hacia el sistema ordenador.	5
6.	Se apilan las cajas en filas de 4 en el sistema ordenador.	10
7.	Se activa el pistón neumático y empuja a las cajas hacia la parihuela.	5
8.	Se repite 2 veces las actividades 6 y 7.	15
9.	Se apaga la faja modular de cajas.	5
10.	La plataforma baja para que llegue otro grupo de 12 cajas.	2
11.	Se repite 21 veces las actividades 5, 6, 7, 8, 9 y 10.	882
12.	Se activa el transportador de plataforma.	5
13.	Se activa el transportador de salida y la parihuela se posiciona al final.	10
TIEMPO TOTAL (s)		1 009
TIEMPO TOTAL (min)		16

Gracias a la tabla donde se muestran las actividades del sistema automatizado se muestra que el nuevo tiempo ciclo del proceso es de 1 009 s equivalente a 16 min; este tiempo de ciclo será considerado el tiempo estándar para el proceso de paletizado con el sistema automatizado.

El tiempo productivo por el operario será de 15 s, y en el tiempo ocioso que se pueda generar también por parte del operario podrá ser utilizado para seguir alimentando

de parihuelas al sistema mediante la faja transportadora de entrada (debido a que cuenta con la capacidad de alimentar de 2 a 3 parihuelas a la vez) ya que la labor única del operario es abastecer de parihuelas al sistema de elevación e inspeccionar que el sistema funcione correctamente.

Para el cálculo de los nuevos indicadores se tuvo en cuenta la tabla 44, presentada anteriormente, los nuevos indicadores con la mejora implementada son:

En cuanto a la productividad de mano de obra se determinó las cajas que se producen al día considerando que una jornada de trabajo de 12 horas; se calculó en base al nuevo tiempo de producción de 16 min la producción anual, al día y en base a esta producción se calculó la nueva productividad de mano de obra. Los siguientes cálculos se muestran a continuación:

$$\text{Producción anual} = \frac{12 \text{ horas}}{\text{día}} \times \frac{25 \text{ días}}{\text{mes}} \times \frac{5 \text{ meses}}{\text{año}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}}$$

$$\text{Producción de cajas anual} = 90\,000 \text{ min/ año} \times 16 \text{ min/ pallet}$$

$$\text{Producción anual de parihuelas} = 5\,625 \text{ pallet/ año}$$

$$\text{Producción anual de cajas} = 1\,485\,000 \text{ cajas/ año}$$

En base a la producción anual de parihuelas y cajas se procedió a calcular la producción diaria de cajas y parihuelas.

$$\text{Producción diaria de parihuelas} = \frac{12 \text{ horas}}{\text{día}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} / 16 \text{ min}$$

$$\text{Producción diaria de parihuelas} = 45 \text{ parihuelas/ día}$$

$$\text{Producción diaria de cajas} = \frac{45 \text{ parihuelas}}{\text{día}} \times \frac{264 \text{ cajas}}{1 \text{ parihuela}}$$

$$\text{Producción diaria de cajas} = 11\,880 \text{ cajas/ día}$$

Por lo tanto la producción diaria de cajas será de 11 880 cajas/ día y la producción diaria de parihuelas será de 45 parihuelas/ día. Como ya se sabe cuál es la producción diaria se procedió a calcular la nueva productividad de mano de obra la cual viene dada por la siguiente fórmula mostrada a continuación:

$$P_{MO} = \frac{11\,880}{12 \text{ horas} \times 1 \text{ operarios}} = 990 \frac{\text{cajas}}{\text{hora hombre}}$$

$$P_{MO} = \frac{\text{Unidades fabricadas}}{\text{Tiempo de fabricación} \times \text{n}^\circ \text{ empleados}}$$

$$P_{MO} = \frac{1 \text{ Pallet}}{16 \text{ min} \times 1 \text{ operario}} = 0,0625 \frac{\text{unidades}}{\text{minuto hombre}}$$

Por lo tanto la nueva productividad de mano de obra será de 990 cajas/ hora hombre mejorando de esta manera notablemente la productividad del proceso de paletizado en la empresa de JAYANCA FRUITS S.A.C. Posteriormente también se calculó cuanto será la productividad de mano de obra por hora en cuanto a la producción de pallets; el cual será de 4 pallets/ hora hombre, como se muestra a continuación:

$$P_{MO} = \frac{0,0625 \text{ unidades}}{\text{minuto hombre}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{hora}} \times \frac{12 \text{ horas}}{1 \text{ día}}$$

$$P_{MO} = \frac{4 \text{ pallets}}{\text{hora hombre}}$$

Con el nuevo sistema automatizado se podrá reducir el tiempo de producción de un pallet por lo tanto si se podrá cumplir con la producción programada; de esta manera la producción de producción programada será un 100%.

En cuanto al monto de actividades improductivas, el cual estuvo representado anteriormente en el escenario actual de la empresa con un valor monetario por hora de S/.3, 71/hora x mes y un total de S/. 358, 57; este costo ya no existirá ya que no habrá actividades que generen tiempos de transporte, espera o demora que era causado por el operario, pues ahora el proceso será automatizado. Además hay un costo que ya no existirá, que es el de horas extras con un valor de S/.10 000; pues ya no será necesario contratar a más personal ni pagarle horas extras porque se llegará a producir sin ningún problema la producción que se programe diariamente.

En cuanto a las producto no atendido e ineficiente método de trabajo; la eficiencia económica vendría a ser igual ya los costos por hacer una caja que la empresa brindó fueron generales, pero de hecho disminuirían los costos por mano de obra. En cuanto a la eficiencia física vendría dada por la siguiente fórmula.

$$\text{Eficiencia física} = \frac{\text{Salida útil de MP}}{\text{Entrada de MP}}$$

$$\text{Eficiencia física} = \frac{2\,408\,935,49 \text{ kg}}{2\,408\,935,49 \text{ kg}} \times 100\% = 100\%$$

Como se determinó anteriormente la nueva eficiencia física es del 100% ya que no habrá presencia de producto no atendido porque se cubrirá la demanda solicitada por los clientes. Entra la misma cantidad y saldrá la misma; es por eso que está representada con un 100%. Y finalmente en cuanto a la productividad de materiales será prácticamente lo mismo que la eficiencia física, a diferencia que no se expresa como porcentaje, ya que la cantidad en kg de palta que entre será aprovechada al 100% y saldrá lo mismo, este resultado es igual a 1 lo que significa que llega a producirse todos los kilogramos que entran.

En la tabla 45 que se presenta a continuación se muestra un cuadro resumen de los nuevos indicadores los cuales fueron explicados anteriormente y en el cual se muestran también sus valores finales con la mejora implementada.

Tabla 44: Nuevos indicadores con mejora del sistema automatizado

Causas	Fórmula	Resultado	Indicador con mejora
C1: Fatiga del operario durante la etapa de paletizado.	$P_{MO} = \frac{\text{Unidades fabricadas}}{\text{Tiempo de fabricación} \times \text{n}^\circ \text{ empleados}}$	$= \frac{990 \text{ cajas}}{\text{día hombre}}$	$\frac{990 \text{ cajas}}{\text{día hombre}}$
	Porcentaje de producción programada $= \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción programada}}$	$= 100\%$	100%
C2: Monto de actividades improductivas.	$= \frac{\text{Valor mensualidad por operario}}{\text{Número de horas jornada de trabajo}}$	$\frac{S/.3,71}{\text{hora} * \text{mes}}$	Ya no habrá costo de actividades improductivas
C3: Pérdidas económicas por producto no atendido	$= \frac{\text{Eficiencia económica} \text{ Ventas (ingresos)}}{\text{Costos (inversiones)}}$	$= \frac{12,96}{7,562}$	1,714
	$= \frac{\text{Eficiencia física} \text{ Salida útil de MP}}{\text{Entrada de MP}}$	$= \frac{2\ 408\ 935,49 \text{ kg}}{2\ 408\ 935,49 \text{ kg}}$	100%
	$= \frac{\text{Productividad de materiales} \text{ Producción}}{\text{Insumos}}$	$= \frac{2\ 048\ 935,49}{2\ 048\ 935,49}$	1

Finalmente en la tabla 46 se muestra una comparación entre los indicadores con la situación actual de la empresa versus los indicadores calculados con la implementación de la mejora, y se puede observar claramente que los indicadores mejoran favoreciendo la productividad de la etapa de paletizado.

Tabla 45: Cuadro comparativo indicadores antes de propuesta y después de propuesta.

Causa	Indicador actual	Indicador con mejora
C1: Fatiga del operario durante la etapa de paletizado.	$P_{MO} = \frac{22 \text{ cajas}}{\text{hora hombre}}$ Producción= 385 pallets/temporada Cantidad de operarios= 16 operarios $\text{Porcentaje de producción programada} = 86,16\%$	$P_{MO} = \frac{990 \text{ cajas}}{\text{hora hombre}}$ Producción= 1125 pallets/temporada Cantidad de operarios= 1 operario $\text{Porcentaje de producción programada} = 100\%$ $\Delta \% \text{ Productividad Mat} = \frac{((\text{Productividad 2} - \text{Productividad 1}) / \text{Productividad 1}) * 100}{}$ $\Delta \% \text{ Productividad} = 185\%$
C2: Monto de actividades improductivas.	$\text{Valor Hora} = 3,71$ Requerimiento de horas extras = S/.10 000 Monto de actividades improductivas= 358,57	Ya no habrá costo de actividades improductivas, ni tampoco el costo por requerimiento de horas extras, ya no será necesario requerir de más horas para llegar a cumplir con la demanda del cliente.
C3: Pérdidas económicas por producto no atendido	$\frac{\text{Eficiencia económica}}{\text{Ventas (ingresos)}} = \frac{\text{Costos (inversiones)}}{1,428}$ $\frac{\text{Eficiencia física}}{\text{Salida útil de MP}} = 88,84\%$ $\frac{\text{Entrada de MP}}{\text{Productividad de materiales}} = 0,22$	$\frac{\text{Eficiencia económica}}{\text{Ventas (ingresos)}} = 1,714$ $\frac{\text{Eficiencia física}}{\text{Salida útil de MP}} = 100\%$ $\frac{\text{Entrada de MP}}{\text{Productividad de materiales}} = 1$

3.4 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

En esta sección se mostrarán una lista de costos de cada uno de los materiales y dispositivos para poder determinar y posteriormente analizar si el proyecto va a ser rentable o conveniente. Para los materiales metalmecánicos que se utilizaron en la implementación del sistema fueron cotizados en la empresa Delcor Fabricaciones S.A.C., al igual que los procesos de manufactura y proceso de ensamble. Finalmente para los dispositivos eléctricos y de control se consultó precios en Siel Electric. En la siguiente tabla 47 se muestra los costos de cada uno de los materiales utilizados para la elaboración del sistema.

Tabla 46: Costo de materiales y dispositivos del sistema propuesto

ítem	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total (Soles)
1	Tubo rectangular Acero Inox. A-544 C-304 2"x4"x2mm Hair Line.	10	45,06	450,6
2	Tubo rectangular Acero Inox. A-554 C-304 40mmx80mmx1.5mm Hair Line.	10	25,57	255,7
3	Tubo cuadrado Acero Inox. A-554 C-304 4"x4"x2mm Hair Line.	8	63,02	504,16
4	Tubo cuadrado Acero Inox. A-554 C-304 2"x2"x2mm Hair Line.	12	28,15	337,8
5	Tubo cuadrado Acero Inox. A-554 C-304 2"x2"x1.5mm Hair Line.	12	24,48	293,76
6	Tubo cuadrado Acero Inox. A-554 C-304 1 1/2"x1 1/2" x 1,5mm Hair Line.	12	15,41	184,92
7	Plancha Acero Inox. A 240 C-304 L 1,5mm x 1220 x 2440 2B-PVC.	5	220,107	1100,535
8	Plancha Acero Inox. A-240 C-304 L 1,5 mm x1500 x 3000 2B- PVC.	3	500	1500
9	Plancha Acero Inox. A-240 C-340 2 mm x1220x 2440 2B-PVC.	2	461,57	923,14
10	Plancha Acero Inox. A-240 C-304 2mm x1500 x3000 2B-PVC	3	538,52	1615,56
11	Plancha Acero Inox. A-240 C-340 2,5 mm x 1220mm x2440mm 2B-PVC.	5	514,73	2573,65
12	Plancha Acero Inox. A-240 C-304 L 2.5mm x 1500 mm x 3000 mm 2B-PVC.	3	823,17	2469,51
13	Plancha Acero Inox. A-240 C-304 L 3mm x 1220 mm x 2440 mm 2B-PVC.	5	631,64	3158,2
14	Plancha Acero Inox. A-240 C-304 L 3mm x 1500 mm x 3000 mm 2B-PVC.	3	1173,32	3519,96
15	Plancha Acero Inox. A-240 C-304 L 4mm x 1220 mm x 2440 mm 2B-PVC.	2	846,22	1692,44
16	Plancha Acero Inox. A-240 C-304 L 6mm x 1220 mm x 2440 mm 2B-PVC.	1	1465,33	1465,33
17	Plancha Acero Inox. A-240 C-304 L 1/2"mm x 1220 mm x 2440 mm 2B-PVC.	1	2107,66	2107,66
18	Platina Acero Inox. A-276 C-304 L 1/4"x2"	6	21,56	129,36
19	Platina Acero Inox. A-276 C-304 L 1/4"x1"	10	15,14	151,4

20	Platina Acero Inox. A-276 C-304 L 1/8"x2"	8	17	136
21	Platina Acero Inox. A-276 C-304 L 1/2"x4"	6	100,69	604,14
22	Ángulo Acero Inox. A-276 C-304 L 1/4"x 2"x2"	10	52,36	523,6
23	Barra redonda Acero Inox. A-276 C-304 L 6" (152,4 mm).	6	1757,14	10542,84
24	Barra redonda Acero Inox. A-276 C-304 L 2" (50,8 mm).	6	154,44	926,64
25	Barra redonda Acero Inox. A-276 C-304 L 3/4" (19,05 mm).	6	24,52	147,12
26	Barra redonda Acero Inox. A-276 C-304 L 1 1/2" (38,1 mm).	6	136,77	820,62
27	Tubería con costura Acero Inox. A-312 C- 304 L (DN) 2" SCH 40	4	62,46	249,84
28	Tubería con costura Acero Inox. A-312 C- 304 L (DN) 1 1/2" SCH 40	8	46,42	371,36
29	Piñón Inox. ASA 50 (5/8") de Z=15	2	86	172
30	Cadena ASA 50 en Acero Inox.	2	180	360
31	Piñón Inoxidable Inox. ASA 50 (5/8) de Z=12	24	115	2760
32	Pernos hexagonal M8x1,25x45mm	24	1,33	31,92
33	Pernos hexagonal M10x1,25x45mm	24	1,7	40,8
34	Pernos hexagonal M12x1,25x45mm	24	2	48
35	Varillas roscadas 1" x 1metro Acero Inox 304	2	74,491	148,982
36	Varillas roscadas 1" x 1metro Acero Inox 304	2	26,0311	52,0622
37	Chumacera Pie Termoplástica. Inox. 15mm	24	74,75	1794
38	Chumacera Pie Inox. 50mm	4	225	900
39	Chumacera Pie Inox. 30mm	4	97,75	391
40	Chumacera Tensora Inox. 30mm	4	109,25	437
41	Rodamiento 6302 Inox.	12	52	624
42	Banda Modular Flush Grid Serie 800 con paletas 2" identificación 50. Largo 3M y 500 mm de ancho.	1	1200,2	1200,2
43	Sprocket Z 10 Serie 800 HCO Cuadrado 1 1/2"	12	78,24	938,88
44	Compresor 2 HP 8 bar	1	400	400
45	Electroválvula	1	271,5	271,5
46	Válvula de estrangulación y anti retorno	2	30	60
47	Actuador neumático de diámetro de émbolo de 32 mm, diámetro de vástago de 12 m, carrera de 1500 mm y de doble efecto.	1	400	400
48	Sensor óptico Schneider Electric XUM-0APSAL2	10	408	4080
49	Pulsador de paro XB7EV04	1	16,5	16,5
50	Pulsador de paro XB7EV03	1	16,5	16,5
51	Pulsador de emergencia XB7NT842	1	46	46
52	Variador de frecuencia Altivar ATV 312H075N4	1	1	1
53	Variador de frecuencia Altivar ATV 312HU40N4	1	1721,5	1721,5

54	Interruptor C60N 24350 de 3 polos	1	151	151
55	Interruptor C60N 24337 de 2 polos	1	45,7	45,7
56	Guarda motor serie GV2-ME07	1	233	233
57	Guarda motor serie GV2-ME14	1	257	257
58	Fuente de alimentación conmutada ABL 8REM24050	1	586	586
59	Controlador lógico TM241CE24R	1	1700	1700
60	Tablero 800x600x200mm	1	290	290
61	Motor reductor de 1HP de potencia 220- 380 V, 60 Hz Velocidad 17 rpm	5	1700	8500
62	Motor reductor de 5 HP de potencia tirfásico 220-380 V, 60 Hz Velocidad 22 rpm	1	2000	2000
63	Reductor piñones eje 50 mm.	2	4000	8000
64	Cable GPT 18 AWG (metro)	10	0,46	4,6
Total				77 434, 9

Elaboración propia

Los precios incluyen IGV

Anteriormente en el análisis e identificación de causas de la situación actual de la empresa, se determinó que la empresa tiene un impacto económico negativo, ahora el beneficio es el monto que la empresa tiene como impacto económico representado por un valor de S/. 385 765,23 anual; gracias a la implementación del sistema este impacto se vuelve positivo ya que la empresa ya no invertirá en el pago de horas extras ni en mano de obra improductiva. En la tabla 48 se muestra el beneficio costo de la propuesta.

Tabla 47: Beneficio costo del proyecto

Beneficio	Total Anual (Soles)
Fatiga del operario durante la etapa de paletizado	283 065,4
Requerimiento de horas extras y monto de actividades improductivas	10 358,57
Pérdidas económicas por producto no atendido	92 341, 26
Total	385 765,23

A continuación, se muestra el flujo de caja en la tabla 49, donde se muestran también los beneficios y los costos de la empresa durante un periodo proyectado de cinco años. Para esto también se consideró una depreciación representada por un 5%; además, de un costo cotizado en cuanto a mano de obra, mantenimiento preventivo y finalmente la capacitación del personal, estos costos y el análisis costo beneficio se muestran en la tabla 50

Tabla 48: Flujo de caja de la propuesta de mejora

BENEFICIOS	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorro por fatiga del operario durante la etapa de paletizado		S/. 283 065,40	S/. 283 066,40	S/. 283 067,40	S/. 283 068,40	S/. 283 069,40
Ahorro por monto de actividades improductivas		S/. 10 358,57	S/. 10 358,57	S/. 10 358,57	S/. 10 358,57	S/. 10 358,57
Ahorro por producto no atendido		S/. 92 341,26	S/. 92 341,26	S/. 92 341,26	S/. 92 341,26	S/. 92 341,26
Total Beneficios	S/. 0,00	S/. 385 765,23	S/. 385 766,23	S/. 385 767,23	S/. 385 768,23	S/. 385 769,23
COSTOS						
Capacitación al personal	S/. 2 000,00	S/. 2 000,00	S/. 2 000,00	S/. 2 000,00	S/. 2 000,00	S/. 2 000,00
Materiales	S/. 77 434,99					
Cotización de mano de obra e instalación	S/. 25 000,00					
Mantenimiento preventivo (5%)	S/. 17 500,00	S/. 17 500,00	S/. 17 500,00	S/. 17 500,00	S/. 17 500,00	S/. 17 500,00
Imprevistos (5%)	S/. 6 096,75	S/. 975,00	S/. 975,00	S/. 975,00	S/. 975,00	S/. 975,00
Total Costos	S/. 128 031,74	S/. 20 475,00	S/. 20 475,00	S/. 20 475,00	S/. 20 475,00	S/. 20 475,00
UTILIDAD BRUTA	-S/. 128 031,74	S/. 365 290,23	S/. 365 291,23	S/. 365 292,23	S/. 365 293,23	S/. 365 294,23
Depreciación 5%		-S/. 18 264,51	-S/. 18 264,56	-S/. 18 264,61	-S/. 18 264,66	-S/. 18 264,71
Utilidad a Impuestos		S/. 347 025,72	S/. 347 026,67	S/. 347 027,62	S/. 347 028,57	S/. 347 029,52
Impuestos		S/. 104 107,72	S/. 104 108,00	S/. 104 108,29	S/. 104 108,57	S/. 104 108,86
		S/. 18 264,51	S/. 18 264,56	S/. 18 264,61	S/. 18 264,66	S/. 18 264,71
UTILIDAD NETA	-S/. 128 031,74	S/. 261 182,52	S/. 261 183,23	S/. 261 183,95	S/. 261 184,66	S/. 261 185,38

VNA	S/. 941 509,09
TIR	203%
BENEFICIO/COSTO	8,269217847
TASA REFERENCIAL	12,00%

En base a la tabla 49 presentada anteriormente donde se muestra el flujo de caja de la propuesta de mejora y el análisis costo/ beneficio se obtiene como resultado que por cada sol invertido se obtiene 8,269; en cuanto a la tasa interna de retorno se tiene un 203%, que comparada al 12% de la tasa referencial es muchísimo mayor, por lo tanto esto representa que la propuesta de implementar un sistema automatizado para el proceso de paletizado es rentable. El valor neto actual es de S/. 941 509,09, este valor representa las utilidades en el valor actual de los cinco años proyectados en al año cero.

Además de estos datos que nos muestra el flujo de caja de la propuesta de mejora, también es de vital importancia saber en cuanto tiempo se a recuperar la inversión que se emplea para implementar la mejora del sistema automatizado. Por lo tanto en la siguiente tabla 50 se muestra el periodo o tiempo de recuperación.

Tabla 49: Periodo de recuperación

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos (S/.)		459 254,52	459 255,95	459 257,38	459 258,81	459 260,24
Inversión (S/.)	230 555,06					
Saldo (S/.)		228 699,46	687 955,42	1 147 212,80	1 606 471,62	2 065 731,86

Para poder determinar el periodo de recuperación se multiplicó el monto inicial de la inversión cuyo valor es de S/. 230 555,46 por doce meses y se dividió entre el ingreso o beneficio del primer año, dando como resultado que el periodo de recuperación es de 6, 024 meses que pasándolo a días da un valor de 183,23 días aproximadamente y en este lapso de tiempo se habrá podido recuperar la inversión.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Se analizó detalladamente el proceso de paletizado en la empresa JAYANCA FRUITS S.A.C., gracias a este análisis se logró identificar tres causas que afectan a la productividad de la empresa provocando un déficit en esta; dichas causas son las siguientes: fatiga del operario representada por una carga física de 4193 kcal/jornada, que demuestra que el paletizado manual es un trabajo muy pesado, y con una productividad de 21,19 cajas/ hora hombre; requerimiento de horas extras que está representado con un valor hora de 3,71 soles y que genera un gasto monetario de 10 358,57 al requerir de horas extras; y pérdidas económicas por producto no atendido representado con un impacto económico de 92 341,262 soles.
- Se propuso un sistema automatizado para mejorar la productividad del proceso de paletizado, el cual está compuesto por cuatro subsistemas, los cuales son: fajas transportadoras de parihuelas, sistema de elevación, faja modular de cajas y finalmente el sistema ordenador de cajas. En el desarrollo de cada uno se sustentó con cálculos de ingeniería porque se eligió los componentes y dispositivos que conforman un subsistema. Además; se hizo uso de varios software para el desarrollo; uno de ellos fue el software Solidworks, donde se plasmó el diseño completo, otro software muy importante fue el So Machine mediante el cual se mostraron los planos esquemáticos eléctrico y neumático del sistema, además de la programación y lógica del PLC. Gracias al sistema automatizado, se logró que durante el proceso de paletizado se cuente con una eficiencia física del 100%, a comparación del proceso que se desarrolla manualmente representada con 88,84%. Finalmente la productividad de mano de obra aumentó en un 183% comparado al proceso manual.
- Con la aplicación del sistema automatizado se logra eliminar las causas que conllevan a una baja productividad del proceso de paletizado, con el cual se obtiene un beneficio anual de 385 765,23 soles para la empresa. En cuanto al análisis del costo beneficio se determinó que por cada sol invertido se obtiene 8,269 soles. Finalmente, se obtuvo una tasa interna de retorno de 203 % y un valor neto actual de S/. 941 509,09 de soles a un plazo de 5 años; además se tiene un periodo de recuperación de 6,024 meses, de esta manera se demuestra que es un proyecto muy viable y rentable para la empresa JAYANCA FRUITS S.A.C.

4.2. RECOMENDACIONES

- Del presente proyecto pueden surgir mejoras que pueden ser tema de estudio para otros temas de investigación, como por ejemplo su modificación para etiquetar las cajas de manera automática; así como también para que pueda enzunchar y empaquetar todo el pallet armado. De esta manera, el sistema automatizado también sería válido para otros procesos no solo para el de paletizado.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adolfo Moreno Bermúdez et.al, “Un prototipo mecánico para la automatización del proceso de selección del mango tipo exportación”, *Revista Ingenierías de la Universidad de Medellín de Colombia*, Vol. 11, núm. 21 (2012).
- Alfaro, Humberto, “Metodología de Investigación científica aplicado a la Ingeniería” Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Callao, 2012, 75.
- Alí José Carrillo Paz, “Sistema de control- Fundamentos básicos de análisis y modelado” (Venezuela: UNERMB, 2011), 2da versión.
- Asociación de exportadores de Lambayeque. «AREX.» Consultada 18 de Marzo de 2016. <https://www.arexlambayeque.com/>
- Bibiana Vallejo y Sandra Vallejo, “Aspectos generales de la automatización industrial del sector farmacéutico”, *Revista Ciencias Químicas Farmacéuticas de la Universidad Nacional de Colombia*, Vol. 35, núm. 1 (2011).
- Carrillo, Alí José. *Sistemas automáticos de Control- Fundamentos básicos de Análisis y Modelado*. Venezuela: UNERMB, 2012.
- Cosme David Gonzaga Lapo, “Implementación de un sistema de paletizado para acoplar a la Línea de envasado”, *Dspace*, no.15 (2012):5
- Daneri, Samuel. “ Investigación y desarrollo de un sistema automático para monitoreo y control de un motor eléctrico” Tesis de Título, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2010, 25.
- Ernesto Córdoba Nieto, “Manufactura y automatización”, *Revista Ingeniería e Investigación de la Universidad Nacional de Colombia*, Vol. 26, núm. 3 (2006).
- Esteban Pérez López, “Propuesta de automatización en bodega de producto terminado en industria manufacturera de productos de higiene personal en Costa Rica ”, *Redalyc*, no 34. (2015), 5.
- Festo. “Fundamentos de la técnica de automatización.” Consultada el 15 Marzo, 2017. Disponible en: https://lehrerfortbildungbw.de/u_matnatech/nwt/gym/weiteres/fb1/atechnik/grundlagen/es/kapitel/563062_Fundamentos_de_la_tecnica_de_automatizacion.pdf
- Gonzalo Antonio Martínez Uribiola; Ricardo Saavedra, Juan Carlos; Edgar Martín Riván Santiago. “Propuesta de un sistema de paletizado continuo de alta velocidad”, *Dspace*, no. 12 (2013),7
- Gulzar Ahmaad Nayik, Khalid Muzzafar and Amir Gull. “Robotics and Food Technology.” *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 2015: 3-4.

- Granada, Iván et al. “Automatización del proceso de paletizado de la celda HAS-200” <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/REDES/article/view/6385/7908> (Consultada el 27 de mayo de 2016).
- Jamshed IQBAL, Zeachan Hameed Khan, Azfar Khalid. “Porspects of robotics in food industry.” *Food Science and Technology* , 2017: 4-7.
- José Velásquez Costa, “Los sensores en la producción”, *Revista Perfiles de Ingeniería de la universidad Ricardo Palma, Perú*, pp 12 – 16, (2005).
- Londoño, Juan Pablo. “Diseño cinemático de un sistema paletizado de producto terminado de la industria licorera de caldas (ILC)” Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico, Universidad Tecnológica de Pereira, 2013.
- Martínez, Iván. “Implementación de una estación de manipulación X-Y con actuadores neumáticos sincronizados con PLC”. Tesis para obtener el título de Ingeniero de Control y Automatización, Instituto Politécnico Nacional, 2013.
- Mundel, Marvin Everett. 1984. Estudio de tiempos y movimientos. Primera edición. México, Editorial Continental: pág 385.
- Muñoz, Andrés. “Propuesta para la clasificación y paletizado automático de productos en la planta de grupo familia Medellín.” Tesis de Maestría, Universidad Tecnológica de Pereira, 2017.
- Nicolás Violante, "La automatización y su impacto en la industria y la sociedad," *Universidad del Valle de México, México*, Ensayo 04, Jan. (2010).
- Niebel y Freivalds.2009. Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño de trabajo. Duodécima edición. México, Mc Graw-Hill
- Oscar Vásquez Gervasi. 2015. *Apuntes de estudio ingeniería de métodos*. Disponible de: http://issuu.com/oscarvgervasi/docs/ingenier_a_de_m_todos.
- Pérez, Esteban. “Propuesta de automatización en bodega de producto terminado en industria manufacturera de productos de higiene personal en Costa Rica.” *Redalyc* Vol.16, no 34 (2015): 1-20.
- Pérez, Mario; Pérez, Analía; Pérez Elisa. “Introducción a los sistema de control y modelo matemático para sistemas lineales invariantes en el tiempo” Departamento de Electrónica y Automática, Universidad Nacional de San Juan, 2008.
- Piedrafita Moreno Ramón, “Ingeniería de la automatización industrial”, 2nd ed., Ilus, Ed. San Pablo, Bolivia: Alfaomega, (2011).
- Rosales, Alexander. “Diseño del sistema automatizado de almacén paletizado” Tesis para optar el título de Ingeniero Electrónico Industrial, Universidad Politécnica de Valencia, 2016.

- Ruedas, Carlos. «Automatización Industrial: Áreas de aplicación para ingeniería.» *Universidad Rafael Landívar*, 26 Julio ,2008,4-19.
- Saúl Vargas, Osorio, “A *literatura review on the pallet loading problem* ”, *Lámpsakos*, no.15 (2015):4
- Sergio Ventura. “El proceso productivo.” Consultada 17 de Agosto del 2016. <https://www.gestion.org/estrategia-empresarial/productos-servicios/4476/el-proceso-productivo/>
- Sistema Integrado de información de Comercio Exterior. «SIISEX.» Consultada 9 de Marzo de 2016. http://www.siicex.gob.pe/siicex/portal5ES.asp?_page_=160.00000
- Tunal, Gerardo. “Automatización de los procesos de Trabajo.” *Redalyc*. Vol 8, n° 10 (2015), 95-104.
- Universidad autónoma de Nuevo León. Introducción a los sistemas de control. <http://gama.fime.uanl.mx/~agarcia/materias/ingco/apclas/01%20-%20Introduccion%20a%20los%20Sistemas%20de%20Control.pdf> (Consultada el 21 de Julio del 2017).
- Universidad de Huelva “Actuadores neumáticos” Consultada el 15 de Abril del 2017. Disponible en: <http://www.uhu.es/index.php>
- Universidad Politécnica de Cataluña. Diseño y automatización industrial. <https://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf> (Consultada el 18 de Mayo del 2017).
- Universidad de Oviedo. Sistema de automatización (PLC’S) <http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc.pdf> (Consultada el 7 de Julio del 2017)
- Universidad de Oviedo. Ingeniería de automatización (PLC’S) <http://isa.uniovi.es/docencia/IngdeAutom/transparencias/Sistemas%20Automatizados.pdf> (Consultada el 11 de Julio del 2017).
- Universidad Nacional de San Juan. Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas lineales invariantes en el tiempo. <http://dea.unsj.edu.ar/control1b/teoria/unidad1y2.pdf> (Consultada el 11 de Julio del 2017).
- Universidad Nacional de experimental “Rafael María Baralt”. Sistemas automáticos de control fundamentos básicos de análisis y modelado. http://www.unermb.edu.ve/investigacion/images/ric/vol_2.pdf (Consultada el 11 de Julio del 2017).
- Vargas Saúl et al. “A Literature Review on the Pallet Loading Problem” <http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/1790> (Consultada el 27 de mayo de 2016).

- Wilberth Real Durán, “*Modificación de despaletizado y paletizado Línea 2*”. *TEC*, no.10 (2014),10.

VI. ANEXOS

Anexo 1: Tabla 1-Carga estática (Posturas)

POSTURA	(1) Duración postura por hora (en min)	(2) Nº. Horas trabajo/día	(3) Consumo Kcal. por minuto (**)	(4) (1x2x3) Consumo Kcal./día
SENTADO				
Normal			0,06	
Curvado			+0,09	
Brazos por encima de los hombros			+0,10	
DE PIE				
Normal			0,16	
Brazos por encima de los hombros			+0,14	
Curvado			+0,21	
Fuertemente curvado			+0,40	
ARRODILLADO				
Normal			0,27	
Curvado			+0,04	
Brazos por encima de los hombros			+0,09	
TUMBADO				
Brazos elevados			0,06	
EN CUCLILLAS				
Normal			0,26	
Brazos por encima de los hombros			+0,01	
TOTAL CARGA ESTÁTICA				

Fuente: Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo

Anexo 2: Tabla 2-Esfuerzos musculares

Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	(1) Duración esfuerzo en min/hora	(2) Nº. horas trabajo/día	(3) Consumo de Kcal/min. (*)	(4) (1x2x3) Consumo de Kcal/día
MANOS	Ligero			0,5	
	Medio			0,8	
	Pesado			1,0	
1 BRAZO	Ligero			0,9	
	Medio			1,4	
	Pesado			2,0	
2 BRAZOS	Ligero			1,7	
	Medio			2,2	
	Pesado			2,8	
1 PIERNA	Ligero			0,7	
	Medio			1,1	
	Pesado			1,5	
CUERPO	Ligero			3,2	
	Medio			5,0	
	Pesado			7,2	
TOTAL					

Fuente: Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo

Anexo 3: Tabla 3-Manejo de cargas

A) TRANSPORTE DE CARGAS						B) ELEVACION CARGAS			
(1) Peso de cada carga en Kg.	(2) Nº. Transportes Hora	(3) Nº. metros cargados cada recorrido	(4) Consumo en Kcal/m (*)	(5) Consumo en Kcal/h (1x2x3)	(6) Consumo en Kcal/día	(7) Altura elevación	(8) Consumo en Kcal/m (*)	(9) Consumo en Kcal/h (2x7x8)	(10) Consumo en Kcal/día
TOTAL (A + B) =									

Anexo 4: Consumo según la importancia de la carga desplazada

Carga Kgs.	K llevar (1)	K levantar (2)	K bajar (3)	K subir (4)	K des- cend. (5)
0	0,047	0,32	0,06	0,73	0,20
2	0,049	0,35	0,09	0,74	0,21
5	0,051	0,38	0,11	0,75	0,22
7	0,052	0,41	0,14	0,77	0,24
10	0,054	0,49	0,18	0,80	0,27
12	0,056	0,53	0,21	0,83	0,30
15	0,059	0,60	0,26	0,86	0,33
18	0,062	0,66	0,32	0,90	0,37
20	0,065	0,75	0,36	0,93	0,40
22	0,068	0,83	0,40	0,96	0,42
25	0,072	0,94	0,46	1,00	0,46
27	0,076	1,04	0,52	1,02	0,48
30	0,080	1,19	0,59	1,07	0,52
32	0,083	1,32	0,67	1,11	0,55
35	0,090	1,52	0,75	1,15	0,59
37	0,094	1,68	0,82	1,18	0,62
40	0,100	1,90	0,94	1,24	0,67
45	0,111	2,37	1,2	1,33	0,76
50	0,122	2,97	1,55	1,42	0,86

	(1) Nº. Metros/Hora	(2) Nº. horas/día	(3) Consumo en Kcal/ metro (*)	(4) Consumo en Kcal/día (1x2x3)	TOTAL
Horizontales			0,048		
Verticales			0,73 (S) 0,20 (B)		

Anexo 5: Promedio de cajas paletizadas en la campaña 2016 (Marzo-Julio)

Hora	Unidades paletizadas (Observaciones entre el período de Marzo- Julio 2016)																				Promedio de cajas
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
07 h 00 a 08 h 00	202	201	202	201	205	204	201	202	204	208	203	208	202	209	199	208	206	206	200	200	204
08 h 00 a 09 h 00	206	206	207	199	202	202	200	199	206	199	202	198	204	201	199	201	205	198	200	199	203
09 h 00 a 10 h 00	197	200	197	198	197	206	199	202	198	205	200	202	206	201	199	197	204	202	202	205	201
10 h 00 a 11h 00	199	205	200	198	208	202	199	201	208	200	205	207	204	202	204	206	204	208	204	207	203
11 h 00 a 12 h 00	196	203	194	196	195	199	193	201	195	202	196	194	197	203	194	195	200	195	202	200	198
12 h 00 a 13 h 00	197	192	195	199	197	199	197	200	193	199	199	193	200	190	190	194	199	194	192	190	195
14 h 00 a 15 h 00	203	203	205	203	200	202	202	203	198	204	197	200	196	205	202	202	200	195	202	196	200
15 h 00 a 16 h 00	194	203	202	196	203	195	197	193	199	198	195	200	193	200	202	199	196	199	196	197	198
16 h 00 a 17 h 00	193	189	199	191	195	199	198	197	196	190	194	189	194	191	189	197	190	195	197	197	194
17 h 00 a 18 h 00	201	195	201	193	192	201	198	199	196	196	196	196	198	198	192	192	201	199	201	192	197
18 h 00 a 19 h 00	191	196	201	195	195	200	200	194	201	193	195	195	199	193	192	200	194	191	201	196	196
19 h 00 a 20 h 00	196	190	189	196	194	195	188	187	195	192	188	193	192	193	196	191	190	194	196	197	192
Total																					2381

Anexo 6: Promedio de canastillas paletizadas en la campaña 2016 (Marzo-Julio)

Hora	Unidades paletizadas (Observaciones entre el período de Marzo- Julio 2016)																				Promedio canastillas	Promedio canastillas (equivalente a cajas 1,33)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
07 h 00 a 08 h 00	149	142	150	141	151	147	143	141	145	141	141	142	148	145	146	145	144	143	141	151	110	146
08 h 00 a 09 h 00	146	148	148	143	150	146	144	147	141	141	148	150	145	140	143	147	150	145	147	141	109	145
09 h 00 a 10 h 00	142	150	150	150	145	147	146	150	140	147	145	141	141	148	143	141	150	143	143	142	109	145
10 h 00 a 11 h 00	145	146	137	139	141	145	139	142	137	137	141	139	137	140	139	147	144	138	140	140	107	142
11 h 00 a 12 h 00	144	142	149	147	141	139	148	147	140	148	147	149	141	149	145	142	147	142	141	149	108	144
12 h 00 a 13 h 00	144	149	145	144	150	146	146	145	141	147	149	145	145	145	141	143	149	147	142	142	109	145
14 h 00 a 15 h 00	99	105	108	99	102	104	99	100	99	108	107	103	98	100	98	103	105	99	99	101	103	137
15 h 00 a 16 h 00	103	105	104	105	100	103	107	101	109	101	99	103	105	105	105	102	99	104	106	104	104	138
16 h 00 a 17 h 00	100	107	105	105	103	101	109	105	102	109	109	107	107	105	101	107	107	100	104	107	105	140
17 h 00 a 18 h 00	104	106	97	103	103	107	103	102	100	97	102	101	105	107	100	104	103	106	98	104	102	136
18 h 00 a 19 h 00	105	96	106	100	103	97	102	99	105	103	105	103	99	100	97	101	99	101	97	102	101	134
19 h 00 a 20 h 00	108	103	102	100	98	105	99	101	103	99	99	98	108	104	103	99	102	102	106	99	103	137
Total																					1270	1689

Anexo 7: Promedio total de cajas paletizadas en la campaña 2016 (Marzo-Julio)

Hora	Unidades paletizadas (Observaciones entre el período de Marzo- Julio 2016)																				Promedio de cajas	Promedio canastillas (equivalente a cajas 1,33)	Promedio de cajas y canastillas
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
07 h 00 a 08 h 00	202	201	202	201	205	204	201	202	204	208	203	208	202	209	199	208	206	206	200	200	204	146	350
08 h 00 a 09 h 00	206	206	207	199	202	202	200	199	206	199	202	198	204	201	199	201	205	198	200	199	203	145	348
09 h 00 a 10 h 00	197	200	197	198	197	206	199	202	198	205	200	202	206	201	199	197	204	202	202	205	201	145	346
10 h 00 a 11h 00	199	205	200	198	208	202	199	201	208	200	205	207	204	202	204	206	204	208	204	207	203	142	345
11 h 00 a 12 h 00	196	203	194	196	195	199	193	201	195	202	196	194	197	203	194	195	200	195	202	200	198	144	342
12 h 00 a 13 h 00	197	192	195	199	197	199	197	200	193	199	199	193	200	190	190	194	199	194	192	190	195	145	340
14 h 00 a 15 h 00	203	203	205	203	200	202	202	203	198	204	197	200	196	205	202	202	200	195	202	196	200	137	337
15 h 00 a 16 h 00	194	203	202	196	203	195	197	193	199	198	195	200	193	200	202	199	196	199	196	197	198	138	336
16 h 00 a 17 h 00	193	189	199	191	195	199	198	197	196	190	194	189	194	191	189	197	190	195	197	197	194	140	334
17 h 00 a 18 h 00	201	195	201	193	192	201	198	199	196	196	196	196	198	198	192	192	201	199	201	192	197	136	333
18 h 00 a 19 h 00	191	196	201	195	195	200	200	194	201	193	195	195	199	193	192	200	194	191	201	196	196	134	330
19 h 00 a 20 h 00	196	190	189	196	194	195	188	187	195	192	188	193	192	193	196	191	190	194	196	197	192	137	329
Total																				2381	1689	4070	

Anexo 8: Promedio de cajas paletizadas en la campaña 2017 (Abril- Mayo)

Hora	Unidades paletizadas en la campaña 2017(Abril-Mayo)								Promedio de cajas
	1	2	3	4	5	6	7	8	
07 h 00 a 08 h 00	210	216	218	212	215	216	213	220	215
08 h 00 a 09 h 00	217	216	214	219	222	219	216	221	218
09 h 00 a 10 h 00	217	216	212	221	217	212	219	222	217
10 h 00 a 11h 00	217	217	216	216	212	215	219	216	216
11 h 00 a 12 h 00	210	207	211	212	214	215	216	211	212
12 h 00 a 13 h 00	210	212	211	217	217	216	211	218	214
14 h 00 a 15 h 00	207	209	210	211	212	209	205	209	209
15 h 00 a 16 h 00	205	200	205	204	207	200	204	207	204
16 h 00 a 17 h 00	193	200	201	197	200	197	195	201	198
Total	1886	1893	1898	1909	1916	1899	1898	1925	1903

Anexo 9: Promedio de canastillas paletizadas en la campaña 2017 (Abril-Mayo)

Hora	Unidades paletizadas en la campaña 2017 (Abril-Mayo)								Promedio canastillas	Promedio canastillas (equivalente a cajas 1,33)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
07 h 00 a 08 h 00	105	96	95	100	102	105	98	99	100	133
08 h 00 a 09 h 00	102	100	93	101	98	96	93	101	98	130
09 h 00 a 10 h 00	100	97	93	98	93	102	102	99	98	130
10 h 00 a 11 h 00	99	95	99	94	96	91	92	94	95	126
11 h 00 a 12 h 00	89	88	93	93	96	91	94	92	92	122
12 h 00 a 13 h 00	91	99	101	91	98	100	93	95	96	128
14 h 00 a 15 h 00	94	96	92	89	95	92	91	95	93	124
15 h 00 a 16 h 00	96	82	94	89	93	86	87	85	89	118
16 h 00 a 17 h 00	83	83	84	86	90	88	91	91	87	116
Total	859	836	844	841	861	851	841	851	848	1128

Anexo 10: Promedio total de cajas paletizadas en la campaña 2017 (Abril-Mayo)

Hora	Unidades paletizadas en la campaña 2017(Abril-Mayo)								Promedio de cajas	Promedio de cajas y canastillas
	1	2	3	4	5	6	7	8		
07 h 00 a 08 h 00	210	216	218	212	215	216	213	220	215	348
08 h 00 a 09 h 00	217	216	214	219	222	219	216	221	218	348
09 h 00 a 10 h 00	217	216	212	221	217	212	219	222	217	347
10 h 00 a 11h 00	217	217	216	216	212	215	219	216	216	342
11 h 00 a 12 h 00	210	207	211	212	214	215	216	211	212	334
12 h 00 a 13 h 00	210	212	211	217	217	216	211	218	214	342
14 h 00 a 15 h 00	207	209	210	211	212	209	205	209	209	333
15 h 00 a 16 h 00	205	200	205	204	207	200	204	207	204	322
16 h 00 a 17 h 00	193	200	201	197	200	197	195	201	198	314
Total	1886	1893	1898	1909	1916	1899	1898	1925	1903	3031

Anexo 11: Producción real de cajas paletizadas en la campaña 2016 (Marzo- Julio)

Clientes	Meses de producción del año 2016				
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
PROSERLA S.A.C.	10511	15281	9821	12381	14730
GREENLAND PERÚ S.A.C.	6062	12078	4026	2177	3020
AGROINDUSTRIAL BETA S.A.	4725	5688	5117	4013	5016
AGROKARU S.A.C.	10812	7768	6837	5906	9325
NORVIT	7372	5748	6248	4686	3748
LAS MARÍAS	18355	20888	25592	29912	17444
YOYITA	6854	7283	8567	7134	5711
CERRO PRIETO	14608	13472	15608	20944	23215
CFL	21120	14205	18427	16237	19034
Producción Total Real	100419	102411	100243	103390	101243

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

Anexo 12: Producción real de cajas paletizadas en la campaña 2016 (Marzo-Julio)

Clientes	Meses de producción				
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
PROSERLA S.A.C.	1518	3896	2624	1850	1985
GREENLAND PERÚ S.A.C.	1985	1368	2759	1404	2041
AGROINDUSTRIAL BETA S.A.	1451	2513	1523	1640	1301
AGROKARU S.A.C.	1881	1484	1546	2655	2345
NORVIT	1970	3277	2622	1773	2167
LAS MARÍAS	4230	5472	6538	8094	7524
YOYITA	3218	5019	4342	2782	1946
CERRO PRIETO	5312	4675	3722	6238	4834
CFL	11400	8550	5632	7486	6447
Producción Real	32965	36254	31308	33922	30590

Fuente: JAYANCA FRUITS S.A.C.

Anexo 13: Producción real de cajas paletizadas en la campaña 2017 (Abril- Mayo)

Clientes	Meses de producción	
	Abril	Mayo
PROSERLA S.A.C.	6 007	8 703
GREENLAND PERÚ S.A.C.	4 290	6 135
AGROINDUSTRIAL BETA S.A.	3 754	5 710
AGROKARU S.A.C.	8 658	5 268
NORVIT	7 375	6 146
LAS MARÍAS	9 219	4 097
YOYITA	5 883	8 261
CERRO PRIETO	3 073	7 215
CFL	7 508	4 748
Producción Real	55 767	56 283

Anexo 14: Producción real de cajas paletizadas en la campaña 2017 (Abril-Mayo)

Clientes	Meses de producción	
	Abril	Mayo
PROSERLA S.A.C.	4 675	3 404
GREENLAND PERÚ S.A.C.	3 500	2 759
AGROINDUSTRIAL BETA S.A.	1 894	2 564
AGROKARU S.A.C.	4 526	1 370
NORVIT	2 277	3 525
LAS MARÍAS	6 850	7 524
YOYITA	2 326	4 487
CERRO PRIETO	4 734	5 218
CFL	5 483	3 519
Producción Real	36265	34370

Anexo 15: Sistema de Westinghouse

Tabla 11.2 Sistema Westinghouse para calificar habilidades

+0.15	A1	Superior
+0.13	A2	Superior
+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena
+0.03	C2	Buena
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Mala
-0.22	F2	Mala

Tabla 11.4 Sistema Westinghouse para calificar las condiciones

+0.06	A	Ideal
+0.04	B	Excelente
+0.02	C	Buena
0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable
-0.07	F	Malo

Tabla 11.3 Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo

+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Buena
+0.02	C2	Buena
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

Tabla 11.5 Sistema Westinghouse para calificar la consistencia

+0.04	A	Perfecta
+0.03	B	Excelente
+0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Mala

Fuente: Ingeniería Industrial, Niebel,2012

Anexo 16: Observación preliminar N° 1

Actividad	Op1	Op2	Op3	Op4	Op5	Op6	Op7	Op8	Op9	Op10	Op11	Op12	Op13	Op14	Op15	Op16	Tiempo promedio por actividad
El operario coge la parihuela	7	1	1	3	5	2	11	3	2	4	10	11	10	11	11	4	6
Transporta la parihuela hasta el área de paletizado	10	12	11	11	10	4	9	10	5	7	11	9	10	4	14	6	9
Camina hasta el área de envasado	6	12	10	14	9	7	9	10	5	5	14	5	13	4	13	8	9
Coge los envases de fruta	2	6	4	10	5	9	7	7	5	14	6	13	4	13	6	11	8
Transporta los envases al área de paletizado	8	7	13	10	14	10	9	9	16	9	11	7	15	16	14	16	12
Se realiza una breve inspección del fruto	38	45	40	42	38	45	43	43	38	42	37	45	38	46	43	42	42
El operario empieza a armar el pallet	3	12	5	6	8	12	11	12	5	6	8	3	12	11	2	5	8
El operario regresa al área de envasado	11	12	4	14	9	14	13	12	5	10	12	6	6	8	5	11	10
El operario coge los envases	4	6	8	6	11	10	2	8	3	11	6	2	5	7	11	12	7
El operario regresa al área de paletizado	5	5	8	9	5	10	9	9	2	5	5	9	6	5	8	1	6
El operario empieza a etiquetar	60	65	64	64	58	60	56	61	60	55	58	60	56	58	65	60	60
El operario se sube a una silla para llegar a la altura deseada del pallet	10	6	14	14	14	5	11	5	10	8	12	12	5	12	6	4	9
Termina de armar el pallet	1498	1500	1497	1501	1495	1501	1496	1502	1502	1497	1503	1497	1500	1498	1505	1499	1499
Termina de etiquetar los envases del pallet	476	476	483	485	482	480	478	477	484	484	477	476	485	480	477	483	480
Tiempo total	2138	2165	2162	2189	2163	2169	2164	2168	2142	2157	2170	2155	2165	2173	2180	2162	2164

Anexo 17: Observación preliminar N° 2

Actividad	Op1	Op2	Op3	Op4	Op5	Op6	Op7	Op8	Op9	Op10	Op11	Op12	Op13	Op14	Op15	Op16	Tiempo promedio por actividad
El operario coge la parihuela	4	7	10	5	5	4	4	3	7	9	11	4	10	7	6	6	6
Transporta la parihuela hasta el área de paletizado	11	7	6	7	11	14	12	8	10	13	12	6	5	4	9	12	9
Camina hasta el área de envasado	5	11	9	11	9	10	4	8	11	6	7	4	5	5	7	8	8
Coge los envases de fruta	7	8	6	5	7	11	5	10	9	6	7	11	5	2	3	2	7
Transporta los envases al área de paletizado	14	14	8	17	11	16	16	11	13	16	14	11	16	14	13	11	13
Se realiza una breve inspección del fruto	41	38	40	47	47	40	37	47	46	42	46	41	46	45	37	45	43
El operario empieza a armar el pallet	11	11	12	5	4	10	7	2	3	11	9	3	4	6	10	10	7
El operario regresa al área de envasado	12	13	8	12	7	12	6	10	8	11	11	12	11	5	8	5	9
El operario coge los envases	12	7	8	8	2	9	5	3	6	6	3	11	12	7	6	12	7
El operario regresa al área de paletizado	9	9	1	6	5	9	3	7	4	4	10	8	9	1	7	4	6
El operario empieza a etiquetar	63	56	58	62	62	60	62	60	58	61	65	63	59	56	55	59	60
El operario se sube a una silla para llegar a la altura deseada del pallet	6	14	9	6	7	7	5	14	10	11	13	12	9	7	11	14	10
Termina de armar el pallet	1505	1502	1499	1498	1499	1501	1502	1495	1500	1496	1505	1498	1500	1500	1503	1500	1500
Termina de etiquetar los envases del pallet	481	475	484	480	482	476	485	482	484	478	478	475	478	481	480	477	480
Tiempo total	2181	2172	2158	2169	2158	2179	2153	2160	2169	2170	2191	2159	2169	2140	2155	2165	2166

Anexo 18: Observación preliminar N° 3

Actividad	Op1	Op2	Op3	Op4	Op5	Op6	Op7	Op8	Op9	Op10	Op11	Op12	Op13	Op14	Op15	Op16	Tiempo promedio por actividad
El operario coge la parihuela	8	11	8	7	6	11	4	9	10	8	10	1	1	11	10	4	7
Transporta la parihuela hasta el área de paletizado	11	7	10	9	6	10	12	11	8	9	14	11	7	13	9	13	10
Camina hasta el área de envasado	9	14	8	9	6	10	7	7	13	6	7	8	8	8	14	12	9
Coge los envases de fruta	3	10	11	4	5	3	8	5	3	4	5	11	12	4	4	6	6
Transporta los envases al área de paletizado	12	8	7	12	15	13	12	9	14	14	17	17	13	11	10	12	12
Se realiza una breve inspección del fruto	37	41	44	38	38	45	38	47	44	44	39	39	41	45	39	39	41
El operario empieza a armar el pallet	4	7	8	6	10	12	2	6	8	11	12	11	11	9	7	7	8
El operario regresa al área de envasado	12	14	4	9	7	6	8	14	6	12	9	14	7	6	10	6	9
El operario coge los envases	5	8	10	8	6	5	4	4	10	2	8	8	7	3	9	3	6
El operario regresa al área de paletizado	10	2	4	10	8	8	3	4	2	6	6	7	10	4	9	2	6
El operario empieza a etiquetar	62	64	60	65	61	58	58	64	62	63	55	55	62	57	63	60	61
El operario se sube a una silla para llegar a la altura deseada del pallet	14	7	10	10	9	8	13	9	10	13	7	5	13	13	8	12	10
Termina de armar el pallet	1504	1503	1499	1504	1504	1499	1503	1504	1505	1499	1497	1504	1502	1498	1498	1504	1502
Termina de etiquetar los envases del pallet	475	477	475	478	479	483	483	480	482	475	477	483	475	483	478	477	479
Tiempo total	2166	2173	2158	2169	2160	2171	2155	2173	2177	2166	2163	2174	2169	2165	2168	2157	2167

Anexo 19: Observación preliminar N° 4

Actividad	Op1	Op2	Op3	Op4	Op5	Op6	Op7	Op8	Op9	Op10	Op11	Op12	Op13	Op14	Op15	Op16	Tiempo promedio por actividad
El operario coge la parihuela	9	8	3	3	7	6	7	1	3	11	11	8	7	4	2	7	6
Transporta la parihuela hasta el área de paletizado	9	11	6	11	13	13	7	6	10	13	6	6	13	5	6	10	9
Camina hasta el área de envasado	5	10	9	7	10	5	8	13	8	5	13	5	11	9	10	9	9
Coge los envases de fruta	9	7	3	7	7	10	2	10	7	7	5	10	11	3	12	5	7
Transporta los envases al área de paletizado	15	12	8	16	12	12	12	9	10	7	10	17	10	15	10	12	12
Se realiza una breve inspección del fruto	47	38	44	41	46	42	41	44	47	38	44	37	42	37	43	37	42
El operario empieza a armar el pallet	7	8	12	2	7	8	9	10	5	5	4	4	4	8	5	6	7
El operario regresa al área de envasado	10	6	8	13	7	11	6	4	10	9	10	14	5	5	13	5	9
El operario coge los envases	4	8	6	11	11	2	9	8	7	3	2	12	11	8	8	4	7
El operario regresa al área de paletizado	10	3	4	8	9	6	8	3	10	6	11	7	10	6	7	5	7
El operario empieza a etiquetar	55	61	56	64	62	58	61	58	62	63	58	58	55	60	60	61	60
El operario se sube a una silla para llegar a la altura deseada del pallet	7	9	6	10	6	14	12	12	7	6	4	9	10	13	4	13	9
Termina de armar el pallet	1505	1497	1500	1499	1499	1499	1502	1503	1498	1495	1502	1496	1501	1496	1503	1505	1500
Termina de etiquetar los envases del pallet	477	482	480	481	482	479	476	482	484	483	481	483	476	483	483	476	481
Tiempo total	2169	2160	2145	2173	2178	2165	2160	2163	2168	2151	2161	2166	2166	2152	2166	2155	2162

Anexo 20: Observación preliminar N° 5

Actividad	Op1	Op2	Op3	Op4	Op5	Op6	Op7	Op8	Op9	Op10	Op11	Op12	Op13	Op14	Op15	Op16	Tiempo promedio por actividad
El operario coge la parihuela	2	7	10	10	11	8	7	11	7	10	5	2	1	2	3	8	7
Transporta la parihuela hasta el área de paletizado	9	11	14	4	5	8	13	10	11	4	13	4	11	13	7	11	9
Camina hasta el área de envasado	8	11	8	14	14	5	11	7	4	6	13	11	6	11	8	7	9
Coge los envases de fruta	10	5	10	8	3	2	2	11	10	12	8	5	5	6	12	5	7
Transporta los envases al área de paletizado	14	17	10	8	10	16	12	11	11	10	15	7	17	11	8	14	12
Se realiza una breve inspección del fruto	43	42	39	44	38	37	46	42	42	43	43	46	43	44	40	42	42
El operario empieza a armar el pallet	12	5	11	9	3	12	2	3	5	4	8	11	2	7	8	11	7
El operario regresa al área de envasado	7	13	14	7	6	12	7	7	8	10	8	11	9	4	9	14	9
El operario coge los envases	10	7	8	6	9	12	5	3	2	6	8	11	12	7	4	2	7
El operario regresa al área de paletizado	3	7	3	10	10	6	8	11	2	6	7	10	8	3	3	8	7
El operario empieza a etiquetar	57	62	62	58	61	62	65	55	58	64	57	59	61	60	58	64	60
El operario se sube a una silla para llegar a la altura deseada del pallet	6	11	12	8	7	4	13	4	9	13	13	12	4	6	13	10	9
Termina de armar el pallet	1505	1504	1497	1496	1501	1505	1495	1495	1505	1501	1501	1500	1498	1502	1496	1503	1500
Termina de etiquetar los envases del pallet	479	482	485	479	476	480	483	479	476	482	485	475	478	482	482	478	480
Tiempo total	2165	2184	2183	2161	2154	2169	2169	2149	2150	2171	2184	2164	2155	2158	2151	2177	2165

Anexo 21: Observación preliminar N° 6

Actividad	Op1	Op2	Op3	Op4	Op5	Op6	Op7	Op8	Op9	Op10	Op11	Op12	Op13	Op14	Op15	Op16	Tiempo promedio por actividad
El operario coge la parihuela	2	7	3	6	9	10	5	3	2	4	6	10	10	6	6	4	6
Transporta la parihuela hasta el área de paletizado	4	4	11	4	6	13	12	6	6	14	12	10	13	11	4	12	9
Camina hasta el área de envasado	6	5	11	11	13	12	6	7	6	12	13	4	11	8	6	9	9
Coge los envases de fruta	8	7	2	4	4	4	8	9	7	5	11	12	6	3	11	12	7
Transporta los envases al área de paletizado	8	11	14	7	9	16	12	10	13	16	11	14	11	13	17	11	12
Se realiza una breve inspección del fruto	41	41	47	43	47	43	40	37	38	37	42	43	43	42	44	44	42
El operario empieza a armar el pallet	11	3	7	8	6	6	8	2	4	11	3	7	11	6	9	10	7
El operario regresa al área de envasado	14	9	8	7	10	14	6	5	5	11	13	8	13	12	4	5	9
El operario coge los envases	3	8	9	4	2	11	6	6	3	8	8	9	8	11	12	4	7
El operario regresa al área de paletizado	11	7	9	9	1	2	8	8	2	3	9	3	5	4	8	7	6
El operario empieza a etiquetar	59	61	63	57	59	58	55	61	60	60	63	61	64	57	63	61	60
El operario se sube a una silla para llegar a la altura deseada del pallet	7	13	10	5	6	4	8	10	12	9	12	10	12	9	8	9	9
Termina de armar el pallet	1505	1499	1496	1505	1500	1496	1500	1498	1502	1503	1500	1495	1503	1498	1504	1496	1500
Termina de etiquetar los envases del pallet	477	478	485	482	478	478	476	477	479	481	478	482	483	482	483	482	480
Tiempo total	2156	2153	2175	2152	2150	2167	2150	2139	2139	2174	2181	2168	2193	2162	2179	2166	2163

Anexo 22: Observación preliminar N° 7

Actividad	Op1	Op2	Op3	Op4	Op5	Op6	Op7	Op8	Op9	Op10	Op11	Op12	Op13	Op14	Op15	Op16	Tiempo promedio por actividad
El operario coge la parihuela	3	11	3	7	7	7	7	11	2	1	9	6	9	2	5	9	6
Transporta la parihuela hasta el área de paletizado	10	9	11	13	8	6	11	11	7	8	8	5	14	8	10	5	9
Camina hasta el área de envasado	14	13	10	12	6	10	11	11	4	8	4	12	10	4	8	10	9
Coge los envases de fruta	5	3	11	11	8	3	2	8	11	10	12	2	4	5	10	2	7
Transporta los envases al área de paletizado	14	12	13	15	9	13	10	16	13	15	7	13	7	14	13	8	12
Se realiza una breve inspección del fruto	42	41	43	40	47	40	44	43	41	37	46	40	38	47	44	39	42
El operario empieza a armar el pallet	5	9	8	11	2	5	4	12	2	3	5	2	7	3	12	12	6
El operario regresa al área de envasado	7	6	6	8	7	4	14	8	12	13	13	5	6	12	10	12	9
El operario coge los envases	10	3	10	3	12	11	12	12	10	3	3	3	2	8	5	2	7
El operario regresa al área de paletizado	6	10	7	3	5	2	6	6	6	2	5	8	5	9	7	2	6
El operario empieza a etiquetar	56	55	55	65	64	63	58	60	63	56	57	58	64	58	64	61	60
El operario se sube a una silla para llegar a la altura deseada del pallet	6	4	5	7	9	4	6	9	12	9	7	5	8	11	14	12	8
Termina de armar el pallet	1504	1504	1505	1497	1496	1495	1498	1498	1497	1496	1503	1496	1504	1499	1502	1505	1500
Termina de etiquetar los envases del pallet	477	475	485	478	475	483	478	485	485	481	484	479	480	477	477	481	480
Tiempo total	2159	2155	2172	2170	2155	2146	2161	2190	2165	2142	2163	2134	2158	2157	2181	2160	2161

Anexo 23: Observación preliminar N° 8

Actividad	Op1	Op2	Op3	Op4	Op5	Op6	Op7	Op8	Op9	Op10	Op11	Op12	Op13	Op14	Op15	Op16	Tiempo promedio por actividad
El operario coge la parihuela	3	11	9	6	6	4	6	6	10	10	8	3	10	3	10	8	7
Transporta la parihuela hasta el área de paletizado	4	8	10	6	14	6	12	5	14	6	8	8	11	4	10	12	9
Camina hasta el área de envasado	6	13	10	14	6	4	7	9	8	14	11	8	8	6	8	9	9
Coge los envases de fruta	6	7	11	4	10	2	10	11	8	10	8	5	5	5	5	5	7
Transporta los envases al área de paletizado	13	13	9	14	8	15	11	11	7	13	17	17	11	9	7	15	12
Se realiza una breve inspección del fruto	45	39	38	45	38	38	42	38	38	46	45	41	45	44	46	45	42
El operario empieza a armar el pallet	4	11	9	7	12	4	8	12	6	7	3	6	4	7	3	7	7
El operario regresa al área de envasado	13	11	4	8	4	9	12	14	4	11	4	8	12	7	11	9	9
El operario coge los envases	5	8	7	3	8	6	8	2	11	5	5	12	5	10	8	8	7
El operario regresa al área de paletizado	9	9	2	9	5	5	4	7	2	1	8	7	5	3	11	8	6
El operario empieza a etiquetar	65	59	64	55	62	58	61	58	59	60	58	65	63	57	57	58	60
El operario se sube a una silla para llegar a la altura deseada del pallet	6	14	14	13	14	9	10	13	7	7	10	6	6	8	4	6	9
Termina de armar el pallet	1497	1499	1495	1496	1498	1504	1497	1504	1501	1503	1505	1497	1505	1497	1501	1498	1500
Termina de etiquetar los envases del pallet	482	482	476	479	482	475	482	485	477	481	483	477	476	481	483	479	480
Tiempo total	2158	2184	2158	2159	2167	2139	2170	2175	2152	2174	2173	2160	2166	2141	2164	2167	2163

Anexo 24: Observación preliminar N° 9

Actividad	Op1	Op2	Op3	Op4	Op5	Op6	Op7	Op8	Op9	Op10	Op11	Op12	Op13	Op14	Op15	Op16	Tiempo promedio por actividad
El operario coge la parihuela	6	5	8	9	7	6	6	7	7	10	1	5	6	1	4	8	6
Transporta la parihuela hasta el área de paletizado	5	7	5	9	14	4	6	8	7	6	14	11	4	9	6	14	8
Camina hasta el área de envasado	8	9	6	7	10	13	6	12	11	14	9	4	11	8	6	10	9
Coge los envases de fruta	7	8	8	10	7	9	11	7	3	3	5	2	11	10	2	6	7
Transporta los envases al área de paletizado	7	12	8	11	14	13	10	17	17	16	11	7	15	15	11	13	12
Se realiza una breve inspección del fruto	40	44	47	38	39	44	47	42	43	41	43	42	38	46	38	44	42
El operario empieza a armar el pallet	6	7	2	6	4	11	7	7	12	7	5	6	5	6	5	10	7
El operario regresa al área de envasado	4	14	9	12	7	6	10	6	14	13	4	8	11	5	7	9	9
El operario coge los envases	10	10	3	9	3	12	5	10	5	8	7	11	7	6	7	2	7
El operario regresa al área de paletizado	9	2	8	6	10	5	9	2	6	5	7	7	5	7	3	9	6
El operario empieza a etiquetar	62	56	64	65	61	65	64	59	57	59	58	58	58	62	61	57	60
El operario se sube a una silla para llegar a la altura deseada del pallet	8	12	14	6	5	7	7	4	14	6	9	13	14	9	9	9	9
Termina de armar el pallet	1502	1495	1499	1502	1505	1497	1497	1499	1501	1496	1498	1497	1501	1495	1502	1497	1499
Termina de etiquetar los envases del pallet	482	478	478	482	477	480	476	485	481	482	477	476	484	482	482	481	480
Tiempo total	2156	2159	2159	2172	2163	2172	2161	2165	2178	2166	2148	2147	2170	2161	2143	2169	2162

Anexo 25: Observación preliminar N° 10

Actividad	Op1	Op2	Op3	Op4	Op5	Op6	Op7	Op8	Op9	Op10	Op11	Op12	Op13	Op14	Op15	Op16	Tiempo promedio por actividad
El operario coge la parihuela	6	10	10	4	3	9	9	7	3	2	3	2	9	5	10	4	6
Transporta la parihuela hasta el área de paletizado	5	9	11	5	8	13	7	14	14	9	9	4	14	7	11	4	9
Camina hasta el área de envasado	13	6	5	14	9	7	6	5	11	12	13	11	13	6	7	6	9
Coge los envases de fruta	5	7	7	10	10	5	7	10	12	4	2	5	7	4	6	11	7
Transporta los envases al área de paletizado	12	17	9	14	17	16	11	13	13	8	17	9	7	7	11	11	12
Se realiza una breve inspección del fruto	40	43	45	37	46	43	39	39	40	41	44	45	40	47	41	42	42
El operario empieza a armar el pallet	9	12	2	5	2	6	10	2	11	4	12	9	9	3	9	7	7
El operario regresa al área de envasado	12	6	13	6	10	4	13	7	12	7	11	12	5	10	12	4	9
El operario coge los envases	4	3	6	11	10	11	4	10	4	12	11	3	4	11	5	3	7
El operario regresa al área de paletizado	6	10	8	1	3	5	8	3	6	11	9	11	1	11	1	2	6
El operario empieza a etiquetar	59	63	63	56	57	60	61	64	59	59	62	59	56	59	65	58	60
El operario se sube a una silla para llegar a la altura deseada del pallet	7	13	5	10	11	7	11	5	13	12	6	10	4	9	10	11	9
Termina de armar el pallet	1496	1504	1503	1495	1503	1496	1504	1503	1503	1496	1503	1497	1502	1499	1500	1496	1500
Termina de etiquetar los envases del pallet	482	476	477	477	484	484	484	480	476	479	475	476	483	482	480	480	480
Tiempo total	2156	2179	2164	2145	2173	2166	2174	2162	2177	2156	2177	2153	2154	2160	2168	2139	2163

Anexo 26: Suplementos para cálculo del tiempo estándar

Sistema de suplementos por descanso porcentajes de los Tiempos Básicos¹

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES

	Hombres	Mujeres
A. Suplemento por necesidades personales	5	7
B. Suplemento base por fatiga	4	4

2. SUPLEMENTOS VARIABLES

	Hombres	Mujeres		Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4		4	45
B. Suplemento por postura anormal				2	100
Ligeramente incómoda	0	1	F. Concentración intensa		
incómoda (inclinado)	2	3	Trabajos de cierta precisión	0	0
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	Trabajos precisos o fatigosos	2	2
C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)			Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
Peso levantado [kg]			G. Ruido		
2,5	0	1	Continuo	0	0
5	1	2	Intermitente y fuerte	2	2
10	3	4	Intermitente y muy fuerte	5	5
25	9	20	Estridente y fuerte		
35,5	22	máx	H. Tensión mental		
D. Mala iluminación			Proceso bastante complejo	1	1
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
Bastante por debajo	2	2	Muy complejo	8	8
Absolutamente insuficiente	5	5	I. Monotonía		
E. Condiciones atmosféricas			Trabajo algo monótono	0	0
Índice de enfriamiento Kata			Trabajo bastante monótono	1	1
16		0	Trabajo muy monótono	4	4
8		10	J. Tedio		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo bastante aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2

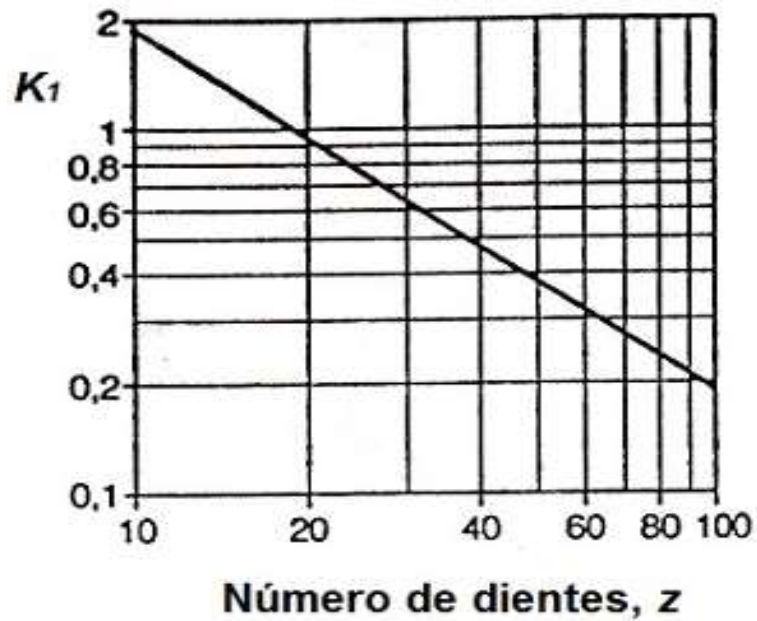
¹ Introducción al Estudio del trabajo – segunda edición, OIT. Ejemplo sin valor normativo

Anexo 27: Tabla A. Número de dientes más comerciales, Z

Piñón o rueda menor	12-14-17-19-21-23-25
Rueda mayor	38-57-76-95-114

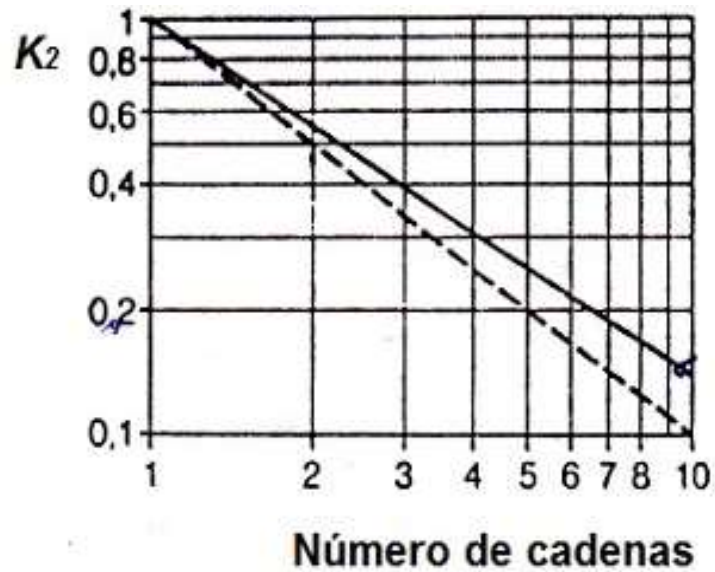
Fuente: Ingemecánica

Anexo 28: Número de dientes: Coeficiente K_1



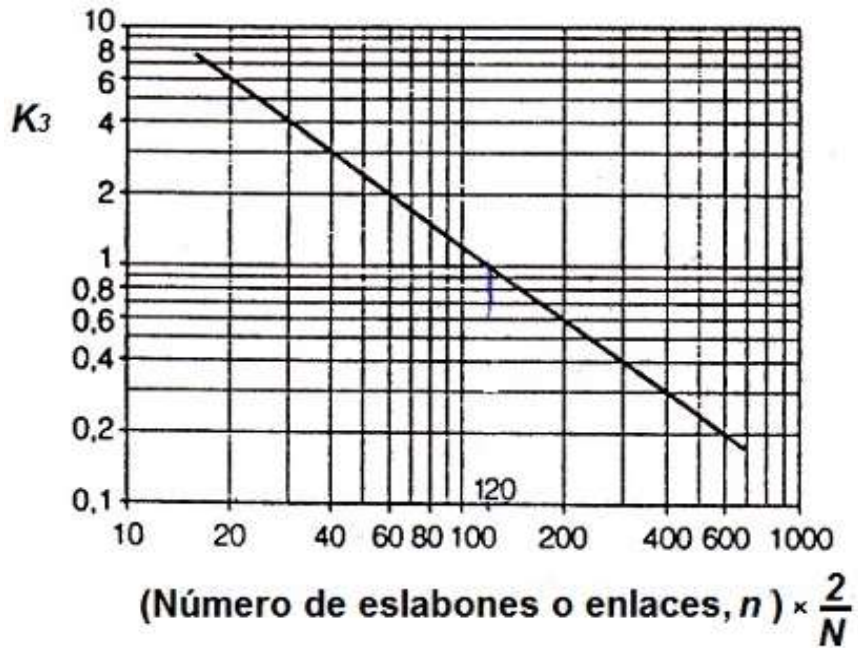
Fuente: Ingemecánica

Anexo 29: Número de cadenas: Coeficiente K_2



Fuente: Ingemecánica

Anexo 30: Número de eslabones: Coeficiente K3



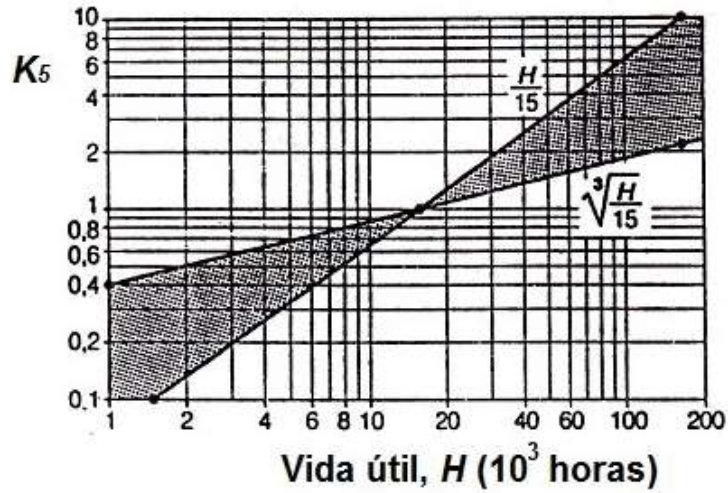
Fuente: Ingemeccánica

Anexo 31: Factor de servicio: Coeficiente K4

Coeficiente K_4 , Factor de servicio				
Charges	Machines réceptrices	Machines motrices		
		hydraulique Moteur électrique et Turbine	Moteur à combustion interne à transmission mécanique 4 cylindres et plus	moins de 4 cylindres
Régulières	Machines d'imprimerie Pompes et compresseurs centrifuges Calandreuses pour papier Escaliers roulants Agitateurs de liquides	1,00	1,10	1,30
Irrégulières	Malaxeurs à béton Broyeurs à boulets Pompes et compresseurs à 3 pistons ou plus Presses, ciseilles Agitateurs de solices Tamis vibrants	1,40	1,50	1,70
A-coups	Excavatrices Raboteuses Broyeurs à marteaux et à cylindres Pompes et compresseurs à 1 piston Forage pétrolier	1,80	1,90	2,10

Fuente: Ingemeccánica

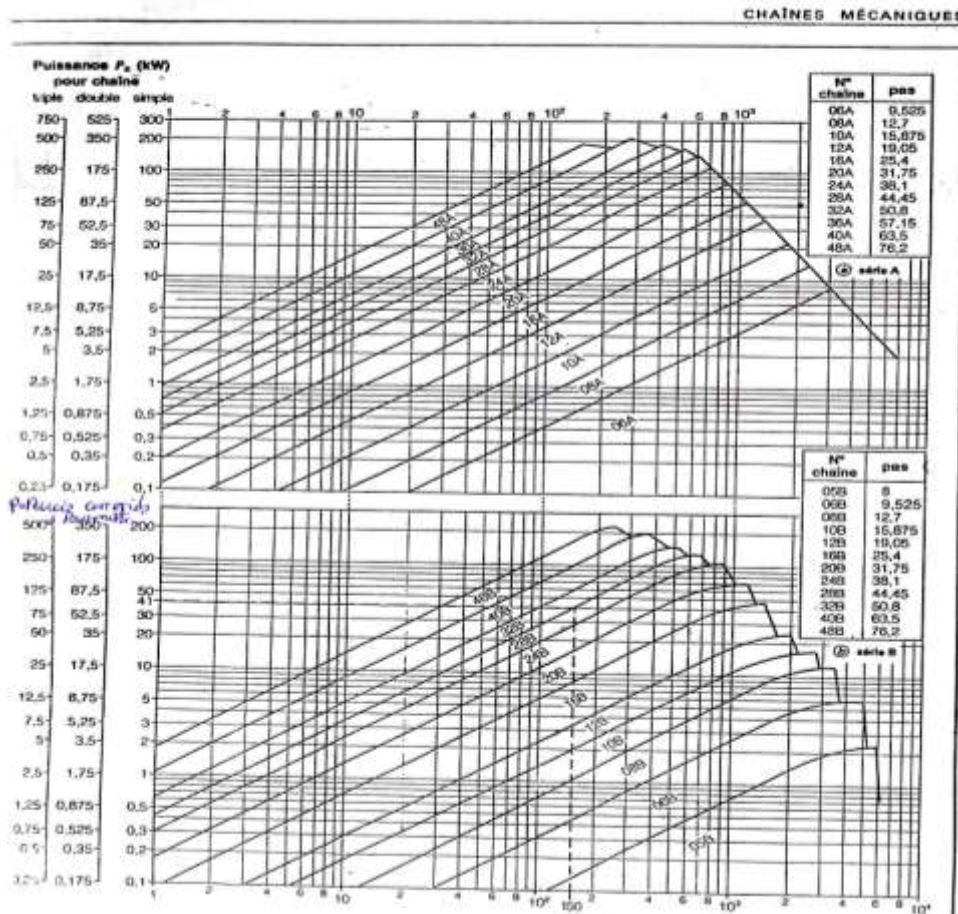
Anexo 32: Duración en función de la vida útil: Coeficiente K5



Fuente: Ingemecánica

Anexo 33: Serie y tipo de cadena necesaria según la Potencia calculada

Diagramas de selección de las cadenas de transmisión de potencia Series A (serie americana) y B (serie europea)



Fuente: Ingemecánica

Anexo 34: Compresor de aire para actuador neumático



Ficha del producto

ítem	Característica	Descripción
1	Dimensiones	320x660x820 (mm) aprox. (ancho-alto-largo).
2	Conexión de Red	220v. 1 Fase, 50 Hz. Potencia Máxima de 2 Hp- 1,5 KVA
3	Peso	29 Kg.
4	Presión de trabajo	8 Bar- 116 PSI
5	Capacidad de estanque	50 Lts
6	Producto incluye	Pistola y contenedor para lavar. Manguera flexible. Pistola y contenedor para pintar. Inflador para neumáticos. Pistola para sopletear. Ruedas.
7	Flujo de entrada	222 l/m.
8	Flujo de salida	135 l/m.
9	Ruido	94 dB.
10	Presóstato	ON-OFF para control de presión máxima y ahorro de energía.
11	Válvula de seguridad	Por sobre-presión.
12	Manómetro	De fácil lectura
13	Procesos	Aire comprimido
14	Recomendaciones	Respetar cambios de aceite y filtro de aire según corresponda..
15	Marca	Indura

Anexo 35: Controlador lógico TM241C24R



Ficha del producto

ítem	Característica	Descripción
1	Gama de producto	Modicom M241
2	Número de E/S digitales	24
3	Tipo de producto	Autómata programable
4	Frecuencia de Red	50/60 Hz
5	Tensión de entrada digital	24V
6	Tipo de voltaje entrada discreto	CC
7	Lógica de salida discreta	Lógica positiva (fuente)
8	Estado de tensión 1 garantizado	≥ 15 V para entrada
9	Estado de tensión 0 garantizado	≤ 5 V para entrada
10	Corriente de entra discreta	5 mA para entrada
11	Límites tensión alimentación	85...264V.
12	Altura	90 mm
13	Profundidad	95 mm
14	Anchura	150 mm
15	Peso del producto	0,53 Kg

Anexo 36: Altivar ATV 312H075N4

Variadores (rango de frecuencia de 0,5 a 500 Hz)										
Motor		Red				Altivar 312				
Potencia indicada en la placa (1)	Corriente de línea máxima (2), (3)		Potencia aparente en U2	Icc línea presunta máxima (4)	Corriente de salida máxima permanente (In) (1)		Corriente transitoria máxima durante 60 s	Potencia disipada con corriente de salida máxima (In) (1)	Referencia	Peso
	en U1	en U2			en U2	en U2				
kW	HP	A	A	kVA	kA	A	A	W		kg
Tensión de alimentación trifásica: 380...500 V 50/60 Hz, con filtro CEM integrado (3) (5)										
0,37	0,5	2,2	1,7	1,5	5	1,5	2,3	32	ATV 312H037N4	1,800
0,55	0,75	2,8	2,2	1,8	5	1,9	2,9	37	ATV 312H055N4	1,800
0,75	1	3,6	2,7	2,4	5	2,3	3,5	41	ATV 312H075N4	1,800

Anexo 37: Altivar ATV 312HU40N4

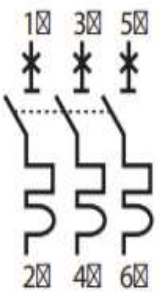
Variadores (rango de frecuencia de 0,5 a 500 Hz)										
Motor		Red				Altivar 312				
Potencia indicada en la placa (1)	Corriente de línea máxima (2), (3)		Potencia aparente en U2	Icc línea presunta máxima (4)	Corriente de salida máxima permanente (In) (1)		Corriente transitoria máxima durante 60 s	Potencia disipada con corriente de salida máxima (In) (1)	Referencia	Peso
	en U1	en U2			en U2	en U2				
kW	HP	A	A	kVA	kA	A	A	W		kg
Tensión de alimentación trifásica: 380...500 V 50/60 Hz, con filtro CEM integrado (3) (5)										
0,37	0,5	2,2	1,7	1,5	5	1,5	2,3	32	ATV 312H037N4	1,800
0,55	0,75	2,8	2,2	1,8	5	1,9	2,9	37	ATV 312H055N4	1,800
0,75	1	3,6	2,7	2,4	5	2,3	3,5	41	ATV 312H075N4	1,800
1,1	1,5	4,9	3,7	3,2	5	3	4,5	48	ATV 312HU11N4	1,800
1,5	2	6,4	4,8	4,2	5	4,1	6,2	61	ATV 312HU15N4	1,800
2,2	3	8,9	6,7	5,9	5	5,5	8,3	79	ATV 312HU22N4	3,100
3	-	10,9	8,3	7,1	5	7,1	10,7	125	ATV 312HU30N4	3,100
4	5	13,9	10,6	9,2	5	9,5	14,3	150	ATV 312HU40N4	3,100
5,5	7,5	21,9	16,5	15	22	14,3	21,5	232	ATV 312HU55N4	6,500
7,5	10	27,7	21	18	22	17	25,5	269	ATV 312HU75N4	6,500
11	15	37,2	28,4	25	22	27,7	41,6	397	ATV 312HD11N4	11,000

Anexo 38: Serie y tipo de Motor para faja transportadora de parihuelas


W22 - IE3 Premium Efficiency - 60 Hz

Potencia		Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor trabado I _{Tn}	Par con rotor trabado T _{Tn}	Par máximo T _b /T _n	Momento de inercia J (kgm ²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido (dB(A))	380V							
								RPM	% de la potencia nominal			Corriente nominal I _n (A)							
									Rendimiento				Factor de potencia						
									50				75	100	50	75	100		
kW	HP																		
N Poles																			
0.12	0.16	63	0.068	5.0	2.7	3.3	0.0005	48	106	6.7	48	1725	58.0	64.0	66.0	0.45	0.56	0.65	0.425
0.18	0.25	63	0.103	5.0	2.5	3	0.0006	39	86	7.7	48	1710	62.0	67.0	70.0	0.49	0.61	0.70	0.558
0.25	0.33	63	0.142	5.5	2.9	3.2	0.0007	30	66	8.2	48	1710	66.0	71.0	73.4	0.46	0.59	0.69	0.750
0.37	0.5	71	0.213	5.1	2.8	2.9	0.0007	52	114	8.5	47	1690	75.0	77.5	78.2	0.49	0.62	0.70	1.03
0.75	1	90S	0.416	7.6	2.6	3.2	0.0049	24	53	18.5	51	1755	80.0	84.0	85.5	0.60	0.72	0.79	1.69
1.1	1.5	100S	0.610	7.6	2.7	3.2	0.0060	18	40	22.0	51	1755	82.5	85.5	86.5	0.60	0.73	0.80	2.42
1.5	2	100S	0.832	7.7	2.8	3.3	0.0066	15	33	23.0	51	1755	84.0	86.0	86.5	0.59	0.72	0.80	3.29
2.2	3	100L	1.23	7.6	3.8	3.7	0.0097	24	53	33.0	54	1740	86.6	88.2	89.5	0.59	0.72	0.79	4.72
3	4	112M	1.66	7.8	2.6	3.5	0.0156	27	59	42.0	56	1760	87.2	89.0	89.5	0.58	0.70	0.79	6.45
3.7	5	112M	2.05	7.6	2.4	3.3	0.0181	23	51	44.0	56	1755	88.1	89.3	89.5	0.61	0.74	0.80	7.85
4.5	6	112M	2.51	7.0	2.4	3	0.0180	17	37	44.0	56	1745	88.7	89.5	89.5	0.61	0.74	0.80	9.55
5.5	7.5	132S	3.04	8.4	2.4	3.6	0.0488	16	35	67.0	58	1765	89.9	91.2	91.7	0.63	0.76	0.82	11.1
7.5	10	132S	4.14	8.2	2.3	3.5	0.0663	13	29	72.0	58	1765	90.8	91.6	92.0	0.66	0.78	0.84	14.7
9.2	12.5	132NL	5.06	8.5	2.4	3.5	0.0676	9	20	86.0	58	1765	91.0	91.8	92.4	0.66	0.78	0.84	18.1
11	15	160M	6.04	7.6	2.9	3.4	0.1188	15	33	112	64	1775	90.6	92.4	92.7	0.63	0.75	0.81	22.2
15	20	160M	8.23	7.7	3	3.5	0.1471	13	29	133	64	1775	91.6	93.2	93.4	0.64	0.75	0.82	29.8
18.5	25	160L	10.2	7.3	2.7	3.2	0.1813	12	26	148	64	1770	92.4	93.6	93.8	0.64	0.75	0.81	36.9
22	30	180M	12.1	7.2	3	3	0.1919	20	44	176	64	1775	93.0	93.8	94.0	0.66	0.76	0.81	43.9
30	40	200M	16.5	6.6	2.5	2.8	0.3202	22	48	215	66	1775	93.6	94.2	94.4	0.70	0.79	0.84	57.4
37	50	200L	20.3	6.4	2.5	2.7	0.3728	20	44	243	66	1775	94.0	94.5	94.6	0.70	0.80	0.84	70.7
45	60	225S/M	24.6	7.5	2.4	2.8	0.6367	14	31	404	67	1780	94.2	94.7	95.1	0.71	0.80	0.85	84.5
55	75	225S/M	30.1	7.5	2.4	2.8	0.7346	12	26	430	67	1780	94.5	95.0	95.4	0.74	0.83	0.87	101
75	100	250S/M	41.0	8.5	3.4	3.6	1.01	12	26	505	68	1780	94.6	95.2	95.5	0.68	0.78	0.85	140
90	125	280S/M	49.1	7.2	2	2.7	1.87	24	53	683	73	1785	94.7	95.3	95.6	0.75	0.83	0.86	167
110	150	280S/M	60.0	7.9	2.4	2.9	2.33	20	44	753	73	1785	94.8	95.5	95.8	0.75	0.83	0.86	203
132	180	315S/M	71.8	7.4	2.4	2.6	3.00	24	53	958	75	1790	94.5	95.5	96.2	0.74	0.82	0.86	243
150	200	315S/M	81.6	7.8	2.7	2.7	3.55	20	44	1029	75	1790	94.9	95.9	96.2	0.73	0.82	0.86	276
185	250	315S/M	101	7.6	2.4	2.5	3.89	20	44	1072	75	1790	95.3	96.0	96.3	0.75	0.83	0.87	336
200	270	355NL	109	7.4	2.3	2.4	5.76	25	55	1388	78	1790	95.4	96.1	96.3	0.76	0.83	0.86	367
220	300	355NL	120	7.3	2.5	2.4	6.30	22	48	1438	78	1790	95.6	96.2	96.4	0.77	0.84	0.87	398
260	350	355NL	141	7.3	2.3	2.3	7.20	20	44	1519	78	1790	95.8	96.4	96.5	0.78	0.85	0.87	470
300	400	355NL	163	7.8	2.5	2.4	8.09	12	26	1615	78	1790	95.9	96.4	96.6	0.76	0.84	0.87	542
330	450	355NL	180	7.8	2.6	2.6	9.51	14	31	1751	78	1790	96.0	96.5	96.7	0.73	0.82	0.86	603
370	500	355NL	201	7.6	2.7	2.4	11.1	18	40	1916	78	1790	96.3	96.6	96.8	0.74	0.83	0.86	675
400	550	355NL	218	7.4	2.4	2.4	11.6	15	33	1966	78	1790	96.3	96.6	96.8	0.74	0.83	0.86	731

Anexo 39: Interruptor C60N 24350

tipo	In (A)	referencia curva			ancho en pasos de 9 mm
		B	C	D	
 <p>3 polos protegidos</p>	0,5	-	24069	-	6
	1	24084	24344	24667	
	2	24085	24345	24668	
	3	24086	24346	24669	
	4	24087	24347	24670	
	6	24088	24348	24671	
	10	24089	24349	24672	
	16	24090	24350	24674	
	20	24091	24351	24675	
	25	24092	24352	24676	
	32	24093	24353	24677	
	40	24094	24354	24678	
	50	24095	24355	24679	
	63	24096	24356	24680	

Anexo 40: Interruptor C60N 24337

tipo	In (A)	referencia curva			ancho en pasos de 9 mm
		B	C	D	
 <p>2 polos protegidos</p>	0,5	-	24068	-	4
	1	24071	24331	24653	
	2	24072	24332	24654	
	3	24073	24333	24655	
	4	24074	24334	24656	
	6	24075	24335	24657	
	10	24076	24336	24658	
	16	24077	24337	24660	
	20	24078	24338	24661	
	25	24079	24339	24662	
	32	24080	24340	24663	
	40	24081	24341	24664	
	50	24082	24342	24665	
	63	24083	24343	24666	

Anexo 41: Guarda motor serie GV2-ME07

Guardamotores magnetotérmicos GV2-ME y GV2-P con borne a tornillo										Referencia	Peso	
Potencias normalizadas de los motores trifásicos 50/60 Hz en categoría AC-3									Rango de reglaje de los disparadores térmicos (2)	Corriente de disparo magnético	kg	
400/415 V			500 V			690 V			A	A		
P	Icu	Ics	P	Icu	Ics	P	Icu	Ics				
(1)			(1)			(1)			Id ± 20%			
kW	kA		kW	kA		kW	kA					
Guardamotores con mando de pulsadores												
0,06	★	★	-	-	-	-	-	-	0,16...0,25	2,4	GV2-ME02	0,260
0,09	★	★	-	-	-	-	-	-	0,25...0,40	5	GV2-ME03	0,260
0,12	★	★	-	-	-	0,37	★	★	0,40...0,63	8	GV2-ME04	0,260
0,18	★	★	-	-	-	-	-	-	0,40...0,63	8	GV2-ME04	0,260
0,25	★	★	-	-	-	0,55	★	★	0,63...1	13	GV2-ME05	0,260
0,37	★	★	0,37	★	★	-	-	-	1...1,6	22,5	GV2-ME06	0,260
0,55	★	★	0,55	★	★	0,75	★	★	1...1,6	22,5	GV2-ME06	0,260
0,75	★	★	1,1	★	★	1,5	3	75	1,6...2,5	33,5	GV2-ME07	0,260
1,1	★	★	1,5	★	★	2,2	3	75	2,5...4	51	GV2-ME08	0,260
1,5	★	★	2,2	★	★	3	3	75	2,5...4	51	GV2-ME08	0,260
2,2	★	★	3	50	100	4	3	75	4...6,3	78	GV2-ME10	0,260
3	★	★	4	10	100	5,5	3	75	6...10	138	GV2-ME14	0,260
4	★	★	5,5	10	100	7,5	3	75	6...10	138	GV2-ME14	0,260
5,5	15	50	7,5	6	75	9	3	75	9...14	170	GV2-ME16	0,260
7,5	15	50	9	6	75	15	3	75	13...18	223	GV2-ME20	0,260
9	15	40	11	4	75	18,5	3	75	17...23	327	GV2-ME21	0,260
11	15	40	15	4	75	-	-	-	20...25	327	GV2-ME22 (3)	0,260
15	10	50	18,5	4	75	22	3	75	24...32	416	GV2-ME32	0,260

Anexo 42: Guarda motor serie GV2-ME14

Guardamotores magnetotérmicos GV2-ME y GV2-P con borne a tornillo										Referencia	Peso	
Potencias normalizadas de los motores trifásicos 50/60 Hz en categoría AC-3									Rango de reglaje de los disparadores térmicos (2)	Corriente de disparo magnético	kg	
400/415 V			500 V			690 V			A	A		
P	Icu	Ics	P	Icu	Ics	P	Icu	Ics				
(1)			(1)			(1)			Id ± 20%			
kW	kA		kW	kA		kW	kA					
Guardamotores con mando de pulsadores												
0,06	★	★	-	-	-	-	-	-	0,16...0,25	2,4	GV2-ME02	0,260
0,09	★	★	-	-	-	-	-	-	0,25...0,40	5	GV2-ME03	0,260
0,12	★	★	-	-	-	0,37	★	★	0,40...0,63	8	GV2-ME04	0,260
0,18	★	★	-	-	-	-	-	-	0,40...0,63	8	GV2-ME04	0,260
0,25	★	★	-	-	-	0,55	★	★	0,63...1	13	GV2-ME05	0,260
0,37	★	★	0,37	★	★	-	-	-	1...1,6	22,5	GV2-ME06	0,260
0,55	★	★	0,55	★	★	0,75	★	★	1...1,6	22,5	GV2-ME06	0,260
0,75	★	★	1,1	★	★	1,5	3	75	1,6...2,5	33,5	GV2-ME07	0,260
1,1	★	★	1,5	★	★	2,2	3	75	2,5...4	51	GV2-ME08	0,260
1,5	★	★	2,2	★	★	3	3	75	2,5...4	51	GV2-ME08	0,260
2,2	★	★	3	50	100	4	3	75	4...6,3	78	GV2-ME10	0,260
3	★	★	4	10	100	5,5	3	75	6...10	138	GV2-ME14	0,260
4	★	★	5,5	10	100	7,5	3	75	6...10	138	GV2-ME14	0,260
5,5	15	50	7,5	6	75	9	3	75	9...14	170	GV2-ME16	0,260
7,5	15	50	9	6	75	15	3	75	13...18	223	GV2-ME20	0,260
9	15	40	11	4	75	18,5	3	75	17...23	327	GV2-ME21	0,260
11	15	40	15	4	75	-	-	-	20...25	327	GV2-ME22 (3)	0,260
15	10	50	18,5	4	75	22	3	75	24...32	416	GV2-ME32	0,260